

Energi Regeneratif



Muhaimin Iqbal

Kata Pengantar

Bismillahirrahmanirrahim,

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan saya rezeki berupa waktu luang, ilmu, kesehatan dan berbagai keberkahan lainnya sehingga saya berkesempatan untuk dapat menulisnya artikel hampir setiap hari. Buku ini merupakan kumpulan artikel saya tentang Energi Terbarukan di media sosial profesional LinkedIn.Com.

Melalui media ini, setiap harinya sudah puluhan ribu orang membaca artikel tersebut, ini dapat memudahkan mereka yang ingin serius mendalami idenya yang kami promosikan yang merupakan judul buku ini yaitu Energi Regeneratif. Seperti buku kompilasi, urutan penulisannya dibiarkan apa adanya, sesuai urutan penulisannya dan tidak sesuai dengan tema pembahasan.

Dengan demikian, pembaca buku ini diharapkan mampu mengikuti perkembangan pemikiran kita tentang Energi Regeneratif, sejak awal hingga posisi terakhir buku ini diterbitkan. Sebagai artikel di media sosial, buku ini tentu tidak dimaksudkan untuk bersifat ilmiah karena diharapkan dapat dibaca oleh siapa saja yang berminat dengan bidang baru ini. Namun saya dapat memastikan bahwa iptek yang terkandung di dalamnya bukanlah fiksi ilmiah.

Dari teknologi yang saya ungkapkan dalam artikel ini, sekitar setengahnya telah kami uji dan kembangkan di perusahaan kami. Selebihnya merupakan hasil percobaan peneliti lain dari berbagai penjuru dunia. Bahkan, beberapa mesin teknologi yang saya ungkapkan dalam buku ini juga bisa dipesan dalam versi komersial.

Seperti halnya proses R&D, tentu tidak semua ilmu pengetahuan dan teknologi yang diungkap dalam buku ini, semuanya boleh disempurnakan, baik oleh diri kita sendiri maupun oleh pembaca. Oleh karena itu, jika ada pembaca yang ingin berkoordinasi dengan kami dalam pengembangan lebih lanjut teknologi ini, kami akan sangat menghargainya.

Semoga buku ini bermanfaat bagi penulis dan orang yang membacanya, di dunia dan di akhirat. Semoga banyak orang yang terbebani kesulitan dalam menghadapi kebutuhan energi dapat dikurangi, karena energi yang bersih dan terjangkau seharusnya dapat dinikmati oleh semua orang di planet ini antara lain dalam bentuk Energi Regeneratif ini.

Sederhananya, energi regeneratif adalah energi yang dapat dihasilkan dari limbah dan emisi, selama Anda memiliki salah satu dari keduanya, Anda memiliki sumber energi sendiri. Selebihnya, Anda memerlukan teknologi dan praktik tentang cara membuat Energi Regeneratif yang tersedia untuk Anda – inilah isi buku ini.

Penulis

Muhamin Iqbal

Daftar Isi :

1.	<i>Mencegah Akselerasi Cuaca ekstrim dengan OCCYER</i>	8
2.	<i>The Year of ClimTech</i>	9
3.	<i>FEW for All</i>	10
4.	<i>Pelajaran Dari Perjalanan Menembus Penjuru Langit Dan Bumi</i>	12
5.	<i>Sketsa-Sketsa Yang Menjadi Solusi</i>	13
6.	<i>Aku Adalah Waktu</i>	15
7.	<i>Super Cleaner Cemaran Di Laut, Darat dan Udara</i>	15
8.	<i>Fuel Efficiency and Zero Emission</i>	16
9.	<i>Fuel Efficiency and Zero Emission - In Color</i>	18
10.	<i>Dedieselization And Decarbonization At Once</i>	19
11.	<i>Agar Kota-Kota Kita Tidak Semakin Panas</i>	20
12.	<i>Truly Green EV</i>	21
13.	<i>Introducing New Commodity : CO2Crude</i>	23
14.	<i>The Broken Cage</i>	24
15.	<i>The Super Fire Burner</i>	25
16.	<i>Oxygenates Trilogy for Carbon-Free Fuel</i>	26
17.	<i>Inspirasi Teknologi Untuk Kendaraan Nabi Sulaiman</i>	27
18.	<i>Wind Powered Vehicle and Beyond</i>	29
19.	<i>AirBeVe - Beyond Vehicle</i>	30
20.	<i>Perspektif Baru Tenaga Angin</i>	31
21.	<i>Future Hybrid Vehicle : REEHA</i>	32
22.	<i>Angin Yang Membawa Kabar Gembira</i>	33
23.	<i>Introducing Regenerative Fuels</i>	34
24.	<i>Regenerative Fuels for New Energy Security</i>	36
25.	<i>Future Wind Power</i>	37
26.	<i>Regenerative Energy Philosophy</i>	38
27.	<i>CO2 Regenerative Energy (CO2RE)</i>	40
28.	<i>Night in the Remote</i>	41
29.	<i>Regenerative Hydrocarbon</i>	43
30.	<i>Start Where People Stop</i>	44
31.	<i>Mandiri Dengan Regenerative Energy</i>	46
32.	<i>Renewable dan Regenerative Energy, Apa Bedanya?</i>	47

33.	<i>In Search of the Rare</i>	49
34.	<i>Waste of Waste Regenerative Electricity – WoWRE</i>	50
35.	<i>Regenerative Gas Turbine (RGT) for Distributed Power</i>	52
36.	<i>Go Beyond Sustainability with Regenerative Energy</i>	53
37.	<i>Simple Regenerative Power Generation</i>	55
38.	<i>World of Regeneratives</i>	56
39.	<i>Mastering Carbon Cycles for Regenerative Energy</i>	58
40.	<i>Visualisasi Visi : Mata Air Di Gurun</i>	59
41.	<i>Regenerative Carbon for Carbon-Free Energy</i>	61
42.	<i>Carbon-Neutral Regenerative Hydrocarbon</i>	62
43.	<i>CO2 Emission, How Low Can You Go?</i>	63
44.	<i>Waspada Penipisan Oksigen</i>	65
45.	<i>Decoupling Economic Growth and Carbon Emissions</i>	66
46.	<i>AI Yang Tidak Selalu Cerdas</i>	67
47.	<i>Carbon Talks</i>	69
48.	<i>Roadmaps To Regenerative Fuels</i>	70
49.	<i>Carbon-Free Electricity</i>	71
50.	<i>Regenerative Energy Dari Muara Sungai</i>	73
51.	<i>Offboard and Onboard Carbon Cycles</i>	74
52.	<i>Regenerative Energy Infinity Model</i>	76
53.	<i>Perpetual Carbon Cycles, Learning From the Nature</i>	77
54.	<i>Carbon Capture and Utilization To the Max</i>	79
55.	<i>Carbon Sequestration and Regenerative Energy from Tamanu Trees</i>	80
56.	<i>Carbon Sebagai Aset, Bukan Beban</i>	82
57.	<i>Dedieselisasi Tanpa Mematikan Mesin Diesel</i>	83
58.	<i>Low Cost Clean Energy With Regenerative Syngas</i>	85
59.	<i>Regenerative Ecosystem for Food, Energy and Water (REFEW)</i>	86
60.	<i>Environmental and Social Actions – ESA</i>	88
61.	<i>Home Made Gelato</i>	89
62.	<i>Two Sides of the Same Coin of CO2</i>	91
63.	<i>Regenerative Syngas for Multipurpose Fuels and Feedstocks</i>	92
64.	<i>Regenerative Energy, How It Grows</i>	94
65.	<i>Introducing Regenerative Hydrocarbon Equation (RHCE)</i>	95
66.	<i>Regenerative Health In 3 Steps</i>	96
67.	<i>Color of Regenerative Syngas Flames, Color of Our Future!</i>	98

68.	<i>Introducing Biofuels 5.0 : Regenerative Oxygenates</i>	<i>99</i>
69.	<i>Regenerative Environmental and Social Actions</i>	<i>101</i>
70.	<i>Penampilan Perdana Regenerative Generator.....</i>	<i>102</i>
71.	<i>Regenerative Hydrocarbon Micro Refinery.....</i>	<i>104</i>
72.	<i>Mesin-Mesin Peradaban</i>	<i>105</i>
73.	<i>Penampakan Jantung Regenerative Energy</i>	<i>107</i>
74.	<i>Enabler for Green Hydrogen Economy.....</i>	<i>109</i>
75.	<i>Introducing Regenerative Hydrogen Equation</i>	<i>110</i>
76.	<i>GTX Reactor, Bahan Bakar Untuk Memakmurkan Kita-Kita.....</i>	<i>112</i>
77.	<i>CO2? Kalengkan Saja!.....</i>	<i>113</i>
78.	<i>Regenerative Energy Ecosystem.....</i>	<i>115</i>
79.	<i>Environmental and Social Actions</i>	<i>116</i>
80.	<i>Green Hydrogen Carrier, Deliver More Than It Can Carry</i>	<i>117</i>
81.	<i>Oily Waste Solution</i>	<i>119</i>
82.	<i>Distributed Energy Resources, Regenerative DME Micro Plant.....</i>	<i>120</i>
83.	<i>Compact Enabler for Carbon Capture and Utilization.....</i>	<i>122</i>
84.	<i>Race Towards Green Hydrogen Delivery.....</i>	<i>123</i>
85.	<i>Carbon for Hydrogen Production and Delivery.....</i>	<i>125</i>
86.	<i>Regenerative Energy Building Blocks.....</i>	<i>126</i>
87.	<i>Advanced Waste Valorization</i>	<i>127</i>
88.	<i>Introducing Regenerative Energy Equation</i>	<i>129</i>
89.	<i>Introducing Low Cost Hydrogen</i>	<i>130</i>
90.	<i>Decarbonization and Desulfurization Maritime Industry.....</i>	<i>132</i>
91.	<i>Regenerative Fuels Family</i>	<i>133</i>
92.	<i>The Oxygenates.....</i>	<i>134</i>
93.	<i>Bahan Bakar Dari Sampah Kita Kemarin!</i>	<i>136</i>
94.	<i>Regenerative Fuels, How Much Does It Cost?</i>	<i>137</i>
95.	<i>Opportunities In Energy and Emission (E&E) Market.....</i>	<i>139</i>
96.	<i>Local LPG, A Non-Petroleum LPG.....</i>	<i>141</i>
97.	<i>Tiga Garis Depan Peradaban Berkelanjutan</i>	<i>143</i>
98.	<i>Regenerative Energy : Materials, Energy and Financial Balances</i>	<i>144</i>
99.	<i>Things To Do With Our Waste.....</i>	<i>145</i>
100.	<i>3 Steps Regenerative Energy.....</i>	<i>147</i>
101.	<i>Aglomerasi Sampah, Emisi dan Regenerative Energy</i>	<i>148</i>
102.	<i>Penampakan Regenerative Energy Reactor.....</i>	<i>150</i>

103.	<i>Interface for Low Cost To High Value Clean Energy</i>	151
104.	<i>Lowest Cost Highest Efficiency Green Hydrogen</i>	153
105.	<i>Who Will Clean Our Sky?</i>	154
106.	<i>ASP+ Untuk Aktivasi dan Fungsionalisasi Carbon</i>	155
107.	<i>The Sulaiman Ride</i>	157
108.	<i>Most Energy Efficient Green Hydrogen Production</i>	158
109.	<i>High Value Gas From Waste and Emission</i>	160
110.	<i>Penampakan Low Cost Hydrogen Carrier</i>	161
111.	<i>Micro BTX for Survival Energy Solution (SES)</i>	163
112.	<i>Mandiri Energi Dengan Local LPG</i>	164
113.	<i>CO2 Adsorbate as New Energy Reserves</i>	165
114.	<i>Pre-Combustion Carbon Capture</i>	167
115.	<i>H2 Power : Lebih Murah dan Lebih Bersih</i>	168
116.	<i>Inspirasi Teknologi Dari Al-Qur'an</i>	170
117.	<i>Liquid Waste Valorization To Energy</i>	171
118.	<i>Penampakan Green Hydrogen Dari Arang</i>	173
119.	<i>Emission for Energy and Environment</i>	174
120.	<i>BioLPG Untuk Mandiri Energi Dan Penurunan Emisi</i>	176
121.	<i>BioLPG, How Much Does It Cost?</i>	177
122.	<i>Cara Baru Menangkap Carbon Dan Memanfaatkannya</i>	178
123.	<i>BioLPG 3D Model</i>	180
124.	<i>BioLPG Mobile Unit, Mencari Mitra Lokal Untuk Mengoperasikannya</i>	181
125.	<i>Carbon Car With Carbon-Free Fuel</i>	183
126.	<i>Madrasah Al-handasah Menerima Santri Angkatan Perdana</i>	184
127.	<i>Petani Yang Bisa Memproduksi Energinya Sendiri</i>	185
128.	<i>BTX Reactor for Advanced Biofuels</i>	187
129.	<i>Waste Heat Energy (WHE), Gajah Di Pelupuk Mata</i>	189
130.	<i>The New Green Hydrogen : Regenerative BioHydrogen</i>	190
131.	<i>Power and Emission To X</i>	191
132.	<i>Reactor for Energy Survival</i>	193
133.	<i>SDG, ESG dan LPG</i>	194
134.	<i>Waste Heat Technology, Literally Hot!</i>	196
135.	<i>Semua Negara Bisa Mandiri Energi</i>	198
136.	<i>Potensi Di Balik Hukum Kekekalan Energi</i>	199
137.	<i>Waste, Heat and Emission Valorization</i>	200

138.	<i>Menangkap Carbon Dengan Sampah Dan Limbah</i>	202
139.	<i>CCU Profit Centre</i>	203
140.	<i>BioTherm : Solusi Menyeluruh Untuk Energi dan Emisi</i>	205
141.	<i>Energi Jaman Perang</i>	206
142.	<i>Bahan Bakar Yang Tidak Harus Dibakar</i>	208
143.	<i>CO2-Driven Methanol Economy</i>	209
144.	<i>Penampakan Compact Reformed Methanol Fuel Cells</i>	210
145.	<i>Tantangan Bagi Para Penakluk Gurun</i>	212
146.	<i>Energy Reform with Reforming Technology</i>	214
147.	<i>Swadaya Energi Antisipasi Perang</i>	215
148.	<i>Enabler for BioHydrogen Economy</i>	216
149.	<i>BioHydrogen Ecosystem</i>	218
150.	<i>In Search of New Energy</i>	219
151.	<i>The Very Effective Hydrogen Carrier : Hydrocarbon</i>	221
152.	<i>FlexiEV : Super Flexible Electric Vehicle</i>	222
153.	<i>CCU for Advanced Biofuels and Oxygen Restoration</i>	224
154.	<i>BioHydrogen Economy That Makes Sense</i>	226
155.	<i>New Pathways on CCU for Regenerative Energy</i>	227
156.	<i>The Regenerative Fuels (RF)</i>	228
157.	<i>Tiga Masalah Satu Solusi : Waste and Emission to LPG</i>	230
158.	<i>Future Vessels</i>	231
159.	<i>Regenerative Hydrogen from the Past Centuries Theories</i>	232
160.	<i>The Significant of Mastering Energy Conversion</i>	234
161.	<i>Power of Waste Heat</i>	235
162.	<i>Hydrogen Mobiiy Untuk Negeri Bahari</i>	237
163.	<i>Fast Lane Transition : Black To Green Energy</i>	239
164.	<i>Carbon Reutilization : Healing Earth in 7 Steps</i>	240
165.	<i>Simply Climate Action</i>	241
166.	<i>Introducing Solid Gas</i>	243
167.	<i>Bio and Regenerative Hydrogen</i>	244
168.	<i>Green Hydrogen Cost Driver</i>	246
169.	<i>Disruptive BioHydrogen Economy</i>	247
170.	<i>Distributed Energy Resources for Fuels and Power</i>	249
171.	<i>H2ICE : Internal Combustion Engine Reborn</i>	250
172.	<i>Regenerative Biomethane Revolution</i>	252

173.	<i>Universal BioFuels Formula.....</i>	253
174.	<i>One Dollar Green Hydrogen Challenge</i>	255
175.	<i>Inspiring Technology From The Space Exploration</i>	256
176.	<i>Waste, Water and Emission To Energy</i>	258
177.	<i>BioLPG Green Economy.....</i>	259
178.	<i>Unitizing Bio-based Energy</i>	261

1. Mencegah Akselerasi Cuaca ekstrim dengan OCCYER

Di kala kita yang di bumi bagian selatan kepanasan, penduduk bumi bagian utara menggigil oleh suhu dingin yang memecahkan rekor. Kambing hitamnya sama yaitu perubahan iklim, tetapi perubahan iklim ini kita akselerasi bersama dengan apa yang disebut tragedy of the common.

Ketika kita kepanasan, kita tingkatkan intensitas AC kita agar tetap sejuk. Demikian pula yang kedinginan di negeri 4 musim, cuaca dingin membuat mereka banyak-banyak membakar bahan bakar fosil untuk pemanasan ruangnya. Dampaknya adalah semakin banyak bahan bakar dibakar semakin cepat akselerasi perubahan iklim, lebih banyak lagi bahan bakar dibakar - lebih cepat lagi perubahan iklim. Seperti bola salju yang menggelinding makin lama makin besar dan makin cepat.

Kabar baiknya adalah sebagaimana kita bersama-sama mengakselerasi perubahan iklim, kita juga bisa menghentikannya bersama-sama. Caranya adalah tidak bisa dengan peraturan atau undang-undang, tetapi dengan insentif. Orang akan dengan sukarela melakukannya bila ada insentif langsung yang bisa dinikmatinya. Tetapi apa insentif itu?

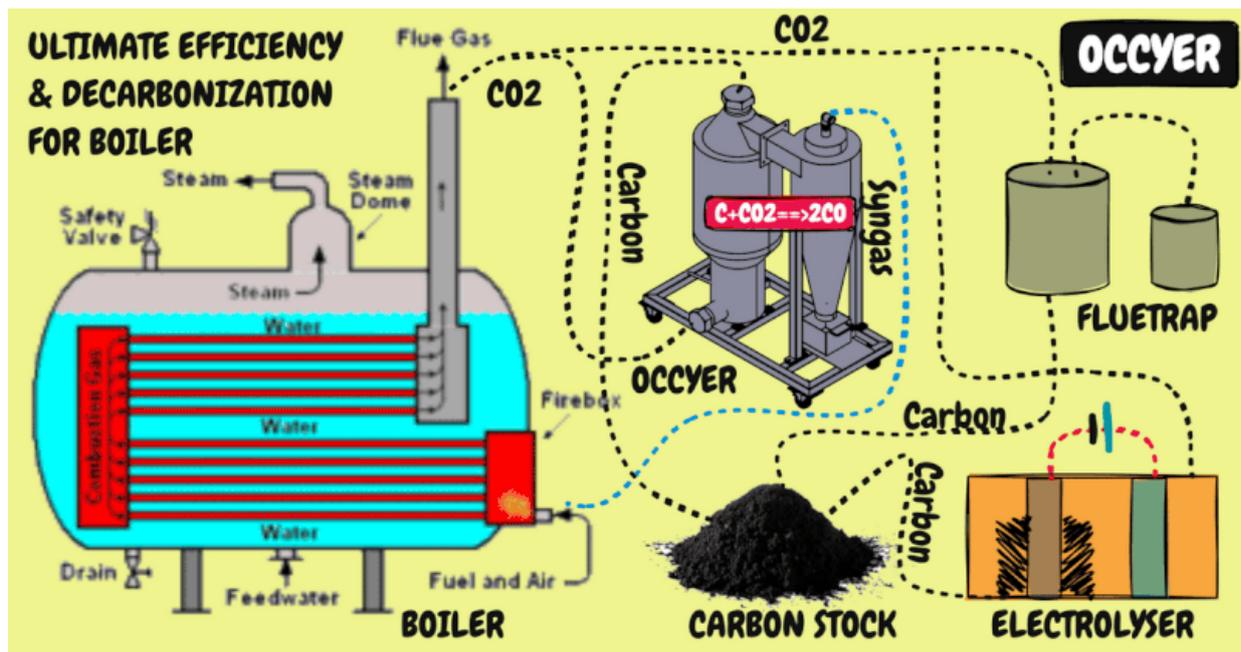
Insentifnya adalah berupa penghematan energi yang ekstrem pula. Dengan teknologi yang kami sebut OCCYER (penjaga) ini, kita akan bersama-sama bisa menjaga bumi ini karena kita berkepentingan langsung untuk berhemat energi, dan secara tidak langsung juga menjaga bumi agar tetap nyaman dihuni. OCCYER yang juga dari kepanjangan Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration ini bekerja seperti sketsa di bawah.

Kota-kota 4 musim dunia tidak akan pernah bisa mencapai Net Zero Emission bila tidak bisa mengatasi bahan bakar untuk pemanas gedung-gedung tingginya, hanya dengan konsep OCCYER inilah mereka tetap bisa menggunakan bahan bakar fosilnya - namun dengan jumlah yang jauh lebih sedikit, karena kebutuhan energi mayoritasnya disupply oleh CO₂ yang disirkulasikan menjadi energi kembali.

Ada tiga cara yang kami gunakan di teknologi OCCYER untuk merubah CO₂ menjadi energi kembali ini. Cara pertama adalah mereaksikan langsung dengan Carbon dalam OCCYER reactor, di dalam reaktor ini CO₂ direaksikan dengan carbon menjadi CO - yaitu unsur utama syngas. CO ini mengandung energi 10.5 MJ/kg dan bisa langsung diumpankan kembali ke standard boiler.

Cara kedua dan ketiga adalah opsi yang bisa diambil salah satunya, yaitu untuk menangani eksek CO₂ agar bisa disimpan dengan murah untuk cadangan energi berikutnya. Bisa dilakukan dengan adsorbent menggunakan teknologi yang kami sebut FlueTrap, atau menggunakan elektrolit dengan teknologi elektrolisa. Keduanya akan menyimpan cadangan carbon dalam bentuk padatan, yang bisa digunakan kembali sebagai penyedia unsur C pada OCCYER reactor.

Dengan inilah masyarakat dunia akan dengan sukarela menghemat energinya secara maksimal, dan bersamaan dengan itu emisi dari seluruh boiler-boiler di dunia otomatis akan terserap menjadi zero emission. Bagi yang berminat, prototype mesinnya sudah bisa dicoba di workshop kami.



2. The Year of ClimTech

Bila di tahun-tahun sebelumnya kita sudah sangat familiar dengan FinTech, AgriTech, DeepTech dlsb., tahun-tahun mendatang adalah tahun-tahun untuk ClimTech atau Climate Technology - yaitu segala bentuk technology yang akan dibutuhkan untuk climate action, untuk upaya memperbaiki arah perubahan iklim global.

Dalam bidang ClimTech inilah workshop kami di sanggar WastoE (Waste To Energy) memfokuskan diri. Sepanjang tahun 2023 ini ada setidaknya 9 alat atau mesin dalam kategori ClimTech yang kami kembangkan di workshop ini, 8 diantaranya ada pada foto di bawah. Hanya 1 yang tidak tertangkap kamera karena kecilnya, yaitu yang kita sebut Ecogas SmartStove.

Dari atas searah jarum jam, Autothermal fast Pyrolyser (AFP) gunanya untuk memproses biomassa menjadi Bio-Oil sesuai standard ASTM D7544. Kemudian FuzzyLogic Catalytic Cracking (FCC) reactor, gunanya untuk meng-upgrade Bio-Oil produksi AFP menjadi bahan bakar menyerupai bensin atau diesel yang kami sebut BioLite.

Kemudian ada reaktor multifungsi, untuk esterifikasi, transesterifikasi dlsb., intinya untuk mengolah vegetable oil kualitas rendah menjadi bahan bakar biodiesel. Lalu ada Biodiesel Reactor, untuk mengolah standar vegetable oil menjadi biodiesel. Yang paling besar adalah reaktor yang baru jadi yang dibiayai [Tagar#Temasek](#) Foundation, sebagai pemenang di Climate Impact Innovation Challenge (CIIC), Reactor ini kami sebut Autothermal Slow Pyrolyser (ASP), fungsinya untuk merubah biomassa apapun termasuk sampah dan limbah menjadi arang.

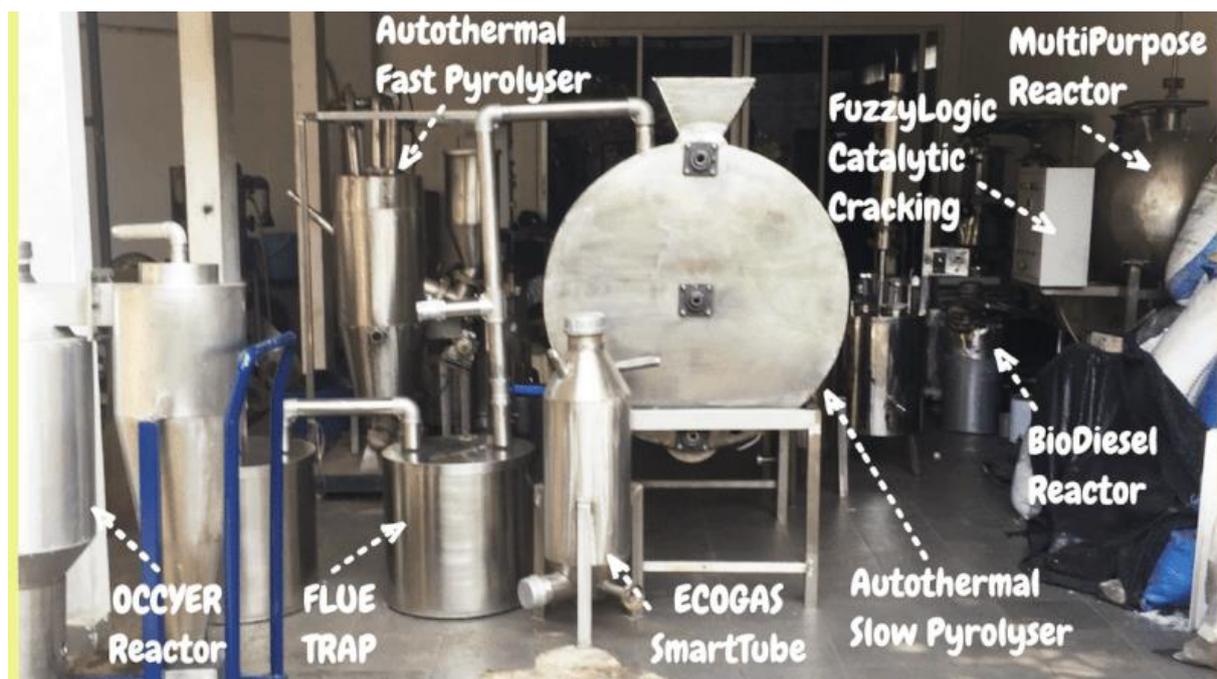
Di sampingnya adalah Ecogas SmartTube (EST) termasuk yang didanai oleh [Tagar#Temasek](#)

Foundation, fungsinya adalah untuk memproses arang dari ASP menjadi synthetic gas (syngas), yaitu bahan bakar yang siap pakai dan bisa diproses menjadi bahan bakar apapun yang kita butuhkan, seperti diesel, bensin, LPG, methanol, ethanol, DME dan bahkan juga hydrogen.

Berikutnya lagi adalah FlueTrap, fungsinya untuk menangkap gas buang apapun yang keluar dari cerobong asap atau knalpot. Karena 95% lebih kandungan flue gas umumnya adalah CO₂, maka CO₂ ini setelah ditangkap oleh FlueTrap bisa dirubah menjadi fertilizer, bahan bakar baru, maupun material seperti Carbon Nanotubes (CNTs) dlsb.

Yang terakhir adalah karya masterpiece kami di tahun 2023 ini, yaitu apa yang kami sebut OCCYER (Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration) Reactor. Gunanya untuk menangkap CO₂ in-situ dan in-time, di tempat dan pada saat kemunculannya, untuk dirubah langsung menjadi energi (CO), baik untuk penggunaan in-situ ataupun diproses menjadi bahan bakar tingkat lanjut.

Walhasil, lumayan lengkap 'senjata' yang kami persiapkan untuk melawan akselerasi perubahan iklim ini. Anda yang membutuhkan mesin-mesin ini sudah bisa memesannya ke kami, bahkan bila mesin ClimTech yang Anda butuhkan belum ada di sini - kami pun bersedia merancang nya bersama Anda. Selamat datang ClimTech Year 2024!



3. FEW for All

Kurang dari 48 jam dari saat tulisan ini diunggah, dunia akan memasuki tahun baru 2024 di saat dunia tidak sedang baik-baik saja. Perang di sejumlah wilayah dunia telah menimbulkan krisis kemanusiaan yang luar biasa. Tiga kebutuhan pokok Food, Energy and Water (FEW) yang seharusnya bisa diakses oleh seluruh umat manusia - menjadi semakin langka bagi

jutaan orang di dunia.

Maka pengembangan teknologi harus menuju ke ketersediaan dan keterjangkauan tiga kebutuhan dasar atau FEW tersebut, dalam situasi apapun, bahkan dalam situasi perang sekalipun tidak boleh mengorbankan kaum yang lemah dengan tidak memiliki akses terhadap FEW ini.

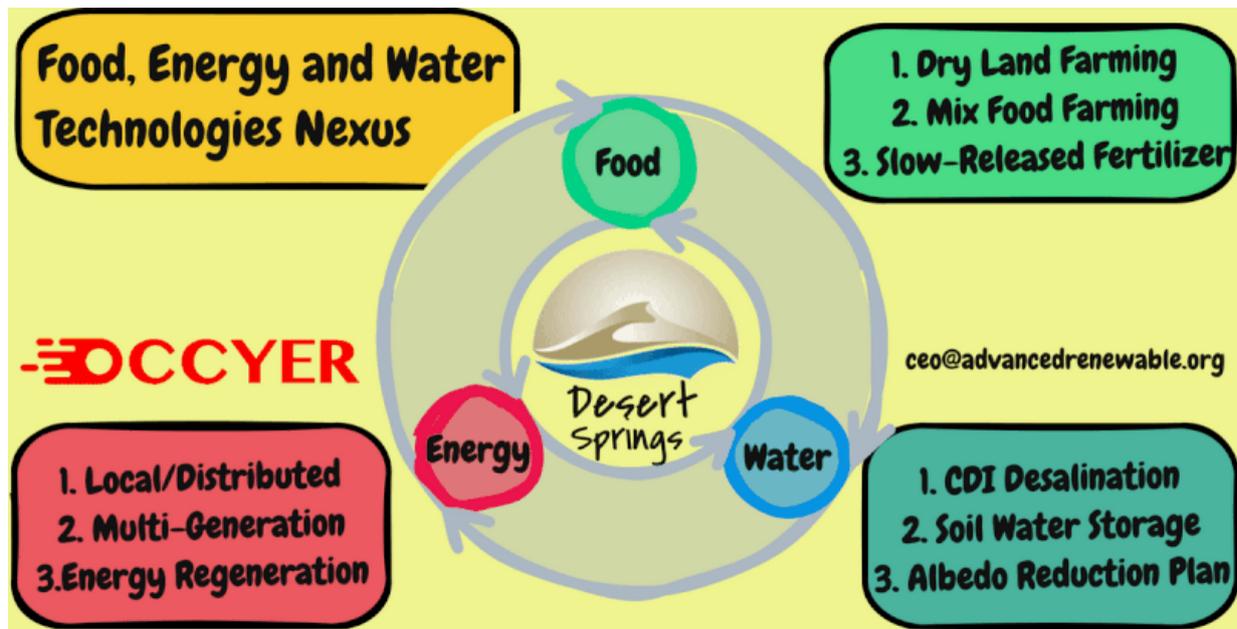
Maka kami di Advanced Renewable Organization (ARO) yang baru memasuki tahunnya yang kedua, fokus mengembangkan teknologi-teknologi yang sangat dibutuhkan oleh seluruh umat manusia untuk memenuhi tiga kebutuhan pokok tersebut di atas. Visi ARO adalah FEW for All, dan untuk visi inilah 9 kelompok teknologi kami kembangkan, masing-masing 3 untuk Food, Energy and Water.

Pertama untuk menjamin ketersediaan dan keterjangkauan Food, yang kami kembangkan adalah pertanian di tanah gersang atau bumi yang mati, mix food farming - mengurangi ketergantungan pada beras dan gandum, dan beralih ke kacang-kacangan (pulses), buah, sayur, rempah dan sedikit produk ternak. Kemudian agar lahan gersang/mati yang berhasil disuburkan juga tidak boleh dirusak lagi dengan pupuk kimia, maka teknologi slow-released fertilizer juga kami kembangkan sebagai gantinya.

Kedua untuk energi, semua harus berbasis sumber daya lokal - agar tidak ada suatu daerah/negara yang tergantung pada daerah/negara lain dalam hal energi. Setiap sumber daya juga digunakan untuk multi-generation, berbagai bentuk energi seperti pendingin, pemanas, power dan berbagai bahan bakar bisa diproduksi dari sumber yang sama. Berikutnya setiap jenis sumber energi dasar juga harus bisa digunakan berulang dengan konsep energy regeneration.

Ketiga untuk air, untuk pemenuhan kebutuhan jangka pendek yang kami pilih adalah desalinasi dengan teknologi Capacitive De-Ionization (CDI) karena ini yang murah dan hemat energi, untuk jangka menengah kami kembangkan Soil Water Storage, yaitu meningkatkan daya simpan air dalam tanah. Sedangkan untuk jangka panjang, kami perkenalkan Albedo Reduction Plan, yaitu dengan menurunkan albedo atau pantulan sinar matahari setelah mengenai permukaan bumi inilah hujan insyaAllah akan turun di daerah yang kini gersang atau mati sekalipun.

Untuk memudahkan penyebar-luasan teknologi tersebut ke seluruh wilayah di dunia yang membutuhkannya, 2 model project yang kami inisiasi sudah mencakup ke 9 teknologi tersebut di atas. Dua project ini adalah Desert Springs untuk mengatasi pangan dan air di bumi yang mati sekalipun, dan OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration) untuk solusi energi yang paripurna - untuk siapapun dan dimanapun. Detailnya insyaAllah dibahas di Mabid Peradaban 2.0, bit.ly/MABID20



4. Pelajaran Dari Perjalanan Menembus Penjuru Langit Dan Bumi

Kalau saja kita merespon challenge dari Allah lebih awal, mestinya kita yang menguasai penjuru langit dan bumi itu. Tetapi karena yang merespon duluan adalah orang lain, maka merekalah penguasanya saat ini. Tantangan yang sudah berusia 14 abad lebih itu berbunyi : "Wahai golongan jin dan manusia! Jika kamu sanggup menembus penjuru langit dan bumi, maka tembuslah. Kamu tidak akan mampu menembusnya kecuali dengan kekuatan" (QS 66:33)

Apakah pentingnya merespon tantangan Allah ini?

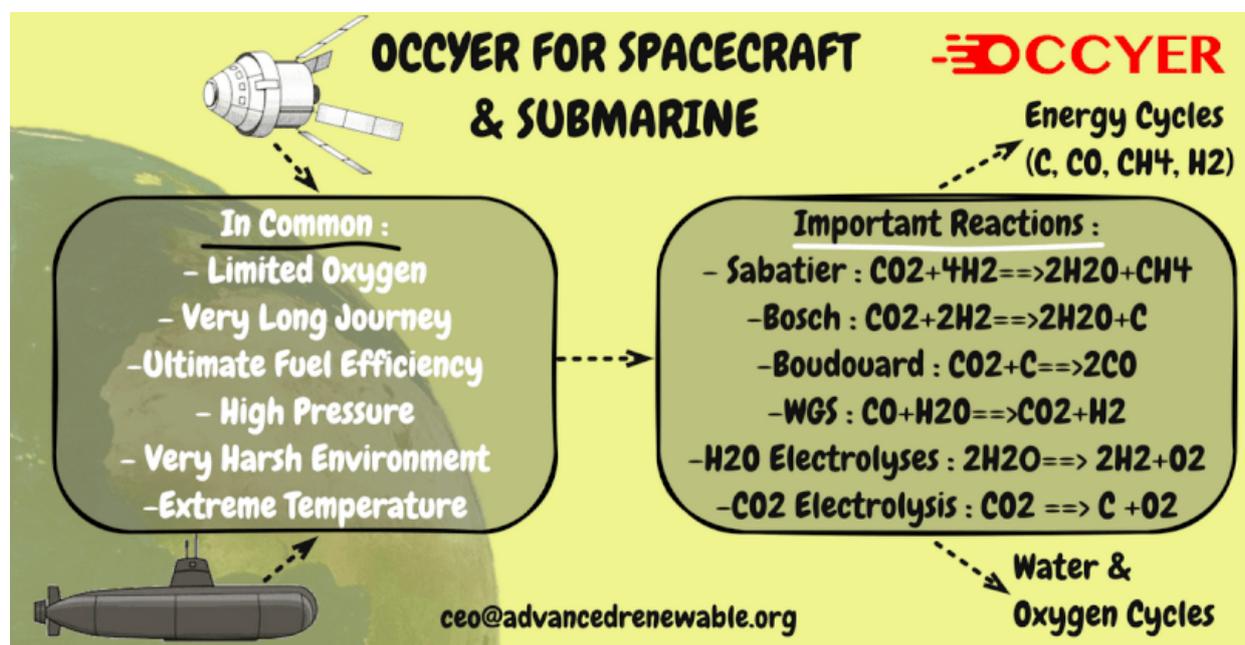
Sketsa di bawah mengidentifikasi berbagai masalah yang akan kita hadapi dalam melakukan perjalanan ke langit dan ke kedalaman bumi itu yang bisa kita bayangkan sekarang. Ke langit misalnya ke planet terdekat saja Mars seperti yang sudah direncanakan NASA, sedangkan ke kedalaman bumi adalah menjelajahi kedalaman 7 samudra dengan kapal selam.

Masalah keduanya akan mirip satu sama lain. Perjalanan di ruang yang tanpa oksigen, perjalanan yang bisa sangat panjang berbulan-bulan, kebutuhan bahan bakar yang sangat efisien, butuh material yang sangat kuat untuk menahan tekanan yang sangat besar, lingkungan perjalanan yang keras, suhu yang ekstrem dlsb.

Lalu bagaimana kita bisa mengatasi masalah-masalah tersebut? Ilmuwan-ilmuwan NASA menggunakan berbagai teori dasar - yang sesungguhnya juga bisa kita pelajari, untuk mengatasi masalah-masalah tersebut. Reaksi-reaksi kimia dasar seperti Sabatier, Bosch, Boudouard, Water Gas Shif (WGS), elektrisa H₂O maupun CO₂ dlsb. bila dikelola secara seksama dan terukur reaksi-reaksi ini akan dapat digunakan untuk men-sirkulasikan unsur2 carbon, hydrogen maupun oxygen.

Unsur oxygen dan gabungan antara hydrogen dan oxygen (H₂O atau air), dibutuhkan untuk pernafasan maupun kebutuhan hidup manusianya, sedangkan C, CO, CH₄ dan H₂ dibutuhkan untuk energy regeneration. Teknologi yang kami kembangkan yang kami sebut OCCYER (Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration) mengguakan formulasi yang mirip tetapi lebih sederhana, karena lingkungan yang kita hadapi di permukaan bumi masih lebih bersahabat dibanding perjalanan angkasa maupun perjalanan dalam kapal selam.

Hikmah dan pentingnya perjalanan angkasa dan ke kedalaman bumi ini adalah, bila kita terlatih untuk memikirkan soal-soal ujian yang sangat sulit dari Dia Sang Maha Pencipta, segala cobaan dan rintangan dalam keseharian kehidupan kita insyaAllah akan bisa kita lalui dengan lebih mudah. Wong ke antariksa dan ke tujuh samudra saja kita di suruh mikirin, mengapa tidak juga kita piirin urusan energi, udara dan air bersih yang menjadi kebutuhan sehari-hari bagi seluruh umat sepenuh bumi ini.



5. Sketsa-Sketsa Yang Menjadi Solusi

Masalah-masalah besar dan serius di sekitar kita, kunci penyelesaiannya ada pada kelompok orang yang berakal atau Ulil Al-Albab. Siapa Ulil Albab ini? Allah mensifatinya dengan orang-orang yang terus mengingatNya dan terus menerus memikirkan ciptaanNya, sampai dia ketemu inti persolaannya - bahwa tiada yang sia-sia dari ciptaanNya (QS 3 :190-191).

Nah sekarang bagaimana kita tidak cepat lelah dalam terus-menerus memikirkan ciptaanNya ini? Salah satu caranya adalah make it fun - buat berfikir itu menyenangkan, bisa menjadi hiburan. Merancang mesin misalnya, akan sangat melelahkan ketika kita sibuk mencari referensi dan contekan dari karya orang lain. Tetapi menjadi fun mana kala kita berfikir seperti para artisan - berimajinasi dan membuat oret-oretan atau sketsa-sketsa yang mudah dinikmati.

Dengan membuat sketsa-sketsa ini kita juga mengamalkan petunjuk Nabi SAW, bahwa ilmu itu seperti binatang buruan, begitu susahnya ditangkap dan walaupun sudah ketangkap akan mudah terlepas lagi. Seperti juga binatang buruan, agar tidak lepas lagi dia harus diikat, pun demikian ilmu agar tidak mudah lepas lagi harus diikat, dan ikatan ilmu itu adalah tulisan.

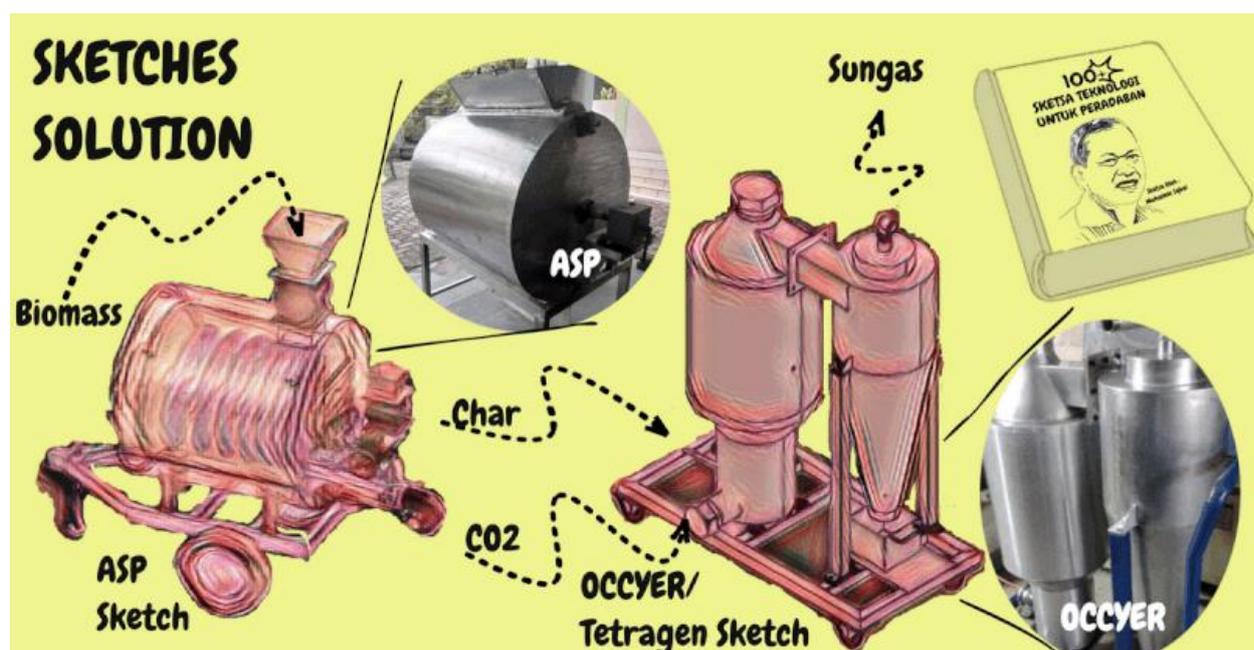
Maka buku "100+ Sketsa Ilmu Untuk Peradaban" yang sudah bisa didownload gratis di www.advancedrenewable.org adalah buah dari berburu 'binatang buruan' yang bernama ilmu tersebut, yang kemudian kita ikat dengan sketsa dan tulisan-tulisan yang menjelaskannya.

Dari 100+an lebih sketsa yang saya buat tersebut di atas, baru sekitar 10% yang barangnya (mesinnya) sudah benar-benar kami buat. Dari 10% yang sudah kami buat ini, dua berikut adalah favorit saya, yaitu mesin Autothermal Slow Pyrolyser (ASP), dan mesin OCCYER/Tetragen - yang kedua ini mesin luarnya sama, hanya dalamannya yang berbeda.

Meskipun dilakukan dengan cara yang fun, mesin-mesin ini adalah mesin-mesin yang serius. Mesin ASP misalnya adalah salah satu mesin rancangan kami yang memenangkan Climate Impact Innovation Challenge (CIIC) tingkat ASEAN. Mesin yang bisa meng-arangkan semua sampah dan limbah ini, biasa merubah masalah besar (sampah) menjadi peluang besar - yaitu arang yang merupakan bahan dasar untuk segala bentuk energi baru terbarukan.

Mein kedua lebih hebat lagi, kalau konfigurasi di dalamnya kita arahkan untuk Tetragen - dia bisa untuk menghasilkan empat jenis energi sekaligus, yaitu Cold, Heat, Power dan Fuels (CHPF). Bila konfigurasi dalamnya kita ubah untuk carbon capture and utilization (CCU), maka dia menjadi mesin untuk ultimate energy efficiency dan dekarbonisasi yang kita sebut OCCYER (Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration).

Mesin-mesin tersebut bersama 98 lebih mesin lainnya insyaallah akan kita bahas tuntas secara fun, sebagai hiburan akhir tahun yang produktif di acara Mabid Peradaban 2.0, yang detailnya ada di sini : <https://lnkd.in/gp3-gsWP>



6. Aku Adalah Waktu

Aku adalah waktu, ketika aku disini, engkau tidak pernah peduli.

Bila aku pergi, engkau hanya akan bisa menyesali, karena aku tidak akan pernah kembali.

Selamat tahun baru 2024!



7. Super Cleaner Cemaran Di Laut, Darat dan Udara

Diantara sketsa-sketsa teknologi yang sering saya sare di media ini adalah apa yang kami sebut Autothermal Slow Pyrolyzer (ASP), fungsi utamanya adalah meng-arangkan semua jenis sampah dan limbah kecuali jenis logam, kaca dan tanah (semen, batu, tanah dlsb). Hasilnya berupa arang yang multiguna, bisa untuk energi, perlakuan tanah pertanian, maupun pembersih air dan udara.

Sebagai pembersih air dan udara, potensi arang tidak kalah menariknya dengan potensi di energi dan pertanian. Semua cemaran di laut, darat dan udara bisa dibersihkan dengan cara yang murah menggunakan arang ini. Sketsa di bawah kurang lebih cara kerjanya.

Setelah biomassa dari sampah atau limbah diarangkan, dia diaktivasi menjadi activated carbon (AC) untuk meningkatkan reaktivitasnya dengan memperluas permukaannya. Setelah aktivasi ini 1 gram arang bisa memiliki luas permukaan hingga lebih dari 4,000 m² sehingga dia menjadi sangat efektif untuk adsorbent - yang akan mengikat cemaran-cemaran di air laut, limbah cair dan bahkan juga emisi CO₂ di udara.

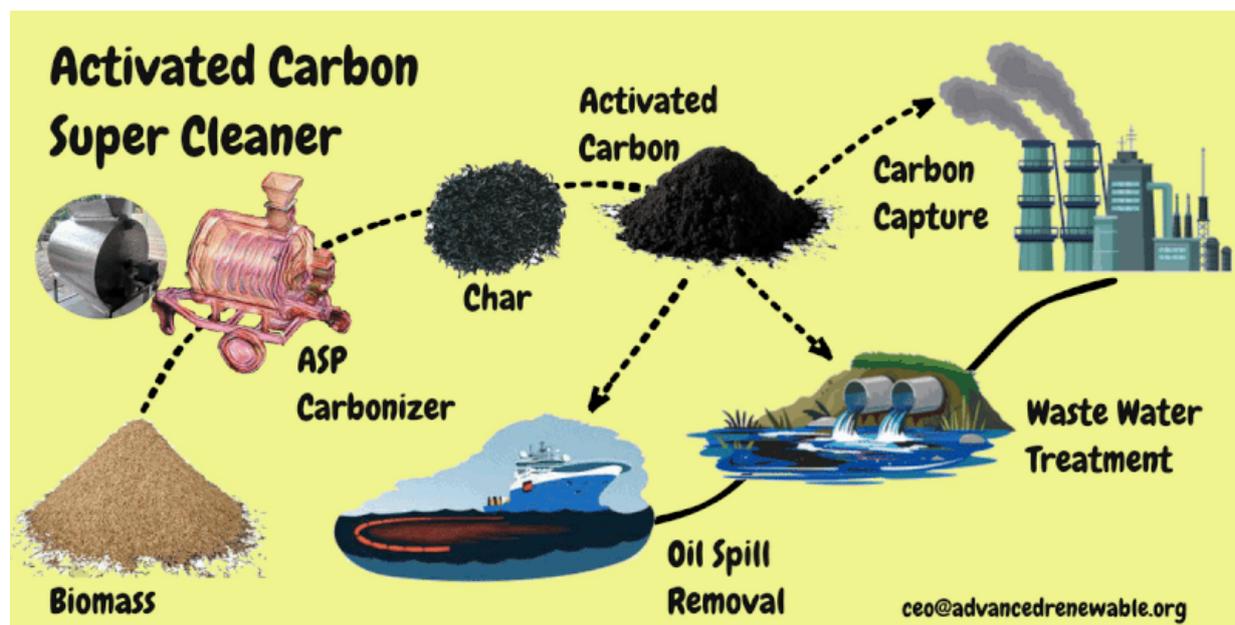
Lebih dari itu karakter AC ini bisa diatur menyesuaikan target cemaran yang akan ditangkannya. Proses pengaturan karakter atau disebut fungsionalisasi ini akan bisa menjadiakn AC yang spesifik untuk mengatasi tumpahan minyak di laut misalnya, yang tentu

butuh karakter adsorbent yang berbeda dari penanganan limbah industri pada umumnya.

Pun demikian bila AC hendak digunakan untuk menangkap CO₂, selain pengaturan fungsionalisasi agar AC bisa menyerap CO₂ secara efektif - juga bisa diatur berapa banyak CO₂ yang akan ditangkap oleh setiap gram AC ini. Meskipun dengan pengaturan khusus 1 gram AC bisa menangkap hingga 25 g CO₂ misalnya, bisa jadi bukan ini yang dikehendaki bila CO₂ yang ditangkap hendak langsung digunakan sebagai bahan bakar kembali.

Ketika CO₂ dan adsorbennya (AC) hendak langsung digunakan untuk produksi syngas misalnya, maka yang dibutuhkan hanya AC yang bisa menangkap maksimal 4 kali CO₂ dari berat AC yang digunakan. Artinya, arang yang diaktivasi secara sederhana-pun sudah cukup efektif untuk penangkapan emisi CO₂.

Jadi untuk bebersih bumi kita dari tumpukan sampah, limbah, cemaran air, tumpahan minyak di laut dan bahkan juga emisi CO₂ yang menjadi momok pemanasan global dan perubahan iklim itu, yang dibutuhkan awalnya hanya satu mesin sederhana - mesin karbonisasi yang kami sebut ASP carbonizer ini. Semua kita bisa terlibat dalam bebersih bumi ini, bila mau!



8. Fuel Efficiency and Zero Emission

Selama penurunan emisi masih dipandang sebagai beban berat yang harus dipikul oleh seluruh institusi, korporasi dan industri, maka target penurunan emisi itu akan berjalan lambat - terutama di negara-negara yang penegakan hukumnya lemah. Maka yang kami usung adalah menjadikan penurunan emisi bukan lagi sebagai target, tetapi sebagai impact dari penghematan bahan bakar yang sangat significant.

Tanpa dipaksa dengan undang-undang-pun, para pelaku usaha dan industri akan bergegas

melakukannya secara sukarela bila mereka bisa menghemat bahan bakar secara signifikan. Maka inilah inti dari konsep Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration (OCCYER).

Untuk mudahnya memahami konsep ini, sketsa di bawah saya jadikan sebagai model untuk menjelaskan cara kerja dan hasil dari OCCYER ini. Saya ambilkan boiler sebagai use case, karena rata-rata boiler ini mengkonsumsi banyak sekali bahan bakar dan dipakai di hampir seluruh industri, highrise building untuk heating, commercial building dsb.

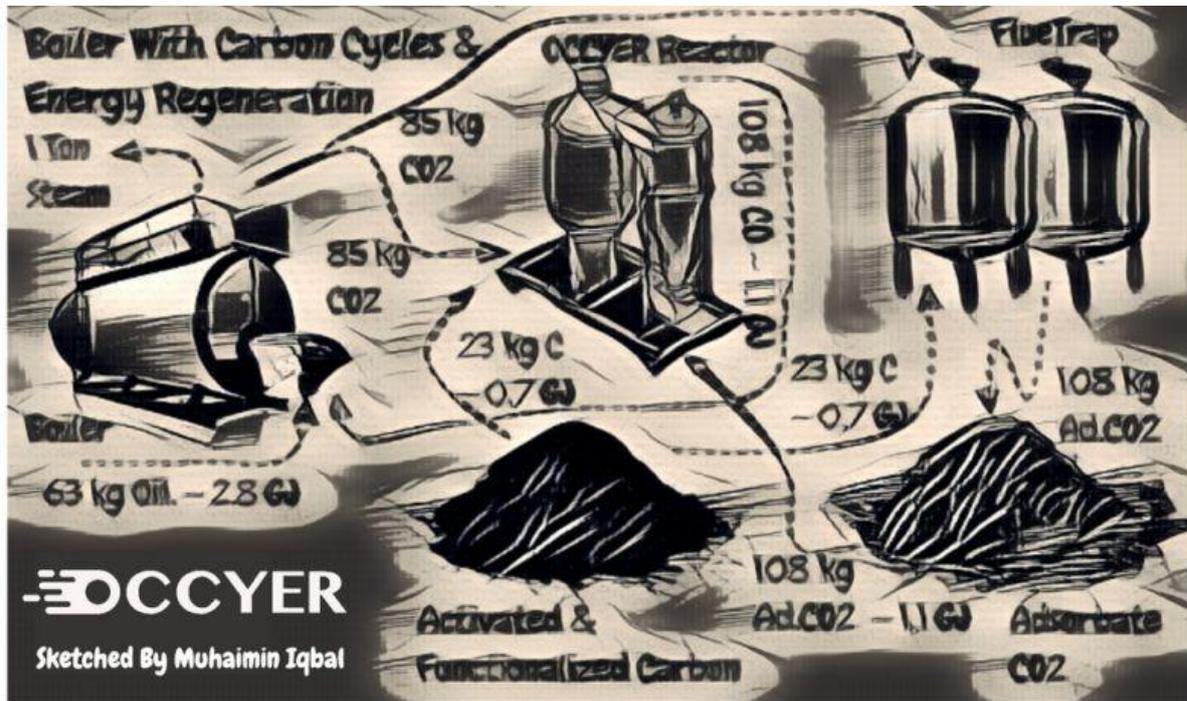
Untuk setiap 1 ton steam diproduksi oleh boiler, rata-rata butuh 63 kg minyak dan akan mengeluarkan sekitar 170 kg CO₂. Emisi CO₂ inilah yang ditangkap oleh OCCYER system melalui dua cara, cara pertama ditangkap menggunakan OCCYER reactor dan CO₂ direaksikan dengan activated and functionalized carbon menjadi CO - yaitu komponen utama dari bahan bakar baru yang disebut synthetic gas atau syngas.

Cara kedua, CO₂ ditangkap menggunakan teknologi lainnya yang kami sebut FlueTrap. FlueTrap ini adalah bentuk penangkapan CO₂ secara pasif dan beroperasi pada STP (Standard Temperature and Pressure), sehingga murah. Untuk ini yang dibutuhkan adalah adsorbent yang sesuai sehingga penangkapan carbon bisa efektif dan terukur. Hasilnya berupa adsorbate CO₂, yaitu CO₂ yang melekat pada adsorbent - dan bisa digunakan kembali sebagai fuel di OCCYER Reactor.

Selain OCCYER reactor dan FlueTrap, komponen ketiga yang dibutuhkan di system ini adalah arang atau carbon yang diaktivasi dan difungsionalisasi sedemikian rupa, sehingga tetap murah namun berdaya guna ganda. Dia bisa berperan sebagai reactant untuk mereaksikan CO₂ menjadi CO di OCCYER reactor, namun dia juga bisa sebagai adsorbent di FlueTrap System untuk mengikat CO₂ menjadi cadangan energi yang bisa disimpan secara murah untuk digunakan kembali kapan saja dibutuhkan.

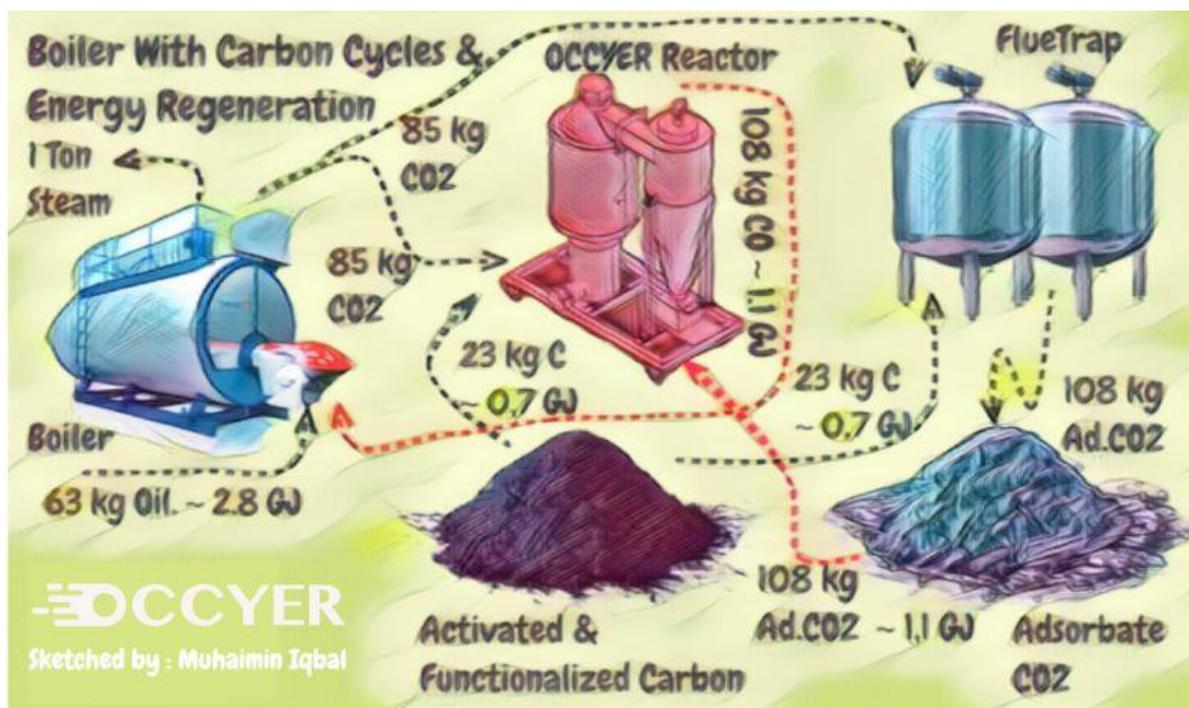
Bila kedua hasil tangkapan CO₂ tersebut diatas digunakan bersama untuk menghemat bahan bakar boiler, sekitar 78% bahan bakar bisa dihemat. Sedangkan impact dari penerapan OCCYER ini di boiler tersebut akan membuat boiler zero emission, karena seluruh emisi CO₂ ditangkap dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar kembali.

Dicari mitra di seluruh dunia untuk memproduksi, memasarkan, membiayai dan menyebar luaskan system ini, agar dunia bisa segera bisa berhemat energi, dan impact-nya dunia juga akan segera bersih dari emisi CO₂ yang semakin tidak terkendali. Tertarik?



9. Fuel Efficiency and Zero Emission - In Color

Ini sama persis dengan unggahan saya tadi tadi di sini : <https://lnkd.in/gtfrtbp9> , hanya sketsanya dibuat dengan teknik crayon yang lebih terang, soalnya yang tadi pagi dengan teknik lukisan arang atau conte mungkin kurang jelas untuk referensi teknis - angka-angkanya.



10. Dedieselization And Decarbonization At Once

Menyediakan energi bagi negeri bahari dengan 17,500 lebih pulau ini pastinya tidak mudah. Begitu banyak pulau dan daerah terpencil yang kebutuhan listriknya sejauh ini hanya bisa dilayani dengan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Masalahnya adalah diesel ini tidaklah murah, listrik dari PLTD adalah listrik yang paling mahal dari sisi bahan bakar.

Sumber energi terbarukan penggantinya seperti biodiesel dari minyak nabati - tidak lebih murah dari diesel dari minyak bumi. Green Diesel atau Fischer-Tropsch Diesel sebenarnya bisa diproduksi dari biomassa yang selalu ada di negeri tropis ini. Tetapi ini memerlukan rangkaian proses yang cukup panjang juga, walhasil keekonomisannya masih perlu dikaji. Demikian pula berbagai alternatif energi lainnya seperti matahari, angin dlsb.

Dari segala macam persoalan tersebut di atas, solusi yang saya tawarkan ini bisa menjadi alternatif yang paling memungkinkan untuk program yang disebut dedieselisasi ini. Solusi ini menggunakan Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration (OCCYER) yang sudah saya share dalam beberapa unggahan sebelumnya.

Inti dari OCCYER ini adalah menangkap emisi CO₂ dari sumbernya langsung, kemudian merubah sebagiannya secara langsung pula menjadi energi baru berupa CO (10.5MJ/kg) dan sebagian lainnya sebagai cadangan energi dalam bentuk adsorbate - CO₂ yang melekat pada carbon adsorbent. Adsorbent dan adsorbate-nya yang berupa padatan ini bisa menjadi 'penyimpan' CO₂, sekaligus stok energi yang bisa kapan saja digunakan sebagai bahan bakar di OCCYER reactor.

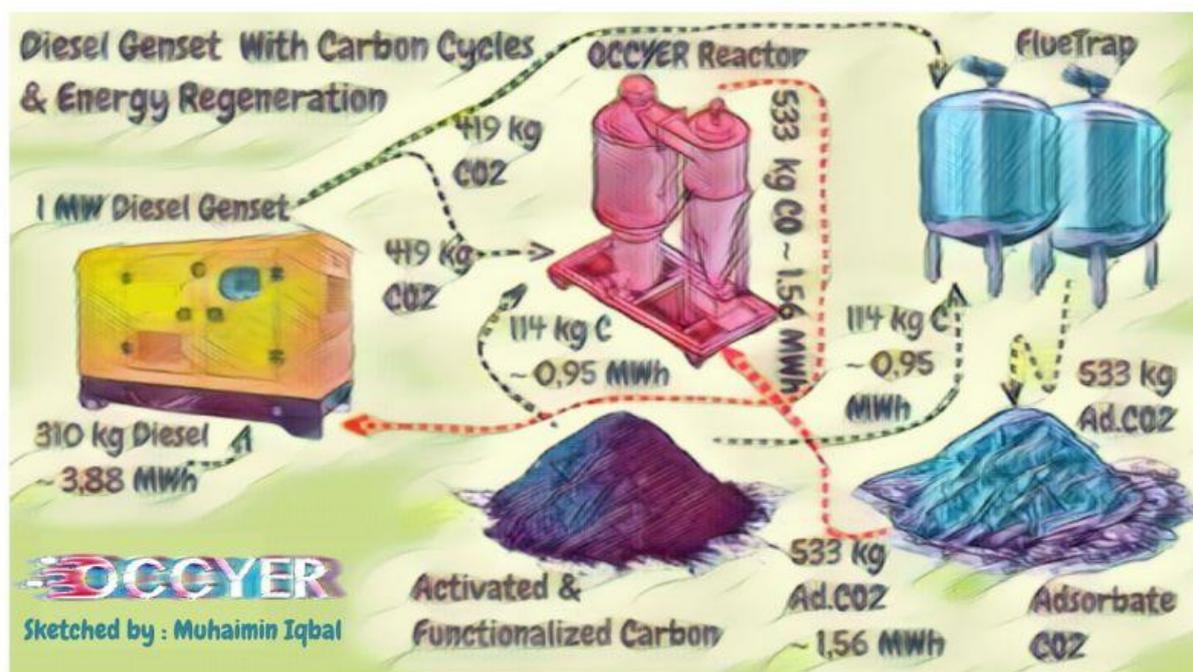
Solusi OCCYER ini terdiri dari 3 komponen, OCCYER reactor yang berfungsi menangkap sebagian CO₂ sekaligus sebagai mesin produksi energi baru berupa CO dan H₂ atau yang disebut syngas. CO-nya berasal dari reaksi CO₂ dengan carbon dalam reaksi yang disebut Boudouart reacion, sedangkan H₂-nya berasal dari bawaan arang yang digunakan untuk reactant CO₂. Standar arang memiliki kandungan H₂ sekitar 5% dari berat arang.

Kedua adalah FlueTrap untuk menangkap CO₂ yang tidak langsung digunakan, untuk ini dibutuhkan adsorbent yang juga dibuat dari arang. Keiga adalah consumables-nya yaitu arang yang diaktifasi dan difungsionalisasi secara khusus, agar bisa menjadi reactant yang efektif pada suhu tinggi (di OCCYRE reactor) dan menjadi adsorbent pada suhu dan tekanan normal di FlueTrap.

Kelebihan solusi OCCYRE ini adalah bahan bakunya berupa arang yang selalu bisa diproduksi dimanapun PLTD itu berada. Bahan bakar diesel di PLTD dapat digantikan hingga 97%-nya dengan syngas dari OCCYRE ini, namun dalam skenario pada sketsa di bawah hanya kita gantikan 80% saja. Inipun sudah akan bisa menjadi solusi listrik yang murah dan reliable bagi seluruh penjuru negeri.

Lebih dari itu, impact dari penghematan diesel yang luar biasa besar ini adalah emisi CO₂

yang akan menjadi nol, karena seluruh emisi CO₂ ditangkap dan digunakan kembali sebagai energi atau cadangan energi.



11. Agar Kota-Kota Kita Tidak Semakin Panas

Setengah abad lalu kita masih punya kota-kota yang sejuk, namun kini nyaris tidak ada lagi kota sejuk di negeri ini kecuali yang benar-bener di puncak gunung. Kota-kota menjadi panas yang semakin meningkat dengan cepat, antara lain oleh fenomena Urban Heat Island (UHI), yaitu kota yang semakin panas dikelilingi sub-urban yang masih relatif sejuk.

Namun ketika kota-kota semakin luas, pulau Jawa misalnya - akan segera menjadi satu kota yang sangat besar, maka tidak ada lagi daerah sekeliling yang sejuk, semuanya menjagi UHI. Apa yang menjadi penyebab UHI ini dan bagaimana mencegahnya?

Ada dua penyebab utamanya, yang pertama adalah kepadatan pemukiman kota yang membuat jalur hijau amat sangat tidak memadai - yang ini karena sudah menjadi keterlanjuran, tidak mungkin lagi membongkar kota. Yang kedua adalah oleh adanya penggunaan energi yang semakin meningkat, khususnya AC - karena lebih dari 55% energi perkotaan kita untuk AC ini.

Peningkatan penggunaan energi untuk AC konvensional yang masih kita gunakan di kota-kota kita ini berdampak dua pada suhu permukaan bumi, yang pertama adalah dampaknya yang bersifat global - yaitu melalui emisi CO₂ yang meningkatkan pemanasan global, dan yang kedua yang bersifat lokal - yaitu akumulasi waste heat dari seluruh AC yang terpasang di seluruh gedung yang ada di kota - inilah yang secara bersama-sama menimbulkan fenomena UHI tersebut.

Kota-kota di negara maju, khususnya di negeri 4 musim yang sudah menyadari hal ini mulai mengalihkan penggunaan sistem pendingin dan pemanas ruangnya. Mereka mengkamanyekan penggunaan heat pump untuk pemanas maupun pendingin ruangnya.

Suhu di kedalaman tanah sekitar 3 meter dari permukaan tanah relatif stabil sepanjang tahun, ini yang disebut shallow geothermal (SG). Di musim dingin ketika suhu permukaan lebih rendah dari SG, maka ruangan dipanaskan dengan sumber panas dari SG ini. Sebaliknya, ketika musim panas suhu permukaan lebih tinggi dari SG, maka panasnya dibuang ke SG sehingga terjadi pendinginan ruangan. Disinilah perlunya heat pump untuk memindahkan panas dari atau ke dalam ruangan.

Ketika panas dipindahkan dari ruangan kita itu berarti terjadi pendinginan, dan di kota-kota tropis kita, kita tidak perlu pemanas ruangan - yang kita butuhkan selalu pendinginan. Karena ini, SG tidak bisa kita gunakan - khususnya di bulan Oktober hingga April - ketika suhunya lebih tinggi dari rata-rata suhu permukaan tanah kita.

Lantas apa gantinya untuk kita? Air tanah kitalah yang selalu memiliki suhu lebih rendah dari permukaan tanah, jadi di kota-kota kita dapat beralih juga pendingin ruangnya menggunakan heat pump yang jauh lebih efisien energi dan tidak menimbulkan efek UHI, dengan memanfaatkan air tanah sebagai sumber pendinginan ruangan kita, agar kota-kota kita tetap nyaman dihuni - dan berhenti memanaskan permukaan bumi. Sketsa berikut adalah gambaran ringkas cara kerja heat pump untuk Groundwater Cooling System (GWCS).



12. Truly Green EV

Bila mengikuti skenario dunia akan mencapai Net Zero Emission 2050 (Indonesia 2060), maka mobil listrik yang sudah Anda beli sekarang - belum akan bisa benar-benar bebas emisi hingga akhir hayatnya. Namun bila keinginan untuk menghadirkan mobil listrik itu benar-benar kuat untuk menurunkan emisi - bukan sebatas marketing gimmick semata, maka

mobil listrik Anda bisa benar-benar hijau saat ini juga. Untuk ini apa yang dibutuhkan adalah Green Charging - Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) yang listriknya 100% bebas emisi.

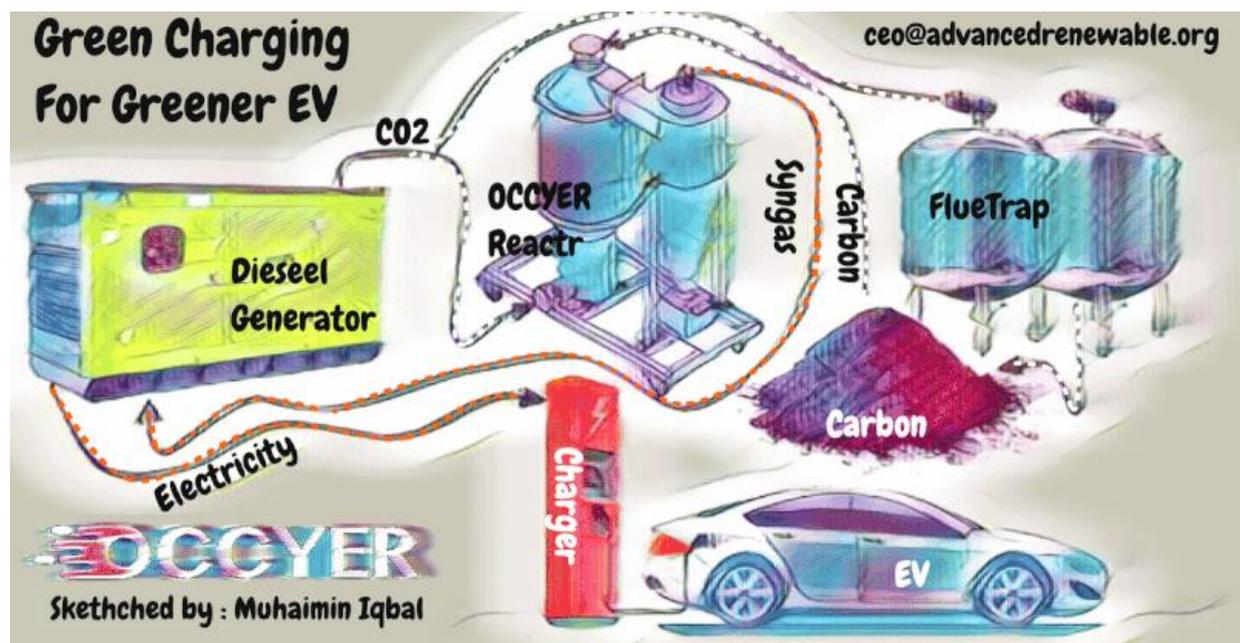
Bagaimana SPKLU yang sepenuhnya hijau ini dibangun? Sketsa berikut menjelaskannya. Pertama yang dibutuhkan adalah diesel generator biasa, tetapi bahan bakar dieselnnya diisi dengan green diesel (Fischer Tropsch Diesel). Bila berhenti di sini listrik dari bahan bakar diesel umumnya mahal, pasti kalah menarik dibandingkan dengan listrik batu bara.

Maka langkah selanjutnya, emisi CO₂ dari diesel ini ditangkap melalui dua cara, pertama langsung menggunakan OCCYER reactor untuk diubah menjadi syngas - dan syngas-nya diumpankan balik ke diesel genset untuk menurunkan kebutuhan bahan bakar diesel. Kedua CO₂ ditangkap menggunakan FlueTrap dan hasilnya adalah CO₂ yang terikat pada adsorbent carbon, bisa untuk memproduksi syngas lagi kapan saja dibutuhkan.

System inilah yang kita sebut Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration (OCCYER), yang bila digunakan bisa menggantikan kebutuhan bahan bakar diesel dengan syngas hingga 97%. Dan tidak harus dimaksimalkan hingga 97% tersebut, karena 80% saja diesel digantikan oleh syngas hasil dari carbon cycles ini - biaya produksi listrik yang hijau ini sudah akan lebih murah dari listrik batubara.

Sekali merangkuk dayung, dua - tiga pulau terlewati. Emisi CO₂ di sektor transportasi akan segera bisa diturunkan, pun demikian dengan penghematan energi fosil yang sangat significant ini. Selain itu Green Charging ini bersifat off-grid, tidak tergantung listrik dari utility company, jadi bisa dihadirkan oleh masyarakat sendiri dimanapun dibutuhkan.

Peluang bagi para startup di EV ecosystem, renewable energy, carbon capture and utilization, energy efficiency dlsb. Startup Anda bisa fokus pada business modelnya, kami yang menyediakan teknologinya!



13. Introducing New Commodity : CO2Crude

Bagi negara-negara yang tidak memiliki sumber minyak sendiri dan bergantung pada import minyak dari negara lain, ini adalah kabar baik. Negara Anda akan bisa segera memiliki sumber minyak sendiri, bahkan sambil menambang minyak baru ini - negara Anda juga otomatis membersihkan atmosfer dari cemaran CO₂.

Tambang minyak baru ini memang berasal dari carbon capture, yaitu segala sumber emisi dari cerobong asap di pabrik-pabrik, pembangkit listrik, juga dari kapal laut. Bahkan kedepannya bisa dikembangkan juga untuk kendaraan bermotor yang masih menggunakan Internal Combustion Engine - baik berbahan bakar bensin maupun diesel.

Prosesnya-pun bukan hal yang baru, tinggal diintegrasikan saja. Awalnya adalah penangkapan CO₂ dari cerobong-cerobong asap tersebut di atas, teknologinya kami sebut FlueTrap - intinya mengikat CO₂ dengan adsorbent yang sesuai dan murah. CO₂ hasil tangkapan ini kemudian direaksikan dengan carbon (C) dalam reaktor yang kami sebut Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration (OCCYER) menjadi syngas (CO dan H₂). FlueTrap dan OCCYER ini inti teknologi yang kami kembangkan.

Selanjutnya setelah menjadi syngas, masuk ke proses berikutnya yaitu Fischer-Tropsch Synthesis (FTS) untuk menjadikannya alkana, yaitu C_nH_(2n+2) ataupun alkena C_nH_{2n}, keduanya adalah yang disebut synthetic crude (syncrude), namun karena asal muasal C-nya dari CO₂, maka kami juga menyebutnya CO₂Crude - inilah komoditi baru itu.

Syncrude atau CO₂Crude ini bisa masuk ke proses refinery standar - yang sudah ada pada kilang-kilang minyak pada umumnya, untuk dirubah menjadi diesel, jet-fuel, bensin, LPG maupun produk-produk kimia lainnya menggantikan segala bentuk produk turunan petrokimia.

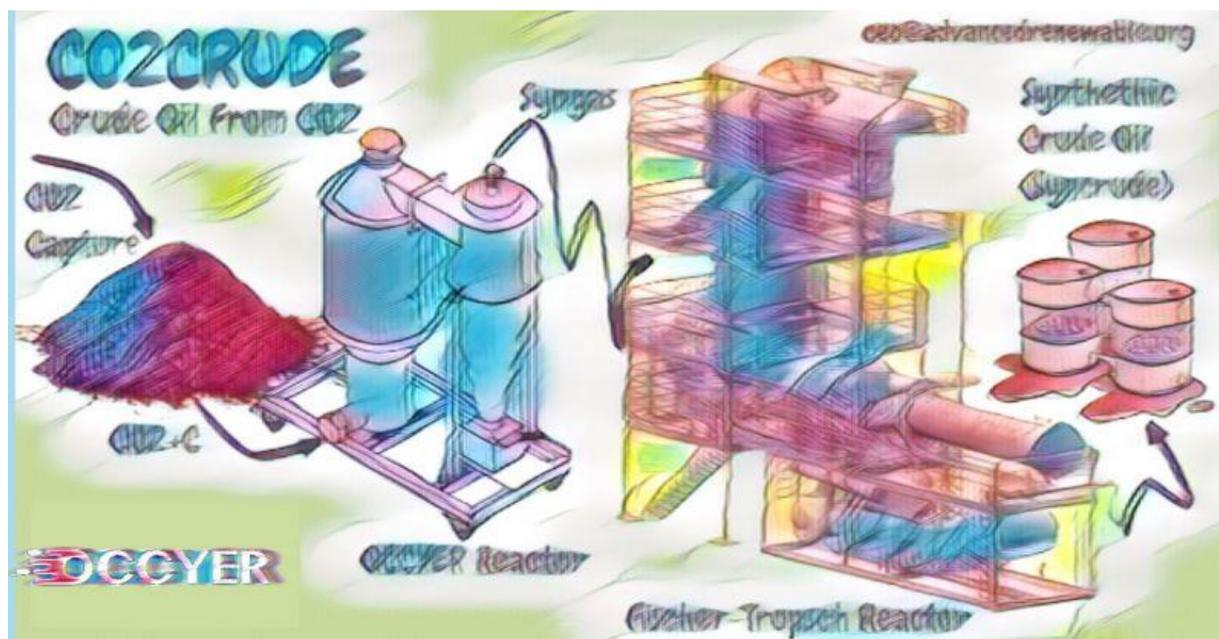
Lantas seberapa besar potensi CO₂Crude ini? Amat sangat besar! Setiap MW pembangkit listrik tenaga diesel, berpotensi menghasilkan CO₂Crude sekitar 86 Barrels Per Day(BPD). Yang menggunakan bahan bakar batubara malah lebih besar lagi potensinya, sekitar 103 BPD CO₂Crude.

Jadi emisi CO₂ yang selama ini menghantui pertumbuhan ekonomi dunia dan segala macam musibah yang ditimbulkannya, sesungguhnya bisa menjadi sumber energi baru terbesar yang sudah ada di depan mata kita. Teknologinya-pun rata-rata teknologi yang matang dari abad lalu.

Carbon capture yang kami gunakan menggunakan teknik adsorption yang sudah banyak dipakai di industri lain, reaktor OCCYER beroperasi berdasarkan Boudouard reaction yang ditemukan ilmuwan Perancis - Octave Leopold Boudouard akhir abad 19. Sedangkan reaktor Fischer-Tropsch Synthesis sudah dipakai di Jerman sejak Perang Dunia II.

Jadi potensi CO₂Crude ini bisa digarap siapa saja yang butuh energi baru dan butuh

menekan emisi CO2. Team kami siap mendampingi institusi ataupun korporasi yang hendak meng-eksplorasi peluang ini.



14. The Broken Cage

Upaya menurunkan emisi CO2 di atmosfer bumi ini berjalan begitu lambat, sehingga yang berpacu dengan cepat adalah global warming dan perubahan iklim dunia. Ini terkait dengan apa yang kami sebut sangkar burung yang patah. Sangkar burung seharusnya memiliki jeruji-jeruji yang kuat dan lengkap, karena kalau satu saja patah - maka burung akan bisa terbang lepas melalui jeruji-jeruji yang patah tersebut.

Demikian pula ikhtiar dunia untuk menurunkan emisi CO2 itu, bila sebagian besar negara sudah melakukannya-pun, tetapi ada satu atau dua negara besar yang tidak melakukannya secara disiplin - maka ikhtiar sebagian besar negara tersebut menjadi nyaris sia-sia. CO2 yang lepas dari satu atau dua negara besar yang tidak disiplin itu cukuplah untuk kembali mengotori atmosfer bumi dengan CO2 yang terlepas ke udara, karena ignorance atau lemahnya penegakkan hukum di satu atau dua negara tersebut. Padahal dari 200-an negara-negara di dunia, sangat mungkin akan selalu ada 1% yang abai tersebut.

Lantas bagaimana agar perang melawan emisi CO2 itu tidak seperti sangkar burung yang patah tersebut? 'Burung'-nya yang diberi umpan di dalam sangkarnya, Dengan pintu sangkar yang terbuka-pun 'burung-burung' akan mendatangi sangkar itu secara sukarela karena tertarik makanan yang ada di dalamnya.

Demikian kita bisa menekan emisi CO2 dengan cara 'umpan' di dalam sangkar tersebut. Bila emisi CO2 itu bisa kita tangkap, kemudian dengan mudah bisa kita sirkulasikan menjadi bahan bakar baru yang secara terus menerus dipakai berulang, maka penggunaannya akan langsung mendapat dua manfaat sekaligus, yaitu penghematan bahan bakar yang luar biasa,

sekaligus berdampak otomatis menurunkan emisi ke tingkat yang mendekati zero emission - karena CO₂-nya yang selalu ditangkap dan digunakan kembali.

Serangkaian teknologi yang kami sebut Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration (OCCYER) adalah 'umpan' di dalam sangkar burung tersebut di atas. Bila dengan OCCYER ini para pelaku industri yang menggunakannya bisa sangat bersaing dengan cost leadership-nya, bahan bakarnya begitu murah, sehingga produk-produknya bisa bersaing di pasar global, maka tanpa law enforcement 'sangkar burung' yang sempurna-pun pelaku industri akan berlomba-lomba dengan sendirinya untuk mengejar cost leadership ini - yang dampaknya adalah penurunan emisi CO₂.

Bagaimana dengan industri yang tidak mau memakainya? mereka akan rugi sendiri. Ketika para pesaing bisa menurunkan ongkos produksinya dengan penghematan bahan bakar yang luar biasa, sehingga produknya menjadi murah, maka produk yang sama yang tetap mahal akan otomatis ditinggalkan orang. Industri yang tidak bisa bersaing, akan mati dengan sendirinya.

Cara kerja teknis OCCYER ini sudah saya jelaskan dalam sejumlah unggahan sebelumnya, sedangkan unggahan ini adalah penjelasan filosofisnya - yang diharapkan bisa digunakan untuk menjelaskan dengan mudah ke para stakeholders, calon-calon pengguna teknologi ini. InsyaAllah.



15. The Super Fire Burner

Diantara karya berbagai jenis kompor dan burner yang kami buat, yang satu ini yang paling dasyat dalam menghasilkan energi panas yang sangat tinggi dalam waktu sangat singkat. Maka burner yang satu ini kami sebut Super Fire Burner.

Teknik yang kami gunakan adalah kombinasi antara gasifikasi dan direct combustion. Bahan bakar yang digunakan arang biomassa - dari biomassa apapun, yang di tabung bagian bawah burner untuk gasifikasi sedang yang berupa corong di bagian atas untuk bara dan pembakaran langsung.

Dengan teknik ini, suhu tinggi yang kami butuhkan untuk mesin karbonisasi misalnya - yang butuh suhu 500 derajat Celsius, dapat dcapai kurang dari 2 menit sejak burner dinyalakan. Suhu yang jauh lebih tinggi dari inipun dimungkinkan, jadi bagi Anda yang membutuhkan energi panas tinggi dengan bahan yang murah - yaitu arang/biomassa, Anda sudah bisa memesan Super Fire Burner ini.



https://www.linkedin.com/posts/iqbalmuhaimin_the-super-fire-burner-diantara-karya-berbagai-activity-7150333479199629313-FWM9/?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

16. Oxygenates Trilogy for Carbon-Free Fuel

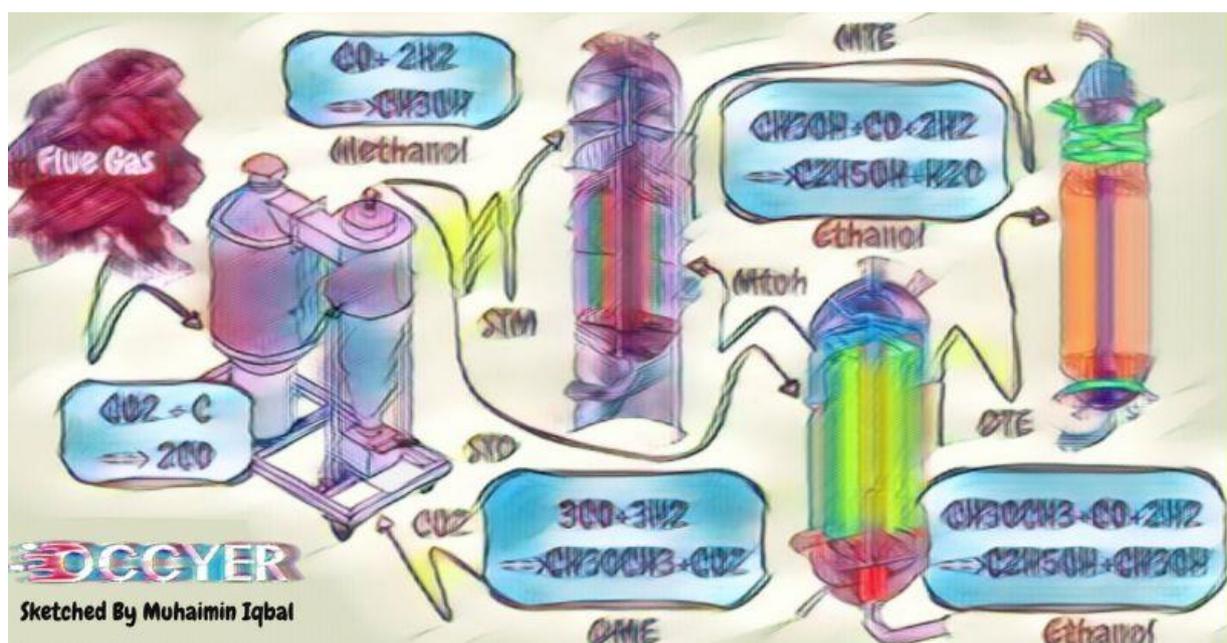
Ada tiga jenis bahan bakar ber-oksigen atau yang disebut oxygenates, yang memiliki kemiripan satu sama lain, yaitu methanol, DME dan ethanol. Ketiganya bisa dilahirkan oleh ibu yang sama yaitu CO₂ hasil tangkapan teknologi FlueTrap kami. Ketiganya bisa saling mengisi kebutuhan bahan bakar pengganti untuk bensin maupun diesel.

Methanol dan DME bahkan seperti saudara kembar, DME bisa diperoleh dari pengeringan methanol, atau sebaliknya methanol bisa diperoleh dari hidrasi DME, sedangkan ethanol bisa dilahirkan dari keduanya. Ketiga-tiganya bahkan juga dapat dimanfaatkan sebagai hydrogen carrier yang efektif, untuk menghadirkan bahan bakar yang bebas carbon secara

lebih murah.

Ketika ketiganya dimanfaatkan sebagai hydrogen carrier, proses reforming-nya akan mengeluarkan CO₂, dan CO₂ inilah yang juga ditangkap dan diproses kembali untuk menjadi oxygenates baru, begitu seterusnya sehingga carbon bisa disirkulasikan terus menerus tanpa harus mengeluarkan emisi ke atmosfer bumi.

Proses penangkapan CO₂ (dengan FlueTrap), gasifikasi menjadi syngas (CO dan H₂), kemudian menjadi methanol, DME dan Ethanol inilah yang kami jadikan untuk cikal bakal lahirnya carbon-free fuel yaitu hydrogen yang lebih murah dari sisi produksi maupun distribusi. Proses reforming dari ketiganya menjadi hydrogen insyaAllah akan diunggah secara terpisah.



17. Inspirasi Teknologi Untuk Kendaraan Nabi Sulaiman

Ketika Allah mengakhiri cerita yang paling Indah dalam Al-Qur'an, yaitu Kisah Nabi Yusuf Alaihi Salam, Allah menyebutnya itu bukan cerita yang dibuat-buat, tetapi petunjuk bagi orang yang beriman : " Sungguh, pada kisah-kisah mereka itu terdapat pengajaran bagi orang yang mempunyai akal. (Alquran) itu bukanlah cerita yang dibuat-buat, tetapi membenarkan (kitab-kitab) yang sebelumnya, menjelaskan segala sesuatu, dan (sebagai) petunjuk dan rahmat bagi orang-orang yang beriman." (QS 12:111)

Maka demikian pula kisah-kisah yang lain yang ada di kitab yang sama, semuanya bersifat sebagai petunjuk bagi orang yang berakal (Ulil Albab) dan orang yang beriman pada kitab-kitabNya, bukan hanya pada Al-Qur'an, tetapi juga pada kitab-kitab yang diturunkan pada Nabi-Nabi sebelumnya.

Atas prinsip ini, maka kisah-kisah itu bisa menjadi sumber informasi dan inspirasi untuk

segala sesuatu, termasuk untuk menjawab challenge masalah kekinian. Saya ambilkan masalah transportasi yang bebas kemacetan dan bebas emisi misalnya, inspirasinya bisa kita ambil dari kisah Nabi Sulaiman Alaihi Salam (QS 34:12).

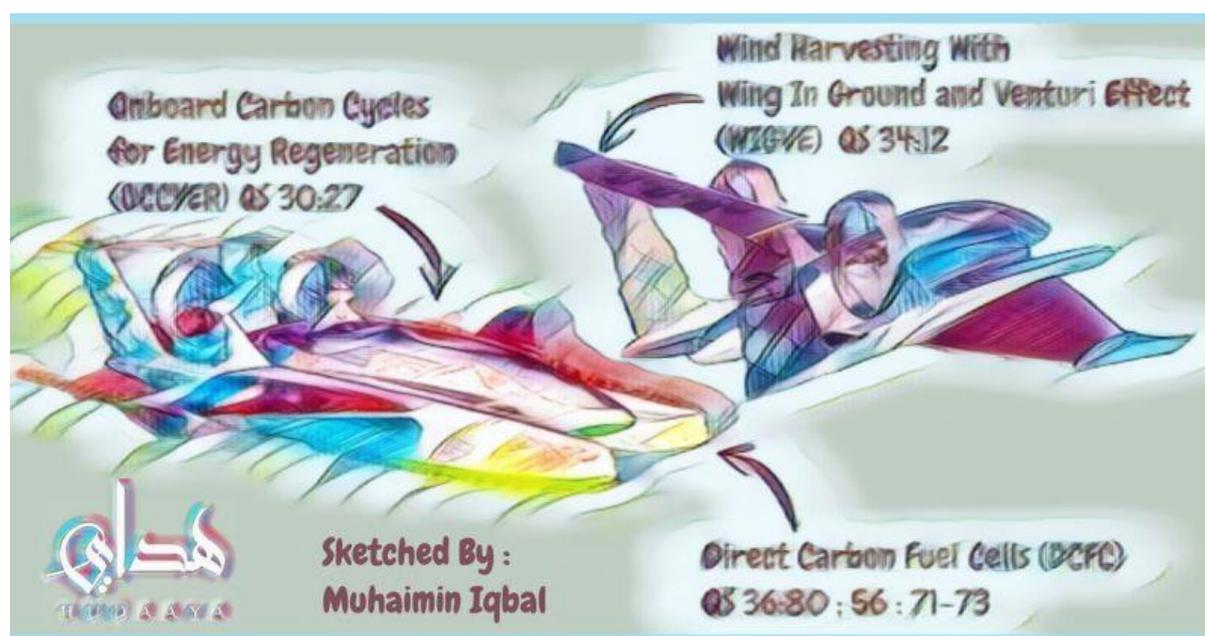
Sulaiman diberi kendaraan yang sangat cepat, setengah hari perjalanannya sama dengan satu bulan perjalanan kendaraan lain pada zamannya. Kendaraan ini berupa angin! Nah kalau kendaraan Nabi Sulaiman ini kita jadikan inspirasi untuk lahirnya moda transportasi kekinian, dengan teknologi yang paling mutakhir saat ini, seperti apa kira-kira kendaraan Nabi Suaiman ini wujudnya? Berikut adalah sketsa teknologinya hasil oret-oretan saya.

Teknologi 'angin'-nya akan saya padukan antara yang sudah biasa dipakai di kendaraan Wing In Ground Effect (WIGE) dan Venturi Effect (VE) - yang VE ini sudah digunakan untuk turbin generator angin tanpa kincir-nya AEROMINE. Hasilnya adalah apa yang saya sebut sebagai Wing In Ground and Venturi Effect (WIGVE).

WIGE-nya berfungsi agar kendaraan bisa meluncur dengan sangat cepat dengan terbang rendah - sekitar separuh dari bentang sayapnya, sedangkan VE-nya untuk menghasilkan listrik selama dia dalam perjalanan. Sedang mesin penggerak utamanya menggunakan listrik dari Direct Carbon Fuel Cells (DCFCs) Inspirasi QS 36:80, yang emisi carbonnya ditangkap dan dielektrolisa untuk menjadi bahan bakar (Carbon) baru. Untuk ini butuh listrik, maka digunakanlah listrik dari VE tersebut.

Dengan cara ini kendaraan akan dapat meluncur dengan sangat cepat dan nyaris tanpa perlu bahan bakar lagi, karena carbon yang digunakan di DCFCs-pun emisinya direcovery menjadi energi baru dengan system yang sudah saya kenalkan sebelumnya, yaitu yang saya sebut sebagai Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration (OCCYER) - Inspirasi dari QS 30:27.

Saya mengenal orang-orang di belahan dunia lain yang bisa mewujudkan teknologi seperti ini, namun kalau Anda juga tertarik untuk bergabung dan mewujudkannya, Silahkan bergabung!



18. Wind Powered Vehicle and Beyond

Terinspirasi oleh kendaraan Nabi Sulaiman AS yang menggunakan angin, kemarin sudah saya share di sini kendaraan jenis Wing In Ground Effect (WIGE) yang bisa dirancang menggunakan tenaga angin dan Direct Carbon Fuel Cells (DCFCs) hybrid (<https://lnkd.in/g/Na-Kqd>).

Hal yang sama juga bisa dilakukan untuk kendaraan darat, tetap hybrid untuk saling mengisi kelemahan masing-masing sumber energi. Kalau dibuat baru, konsepnya kurang lebih seperti pada sketsa di bawah. DCFCs untuk memberi tenaga kendaraan ketika statis atau berjalan lambat di kemacetan lalu lintas.

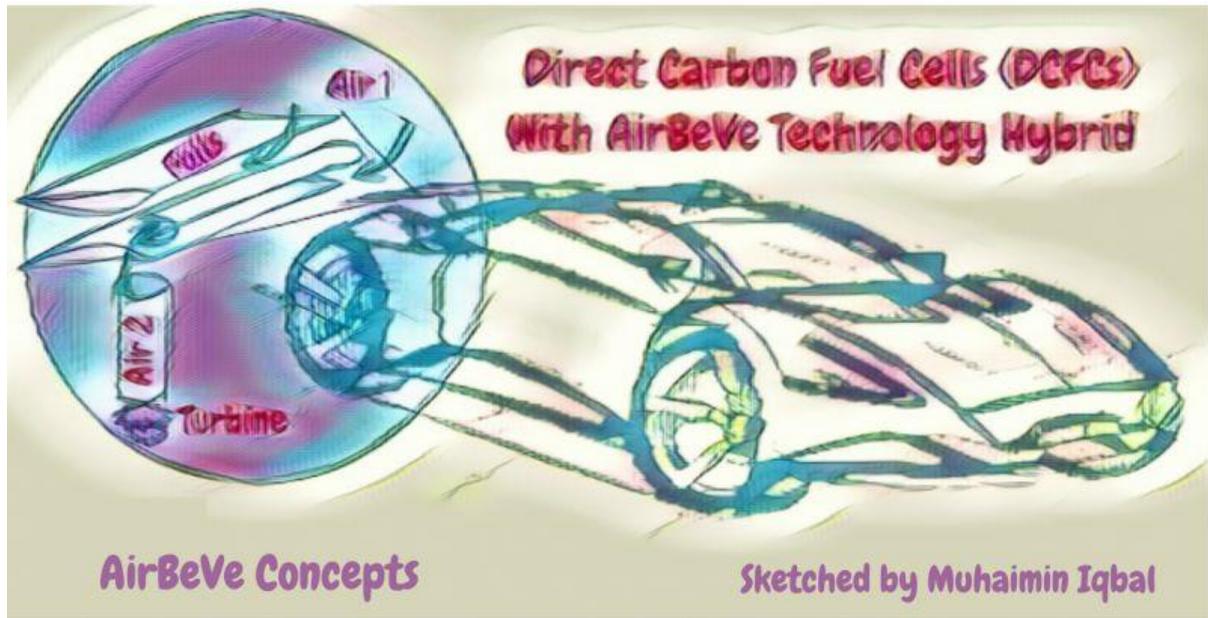
Ketika kendaraan melaju dengan cepat, ekornya yang didesign sedemikian rupa akan menimbulkan efek tekanan rendah di hukum Bernoulli. Tekanan rendah ini akan menyedot udara dari sumber lain, melewati turbin dan menghasilkan listrik. Listrik bisa disimpan atau digunakan langsung untuk tenaga kendaraan, dalam mode ke 2 ini carbon untuk DCFCs lebih mudah disimpan dan lebih murah ketimbang menyimpan listrik.

Karena posisi turbin yang tidak menghadang langsung aliran udara dari depan kendaraan, maka keberadaan turbin ini tidak mengganggu aerodynamic kendaraan. Kendaraan tetap bisa melaju sekuatnya dan bersamaan dengan itu listrik diproduksi dengan memanipulasi aliran udara dengan kombinasi hukum Bernoulli dan Venturi effect.

System yang kami kenalkan sebagai AirBeVe (Beyond Vehicle) ini intinya memanfaatkan angin yang timbul di sekitar kendaraan pada saat kendaraan melaju dengan cukup kencang. Bukan hanya bisa digunakan untuk kendaraan listrik dan hybrid, bahkan nantinya juga bisa digunakan untuk kendaraan internal combustion engine (ICE) baik bensin maupun diesel.

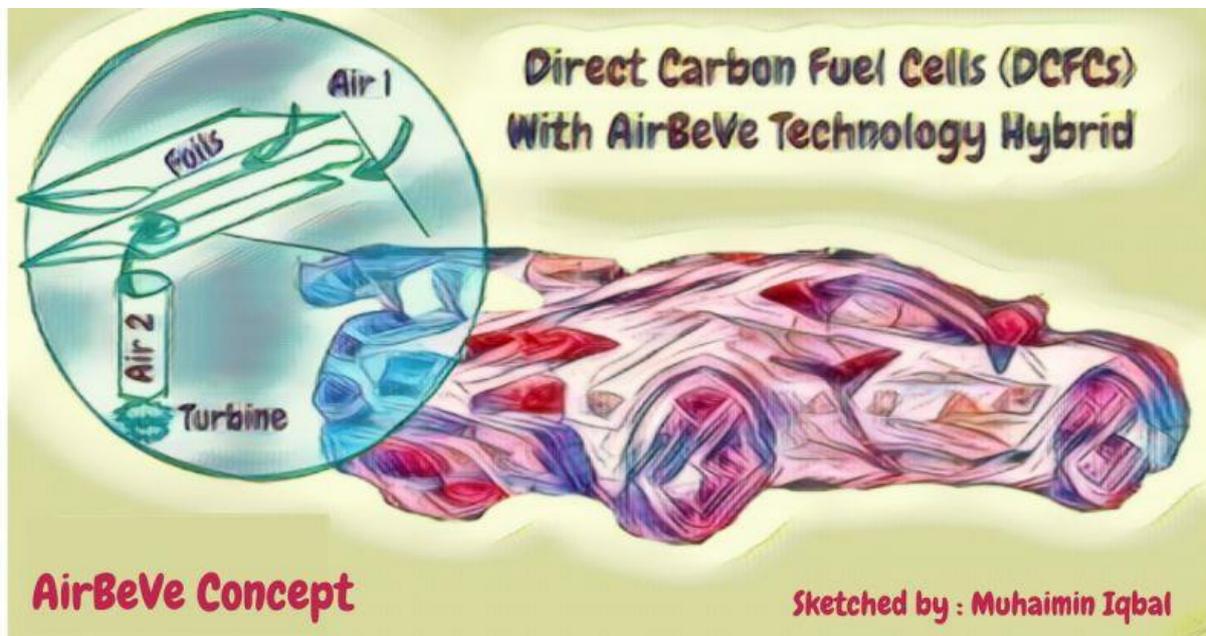
Hanya saja untuk kendaraan ICE, AirBeVe tidak berfungsi untuk memberikan tenaga, melainkan untuk mencuci emisi CO₂. Listrik yang dihasilkan oleh AirBeVe digunakan untuk meng-elektrolisa CO₂ menjadi O₂ (udara bersih) dan Carbon murni - yaitu bahan bakar multiguna yang bisa digunakan di luar kendaraan, dari sinilah istilah BeVe atau Beyond Vehicle ini kami perkenalkan.

Jadi bagi yang masih menggunakan mobil ICE seperti saya, peluang untuk ikut bebersih atmosfer bumi dari cemaran CO₂ tidak kalah dari yang sudah menggunakan mobil listrik. Bahkan mobil ICE kita akan terus memproduksi energi dalam bentuk carbon murni setiap saat kita gunakan - bila nantinya di mobil tersebut terpasang AirBeVe ini. InsyaAllah.



19. AirBeVe - Beyond Vehicle

Ini sketsa yang lebih jelas dari unggahan sebelumnya di sini : <https://lnkd.in/g3pdEgWW>



20. Perspektif Baru Tenaga Angin

Salah satu energi terbarukan yang akan selalu ada di bumi adalah angin. Hanya sayangnya, dengan teknologi yang ada saat ini - angin di daratan kita yang rata-rata kecepatannya 3 m/s atau 10,8 km/jam, belum ekonomis untuk ditambang sebagai sumber energi terbarukan.

Sehingga pembangkit listrik tenaga angin dengan teknologi saat ini baru feasible untuk daerah-daerah pinggir pantai atau daerah lainnya yang memiliki kecepatan angin sekitar dua kali dari yang ada di darat. Atau bila dilakukan di darat, butuh tempat yang tinggi seperti atap high-rise building supaya mendapatkan kecepatan angin yang cukup.

Namun itu adalah kalau teknologi kita seperti saat ini, yaitu pembangkit listrik tenaga angin yang menetap pada suatu tempat, dia pasif dan pasrah dengan kecepatan angin yang datang kepadanya semata. Bagaimana kalau kita buat pembangkit listrik tenaga anginnya juga bergerak?

Inilah yang saya sebut perspektif baru itu, ketika pembangkit listrik kita tempatkan pada mobil kita misalnya, maka kecepatan angin akan menjadi penjumlahan dari kecepatan mobil kita plus kecepatan angin - bila mobil berlawanan arah dengan arah angin. Atau sama dengan kecepatan mobil dikurangi kecepatan angin - bila arah mobil searah dengan arah angin.

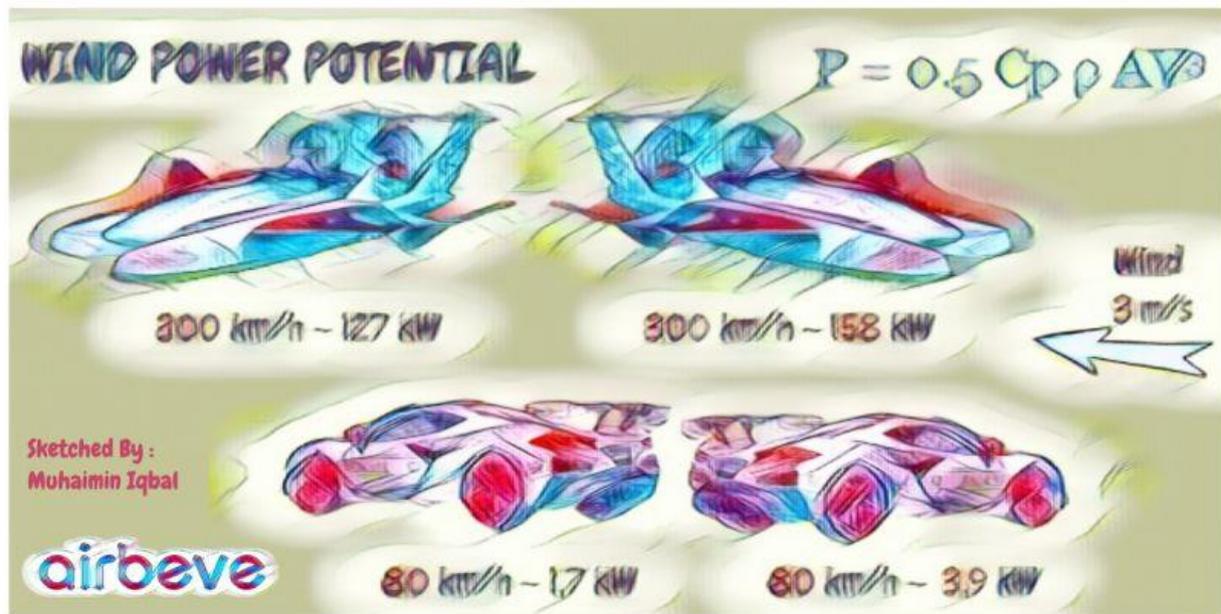
Karena daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin itu fungsi pangkat tiga dari kecepatan angin, maka ketika kecepatan angin menjadi sepuluh kali lipat, daya yang dihasilkan adalah 1,000 kali lipat. Bila kecepatan anginnya 100 kali lipat, daya yang dihasilkan menjadi 1,000,000 kali lipat!

Ilustrasi dalam sketsa di bawah menggambarkan contoh perhitungannya untuk setiap m² penampang kendaraan (A) yang digunakan. Bila mobil kita berjalan rata-rata 80 km/jam dan searah angin, maka potensi energi listriknya hanya sekitar 1.7 kW, bila dia berlawanan arah angin akan meningkat menjadi 3.9 kW.

Tetapi kalau pembangkit yang sama kita taruh di 'kendaraannya Nabi Sulaiman' yang direkonstruksi dengan teknologi saat ini menjadi Wing In Ground and Venturi Effect (WIGVE), ketika dia terbang 300 km/jam searah angin, potensi listrik yang dihasilkan adalah 127 kW per m² penampang yang digunakan untuk menangkap angin. Bahkan ketika dia berjalan melawan arah angin potensinya akan lebih besar lagi, yaitu 158 kW per m² penampang.

Challenge-nya tinggal mengatur agar penampang yang digunakan untuk menangkap angin ini tidak mempengaruhi aerodynamic kendaraan. Dan untuk ini bisa diatasi dengan Bernoulli Equation (BE) dan Venturi Effect (VE), itulah sebabnya sistem ini kami perkenalkan dengan nama AirBeVe - udara yang dikelola dengan BE dan VE.

Juga berarti Beyond Vehicle (BeVe), karena dengan listrik berlebih yang dihasilkan oleh 'kendaraan Nabi Sulaiman' dia bukan hanya bisa mencukupi energi untuk dirinya sendiri, tetapi dia juga menjadi pembangkit listrik terbang - yang kelebihan listriknya bisa di-download untuk keperluan lainnya ketika dia mendarat!



21. Future Hybrid Vehicle : REEHA

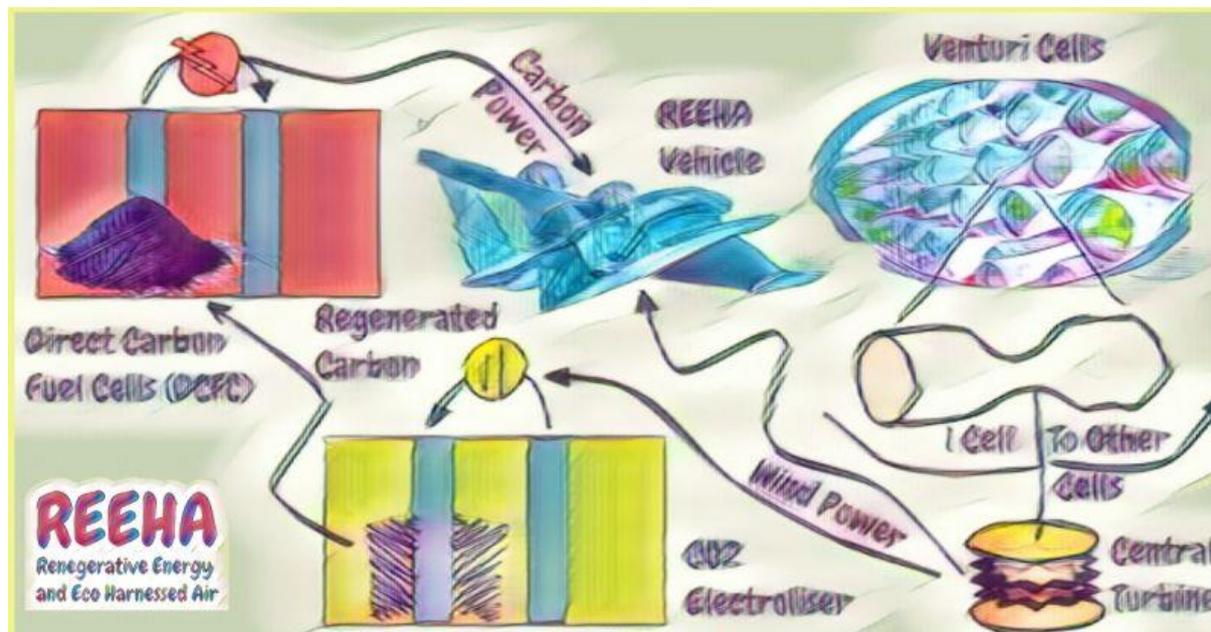
Kendaraan hibrid masa depan itu bisa jadi nyaris tidak perlu bahan bakar - saking iritnya. Terinspirasi oleh kendaraannya Nabi Sulaiman Alaihi Salam, kendaraan itu kami sebut REEHA yang dalam bahasa Arab artinya angin, tetapi dia juga singkatan dari dua energi yang dipakainya, yaitu Regenerative Energy dan Eco Harnessed Air - angin yang ditangkap dengan metode ramah lingkungan.

Di awal mesin menyala dan posisi iddle, REEHA menggunakan energi listrik yang dihasilkan dari Direct Carbon Fuel Cells (DCFC). begitu kendaraan terbang dengan kencang, angin yang melalui sirip-siripnya dikonversi menjadi listrik menggunakan turbin angin. Turbin ini adanya di bawah pesawat dan tidak menghadap ke arah datangnya angin, sehingga tidak mengganggu aerodynamics kendaraan.

Angin dari depan kendaraan ditangkap melalui sekumpulan cells yang masing-masingnya berbentuk tabung venturi, sehingga angin yang datang dari depan dilewatkan tabung venturi tanpa hambatan untuk sampai buritan kendaraan. Tekanan rendah yang timbul di tengah tabung venturi - yaitu bagian yang menyempit - dari masing-masing cell tersebut secara bersama-sama yang akan menyedot udara dari arah turbin yang dibawah dengan sangat kuatnya, dari sinilah turbin berputar dan menghasilkan listrik.

Listrik yang dihasilkan dari turbin tersebut digunakan untuk dua hal, yaitu untuk memberi daya pada kendaraan secara langsung ketika sedang terbang, dan yang kedua untuk elektrolisa CO2 yang dihasilkan oleh DCFC. Hasil elektrolisa ini berupa Oksigen yang dilepas ke udara bebas, dan akumulaasi padatan carbon - yang disimpan sebagai cadangan bahan bakar DCFC berikutnya.

Jadi energi listrik hanya perlu disimpan secukupnya untuk starter kendaraan, selebihnya simpanan energi dalam bentuk carbon. Mayoritas energi kendaraan ketika dia terbang adalah dari turbin listrik yang digerakkan oleh udara yang kami sedut Venturi Cells - yaitu sekumpulan tabung venturi yang menyebar di sejumlah bagian tubuh kendaraan.



22. Angin Yang Membawa Kabar Gembira

Di tengah krisis energi dunia - harga energi tidak semakin murah, dan belum semakin bersih seperti target SDG no 7 - Affordable Clean Energy, sesungguhnya ada kabar gembira. Kabar itu berbunyi : "Dan di antara ayat-ayat-Nya adalah bahwa Dia mengirimkan angin sebagai pembawa berita gembira dan agar kamu merasakan sebagian dari rahmat-Nya dan agar kapal dapat berlayar dengan perintah-Nya dan agar kamu dapat mencari sebagian dari karunia-Nya, dan agar kamu bersyukur." (QS 30:46)

Angin yang disebutkan Allah 14 abad yang lalu itu, tetap ada hingga saat ini dan akan tetap ada selama bumi ini berputar, maka demikian pula sifat-sifat yang ada pada angin yang disebutkan di atas. Bahwa dia pembawa berita gembira, dia adalah rahmat-Nya, dia adalah sumber energi untuk transportasi, dia adalah sarana untuk mencari rizki dan dengan itulah kita harus terus bersyukur.

Lantas mengapa sumber energi yang begitu jelas, sustainable dan bersih itu justru belum optimal kita manfaatkan saat ini? Bahkan nenek moyang kita dari negeri bahari ini telah lebih pintar memanfaatkannya untuk berlayar. Kuncinya ada di sini yang juga disebutkan di ayat tersebut di atas - bahwa energi angin itu untuk berlayar!

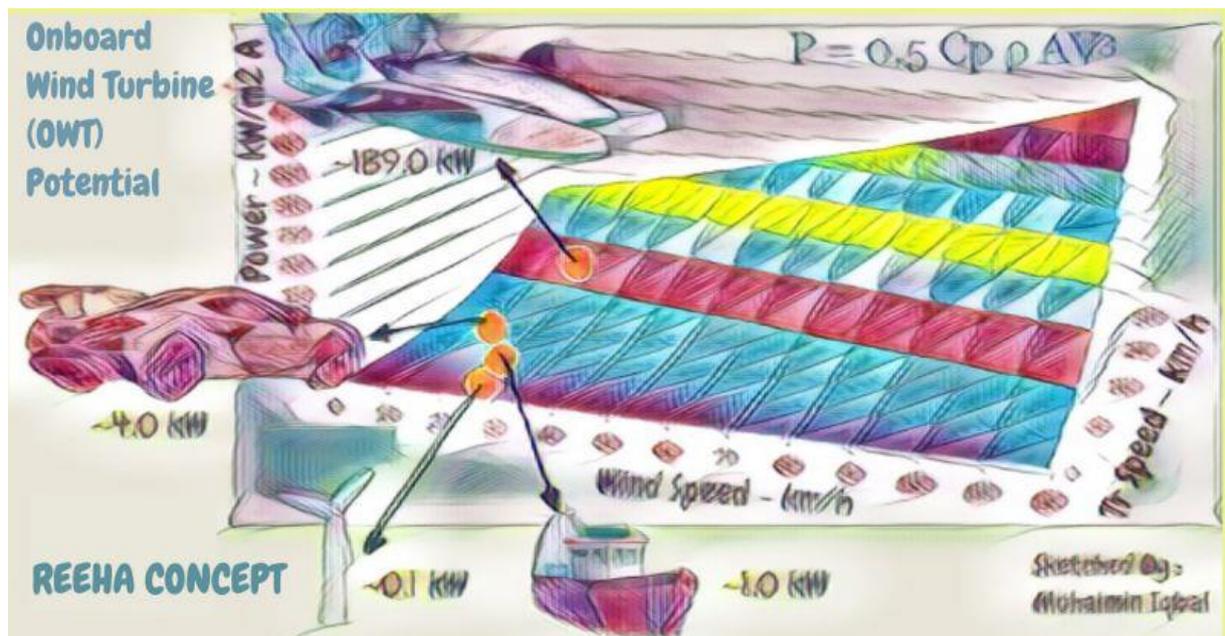
Tentu 'berlayarnya' yang bisa diaktualisasikan secara berbeda sesuai dengan zamannya masing-masing. Di zaman nenek moyang kita, para pelaut bisa berlayar kemana saja dengan kepandaianya mengendalikan kapal layar. Di zaman teknologi super canggih ini 'layar

'kapal' nya yang bisa berbeda, bisa jauh lebih efektif, dan meskipun 'kapal' kita menggunakan energi angin - pelayaran kita tidak harus mengikuti arah angin, melawan arah angin-pun tidak masalah.

Di sinilah dibutuhkan solusi teknologi yang sesuai zaman ini, layarnya yang harus canggih - bisa menangkap angin secara optimal dari manapun arahnya, dan pada saat bersamaan bisa men-decoupling arah kapal dari arah angin. Maka 'layar' yang kami kembangkan saat ini berupa kumpulan tabung venturi kecil-kecil yang sangat banyak yang kami sebut Venturi Cells (VC).

VC yang menyerupa sisik-sisik ikan ini yang bisa ditempatkan di bagian mana saja dari 'kapal' kita yang juga bisa berupa kendaraan apa saja, baik di darat, laut maupun udara. Sisik ikan tidak pernah menjadi penghambat perjalanan ikan di air - malah memperlancarnya, pun demikian fungsi VC ini - bisa menangkap angin secara optimal tetapi tidak mempengaruhi aerodynamics kendaraan kita - malah memperbaikinya.

Berdasarkan sketsa di bawah, kita bisa estimasikan energi yang bisa kita tambang dengan VC tersebut, dengan dua variable, yaitu kecepatan angin dan kecepatan 'kapal' kita berlayar. Karena energi yang dihasilkan adalah fungsi pangkat tiga dari kombinasi kedua kecepatan tersebut, maka di situlah pentingnya pemanfaatan angin ini untuk 'kapal yang berlayar'. Bisa dilihat masing-masing energi yang dihasilkan oleh 4 contoh aplikasi VC pada sketsa di bawah, semakin cepat 'kapal berlayar' akan semakin tinggi energi yang bisa ditambang.



23. Introducing Regenerative Fuels

Di dunia energi sudah dikenal istilah Regenerative Energy (RE) khususnya pada energi listrik. Seperti di mobil listrik ataupun juga kereta listrik, ketika mobil atau kereta dalam proses pengereman - putaran rodanya digunakan untuk menghasilkan kembali listrik - yang kemudian disimpan di baterai untuk mobil atau dikembalikan ke jaringan listrik melalui

pantographs untuk kereta.

Bagaimana dengan mobil internal combustion engine, kapal, boiler industri/komersial, pembangkit listrik tenaga diesel dlsb., apakah mungkin dihadirkan konsep yang sama, sehingga penggunaan bahan bakar seperti bensin, diesel, heating oil, industrial fuels, marine fuels dlsb. bisa menjadi sangat hemat ? InsyaAllah bisa.

Berbeda dengan listrik yang proses regenerasinya lebih mudah karena motor dan generator bisa berupa mesin yang sama yang tinggal dibalik fungsinya, proses menghadirkan Regenerative Fuels (RF) lebih rumit. Ketika bensin atau diesel dibakar, hasilnya adalah tenaga panas, gerak dan CO₂ - yang mana yang paling mungkin dikembalikan menjadi bensin atau diesel kembali? Pilihan kami ada di CO₂-nya.

CO₂ bisa kita tangkap dan diproses langsung menjadi bahan bakar baru yaitu syngas (CO dan H₂). Untuk ini dibutuhkan reaktor khusus untuk mereaksikan CO₂+C menjadi 2CO - yaitu unsur utama dari syngas. Untuk reaktannya kita butuh C yang bisa diambilkan dari arang biomassa apa saja.

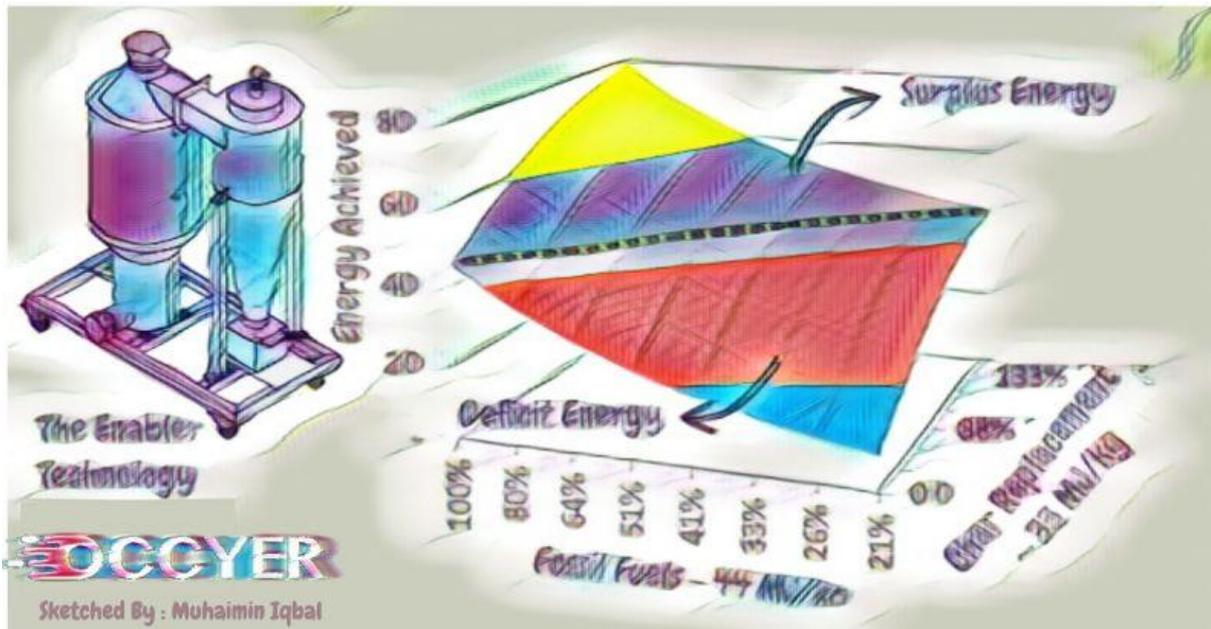
Syngas sudah bisa langsung digunakan untuk menggantikan bahan bakar bensin, diesel, marine fuel, industrial fuels dlsb. Namun ketika seluruh emisi CO₂ berhasil kita tangkap kembali, akan ada akumulasi carbon di system ini, nice problem to have - hanya kita perlu mensolusikan untuk apa akumulasi CO₂ tersebut?

CO₂ bisa 'diikat' dengan adsorbent yang murah dan mudah logistiknya seperti dengan arang aktif yang difungsionalisasi khusus. Gabungan dari adsorbent dan adsorbate-nya (CO₂) bisa digunakan sebagai penghasil syngas berikutnya.

Atau bila dikehendaki RF-nya benar-bener kembali seperti bahan bakar semula, yang dari bensin kembali ke bensin, yang dari diesel kembali ke diesel dst. Inipun bisa dilakukan, yaitu setelah CO₂ diproses menjadi syngas dengan OCCYER reactor, ditingkatkan kandungan H₂-nya melalui Water Gas Shift (WGS) Reactor, kemudian masuk Fischer-Tropsch Synthesis (FTS) Reactor, kemudian cracking dan distillation untuk menjadi bahan bakar persis seperti semula.

Karena panjangnya proses yang terakhir ini, kami lebih memilih menggunakan kombinasi proses yang pertama dan kedua, yaitu OCCYER reactor untuk menjadikan syngas langsung, dan CO₂ yang perlu disimpan untuk bahan baku syngas berikutnya cukup ditangkap dengan reaktan yang sesuai menggunakan teknologi FlueTrap yang juga sudah kami buat prototypenya.

Walhasil dengan RF ini kita bukan hanya akan menghemat energi secara sangat significant, tetapi juga akan secara otomatis menurunkan emisi CO₂ mendekati zero emission!



24. Regenerative Fuels for New Energy Security

Tanpa krisis perangpun energi tidak semakin tersedia dan terjangkau, apalagi sekarang hot-spot perang bermunculan dimana-mana. Belum selesai Ukraina, muncul Gaza dan kemudian Laut Merah. Maka saat ini setiap negara, daerah, institusi dan korporasi mutlak butuh segera meninjau kembali strategi ketahanan energinya, bukan hanya untuk menjamin ketersediaan dan keterjangkauannya - tetapi sedapat mungkin juga tetap sejalan dengan target net-zero emission-nya.

Kabar baiknya adalah potensi sumber ketahanan energi terbesar itu sangat bisa jadi sudah ada di pelupuk mata kita, jadi yang dibutuhkan tinggal membuka mata kita dan just think - maka kita akan bisa melihatnya dengan sangat jelas. Potensi baru yang sangat besar itu kami sebut Regenerative Fuels - seperti yang sudah saya perkenalkan kemarin di sini, <https://lnkd.in/gBFJ9ucm>

Unggahan yang ini berfungsi untuk bisa memperjelas, bagaimana institusi atau korporasi Anda bisa membangun ketahanan energi Anda sendiri - tidak harus menunggu kebijakan pemerintah setempat, karena umumnya kebijakan pemerintah tidak se-responsive masalah yang bisa tiba-tiba muncul kapan saja.

Teknologi kami yang paling siap saat ini adalah untuk mesin energi statis seperti genset dan boiler, emisi dari dua jenis mesin ini sudah bisa langsung ditangkap dengan dua mesin yang kami buat yaitu FlueTrap dan OCCYER reactor. FlueTrap berfungsi 'menangkap dan mengikat' emisi CO₂ dengan adsorbent, untuk bisa digunakan sebagai bahan bakar baru kapan saja.

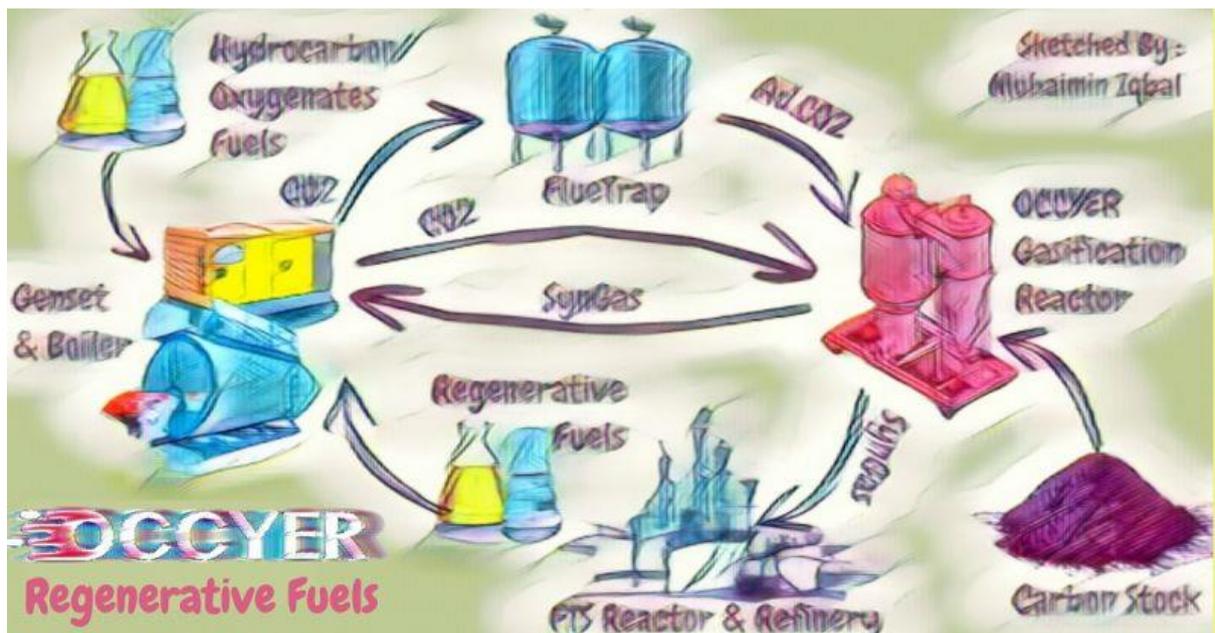
Sedangkan OCCYER reactor bisa langsung memproses emisi CO₂ dari genset ataupun boiler untuk menjadi syngas. Demikian pula CO₂ yang terikat pada adsorbent-nya keluaran dari

FlueTrap juga membutuhkan OCCYER reactor ini untuk merubahnya menjadi syngas. Syngas inilah contoh Regenerative Fuels yang paling sederhana dan mudah diproduksi, namun sudah bisa menjadi substitusi segala jenis bahan bakar.

Baik bahan bakar yang berupa hydrocarbon seperti diesel, bensin dan LPG, maupun yang berupa oxygenates seperti ethanol, methanol dan DME, semua limbah pembakarannya yang berupa CO2 bisa ditangkap dan digunakan kembali untuk resproduksi bahan bakar baru yang secara umum kami sebut Regenerative Fuels ini, dan syngas yang sama bisa digunakan langsung untuk menggantikan bahan bakar asalnya.

Cadangan carbon yang terkumpul dalam system yang kami sebut OCCYER (Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration) ini selalu dengan mudah bisa diproses menggunakan OCCYER reactor untuk menjadi syngas kembali. Bahkan bila dikehendaki syngas ini bisa juga diproses menjadi bahan bakar yang persis dengan yang semula melalui serangkaian Fisher-Tropsch Synthesis (FTS) reactor dan refinery-nya.

Waktunya sekarang membangun ketahanan energi untuk institusi atau korporasi Anda sendiri, sebagai bentuk antisipasi geopolitik global yang semakin tidak pasti. Sambil menghemat energi, juga menekan emisi. CO2 yang semula dianggap sumber masalah, kini justru menjadi sumber solusi!



25. Future Wind Power

Beberapa hari lalu saya mengunggah potensi tenaga angin, bila wind power plant-nya bergerak, (<https://lnkd.in/gd9fPfZP>), bisa dipasang pada kendaraan, kapal dan bahkan pesawat. Namun untuk ini tidak bisa menggunakan konsep wind turbine yang menghadang angin seperti wind turbine yang ada sekarang, karena akan mengganggu aerodinamika

kendaraan.

Sebagai gantinya, kecepatan angin ditangkap dengan apa yang kami sebut Venturi Cells - sejumlah besar tabung venturi yang bisa dipasang menghadap kedepan kendaraan - tetapi tanpa menghambat laju angin yang datang. Tekanan rendah di bagian tabung venturi yang menyempit inilah yang akan menyedot udara dan menghasilkan power dari turbine yang bisa ditaruh di bagian mana saja dari kendaraan - yang tidak mengganggu aerodinamika kendaraan.

Ini test perdana cara kerja Venturi Cells untuk dasar pengembangan selanjutnya.



https://www.linkedin.com/posts/igbalmuhaimin_future-wind-power-beberapa-hari-lalu-saya-activity-7152549619963465729--A59/?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

26. Regenerative Energy Philosophy

Setelah Sang Pencipta menciptakan bumi ini dalam dua hari, Dia kemudian menciptakan isinya dalam empat hari (QS 41:9-10). Maka dengan inilah segala kebutuhan penduduk bumi telah disediakanNya dengan sangat cukup, bila saja kita menggunakannya juga dengan petunjukNya.

PetunjukNya ini menyebar di firmanNya di Al-Qur'an dan juga kitab-kitab sebelumnya, tetapi juga ada pada ayat-ayatNya yang melekat pada setiap benda dan peristiwa (QS 3:190), atau bisa juga ada di keduanya - yaitu tertulis di kitabNya dan melekat pula pada bendanya.

Contoh yang ada di keduanya ini misalnya pada pohon, Dia banyak menyebutkan pohon dalam kitabNya. Pohon yang baik misalnya disebutkan karakternya memiliki akar yang kuat,

dahannya menjulang ke langit dan berbuah sepanjang waktu dengan ijinNya (QS 14: 24-25).

Dengan buah dari pohon dan tanaman inilah manusia seisi bumi, sejak Adam dan Hawa hanya berdua di bumi ini hingga 8 milyar penghuni bumi saat ini - semuanya tetap bisa makan. Dari buah yang kita makan inipun ada bijinya yang bisa tumbuh sebagai pohon baru, demikian pula dari biji-bijian lainnya - sebagian kita makan sebagian untuk menumbuhkan tanaman baru.

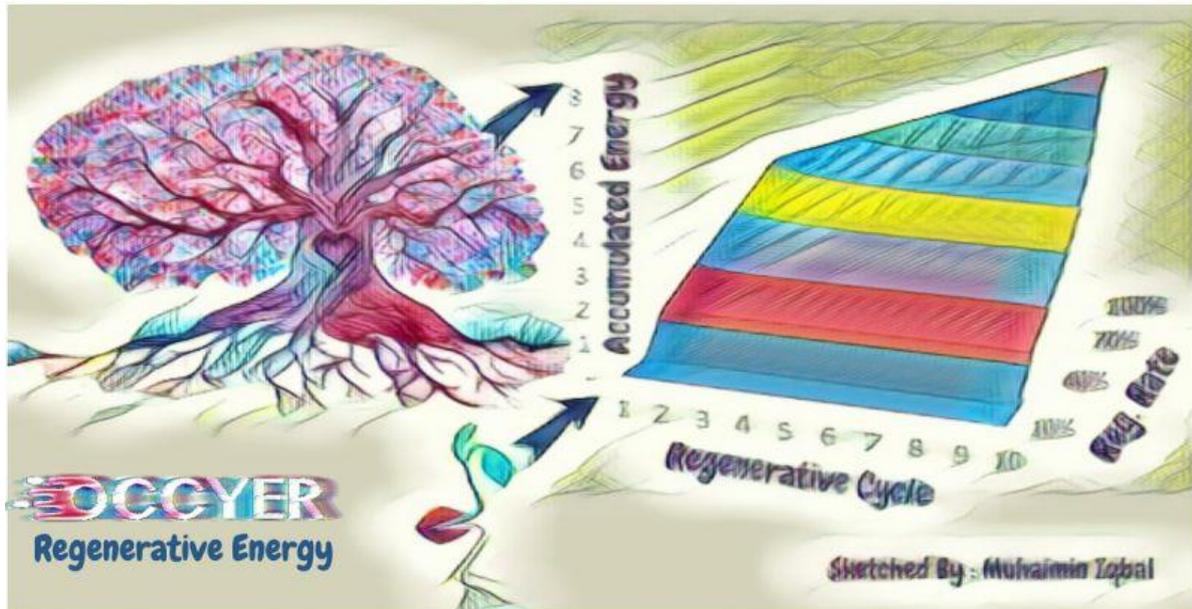
Proses tumbuhnya pohon atau tanaman baru ini disebut proses regenerasi, kata sifat yang melekat pada benda yang bisa tumbuh inilah yang disebut regeneratif. Maka ketika kita menggunakannya untuk konsep energi menjadi energi regeneratif artinya energi yang mampu tumbuh untuk selalu bisa mencukupi kebutuhan manusia yang memerlukannya.

Pengadaan energi yang sekarang sekali pakai, berapapun banyak sumbernya pasti akan habis karena kebuuhan manusia yang terakselerasi dengan cepat, baik kebutuhan per kapita-nya maupun kebutuhan akumulatif karena terus bertambah banyaknya penghuni bumi ini.

Bila pohon dan tanaman mengalami proses regenerasi dengan bijinya, dengan apa energi bisa selalu diregenerasi? Dengan unsur-unsurnya yang hanya berubah bentuk ketika energi dipakai, hukum kekekalan energi berbunyi energi tidak bisa diciptakan maupun dimusnahkan, dia hanya berubah bentuk.

Maka bila kita bisa mastering perubahan bentuk energi ini, kita akan selalu bisa 'menumbuhkan' kembali energi baru. Yang sudah kami kembangkan adalah ketika bahan bakar terbakar, limbahnya yang menghantui dunia adalah CO₂. Namun justru dari CO₂ inilah kita bisa 'tumbuhkan' energi baru itu. Ketika CO₂ direaksikan dengan C, dia akan menjadi 2CO, CO ini adalah komponen utama syngas - dan dialah 'bibit' baru energi - yang bisa tumbuh menjadi energi atau bahan bakar apa saja yang kita butuhkan.

Dengan konsep energi regeneratif inilah negara atau masyarakat yang sumber enrginya terbatas-pun akan selalu bisa mencukupi kebutuhannya, yang dibutuhkan tinggal 'menanam kembali' limbah CO₂-nya. Untuk ini memang dibutuhkan sejumlah teknologi, dan inipun sudah siap ada di kami dengan reaktor OCCYER, FlueTrap dlsb. yang semuanya sudah saya share dalam sejumlah unggahan sebelumnya.



27. CO2 Regenerative Energy (CO2RE)

Masalah terbesar peradaban ini sangat bisa jadi juga menjadi sumber solusinya. Masalah ini adalah emisi CO₂ yang menjadi penyebab pemanasan global, perubahan iklim hingga bencana demi bencana. Sedangkan solusinya yang juga berasal dari CO₂ itu sendiri adalah Regenerative Energy, maka solusi ini kami sebut CO₂RE, Regenerative Energy yang berasal dari CO₂.

Bahan bakar jenis apapun bisa dihasilkan dari CO₂ ini, tetapi ada proses awal yang menjadi kuncinya - yaitu merubah CO₂ menjadi CO dahulu, CO ini bersama H₂ adalah komponen utama pembentuk synthetic gas atau syngas. Prosesnya disebut gasifikasi, dan bisa langsung dilakukan di sumber emisi dengan reaktor yang kami sebut Onboard Carbon Cycles for Energy Regeneration (OCCYER). Bila dilakukan di tempat/waktu lain dari keluarnya emisi, maka emisi CO₂ harus ditangkap lebih dahulu menggunakan teknologi lainnya yang kami sebut FlueTrap.

Setelah menjadi syngas, dia adalah building blocks segala jenis bahan bakar, disamping itu syngas juga sudah berupa bahan bakar yang bisa langsung digunakan untuk substitusi diesel, bensin maupun LPG. Namun syngas juga bisa disusun kembali menjadi bahan bakar yang lebih kompleks, baik dari jenis oxygenates, yaitu bahan bakar yang mengandung oxygen seperti methanol, ethanol dan DME, bisa juga menjadi hydrocarbon seperti diesel, jet-fuel, bensin dan LPG, bahkan juga bisa menjadi bahan bakar yang bebas carbon yaitu hydrogen.

Proses dari syngas menjadi oxygenates kami sebut STX - Syngas to X, X-nya menjadi M bila produk yang dikehendaki adalah methanol, menjadi E bila yang dikehendaki Ethanol dan D bila yang dikehendaki adalah DME.

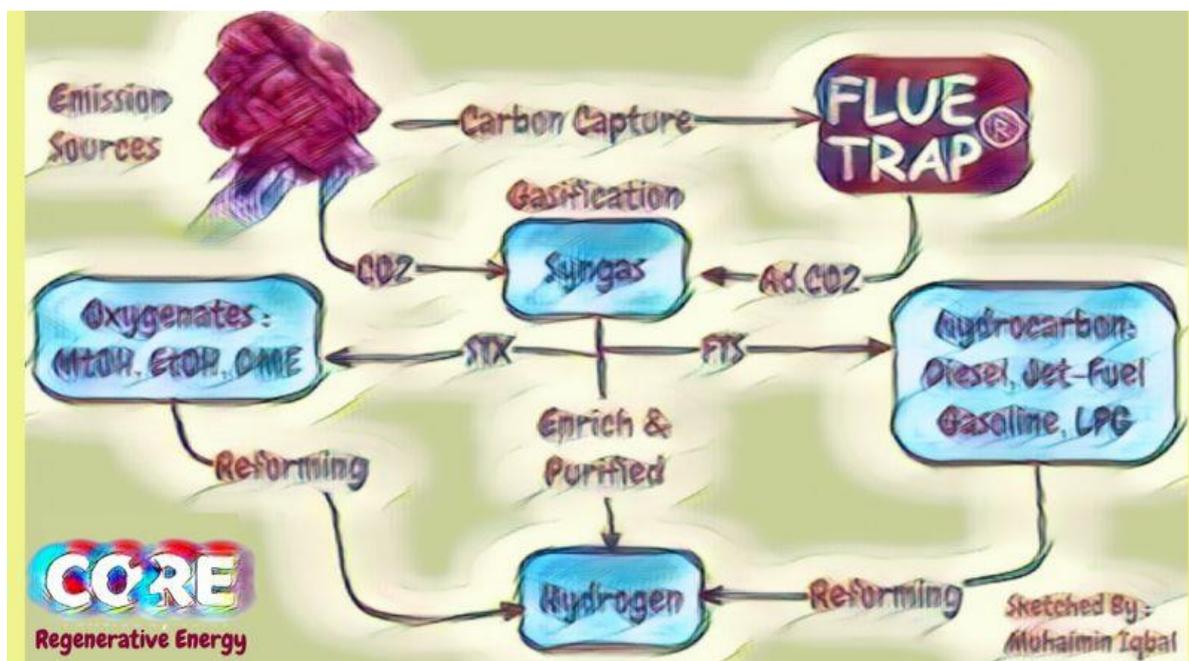
Sedang dari syngas menjadi hydrocarbon rute yang paling memungkinkan adalah melalui

jalur Fischer-Tropsch Synthesis (FTS). Dengan pengaturan katalis, suhu dan residence time yang sesuai, FTS reactor bisa diarahkan untuk memproduksi diesel, jet-fuel, bensin dan LPG.

Lebih jauh dari syngas juga bisa diproses menjadi bahan bakar yang paling bersih yang menjadi idola dunia, yaitu hydrogen. Hydrogen bisa diperoleh melalui setidaknya tiga cara dari syngas. Cara yang pertama adalah syngas yang kaya CO dan miskin H₂, diperkaya dahulu hydrogennya dengan mengorbankan CO melalui proses yang disebut Water Gas Shift (WGS), setelah menjadi syngas yang kaya H₂ baru dimurnikan dari unsur-unsur lainnya.

Hydrogen juga bisa diperoleh melalui jalan reforming baik dari jenis bahan bakar oxygenates maupun dari bahan bakar hydrocarbon. Meskipun jalan ini adalah jalan melingkar, namun bisa lebih menguntungkan karena logistik oxygenates maupun hydrocarbon jauh lebih murah ketimbang langsung hydrogen yang butuh tekanan sangat tinggi atau suhu sangat rendah untuk logistiknya.

CO₂RE ini teknologinya relatif matang, yang baru hanya teknologi kunci yang saya sebut OCCYER dan FlueTrap di atas, selebihnya reaktor-reaktor yang lain sudah banyak yang membuatnya. Sungguh bersama kesulitan itu ada kemudahan!



28. Night in the Remote

Hingga kini diesel masih menjadi andalan utama untuk berbagai kebutuhan energi di pulau-pulau dan daerah terpencil. Masalahnya diesel ini adalah bahan bakar yang paling mahal untuk memproduksi listrik, hitungan saya biaya produksi listrik dari diesel ini bisa 5-7 kali dari harga jual listrik - tergantung dari seberapa jauh dan seberapa sulit daerah yang membutuhkannya.

Sumber energi lain seperti matahari sulit diandalkan untuk daerah yang banyak memiliki awan, sedangkan angin dan geothermal tidak selalu tersedia di daerah yang membutuhkannya. Demikian pula energi tidal dari pasang-surut air laut harusnya melimpah di negeri kepulauan yang hampir 3/4 wilayahnya laut ini, namun belum juga siap dimanfaatkan. Lantas apa solusinya?

Yang paling mungkin adalah menggunakan regenerative energy, yaitu energy yang 'ditumbuhkan kembali' dari bahan bakar apapun yang sudah digunakan di daerah atau pulau tersebut. Kalau mesin pembangkit listrik yang ada adalah diesel genset misalnya, maka yang paling masuk akal ya memanfaatkan infrastruktur yang ada ini, hanya saja emisi dari pembakaran diesel-nya yang ditangkap sepenuhnya dan digasifikasi.

Setelah menjadi syngas, bahan bakar baru berupa syngas inilah yang selanjutnya dipakai oleh diesel genset yang ada. Bila seluruh emisi CO₂ bisa direcovery dan dikonversi menjadi syngas kembali, kebutuhan bahan bakar dari luar berupa diesel akan turun drastis, akumulasi carbon yang siap menjadi bahan bakar akan terus meningkat dari waktu ke waktu seiring ditambahnya diesel dan carbon dari arang biomassa setempat, artinya lama kelamaan daerah ini akan surplus energi - bisa menambah genset baru bila dibutuhkan.

Inilah konsep regenerative energy itu, dia tidak habis sekali dipakai tetapi dia bisa 'ditanam' kembali menjadi bahan bakar untuk kebutuhan energy berikutnya. CO₂ tidak terbang ke angkasa mencemari atmosfer bumi, tetapi dia dikonversi menjadi syngas - yaitu energi siap pakai yang murah, karena bahan bakunya dari emisi kita sendiri.

Regenerative energy berupa syngas ini tidak hanya untuk diesel genset, bisa juga untuk diesel yang digunakan untuk kapal-kapal nelayan maupun kapal transportasi, sehingga pulau yang paling terpencil-pun akan selalu bisa menumbuhkan ekonominya sendiri..

Ribuan pulau yang masih gelap di malam hari atau yang masih byar-pet listriknya karena supply diesel ke pulau mudah sekali terganggu karena faktor alam oleh musim ombak, atau faktor ekonomi karena mahal sekali untuk mendatangkan bahan bakar diesel ke pulau-pulau ini, insyaallah akan segera menjadi keindahan baru di alam hari - ketika energi yang bersih tersedia secara murah dan melimpah.

Sketsa yang saya buat di bawah ini saya beri nama 'Night in the Remote', dia adalah salah satu pulau yang saat ini masih nampak gelap di malam hari, namun dia akan segera menjadi keindahan baru di malam hari, manakala energi bisa kita hadirkan secara cukup ke pulau ini, dan untuk inilah kehadiran regenerative energy dibutuhkan.



29. Regenerative Hydrocarbon

Hingga beberapa dasawarsa mendatang, kendaraan internal combustion engine (ICE) baik yang berbahan bakar diesel maupun bensin masih akan mendominasi jalan raya- jalan raya dunia. Kecuali bahan bakar untuk ICE ini diganti sepenuhnya dengan yang carbon-neutral seperti advanced biofuels, maka kota-kota dunia masih akan dipenuhi emisi carbon dari transportasi ini.

Masalahnya advanced biofuels seperti yang dicanangkan Uni Eropa dalam Renewable Energy Directive II (RED II), di Eropa sendiri berjalan lambat, apalagi di belahan dunia lainnya nyaris belum dikenal. Lantas apa yang bisa dilakukan untuk mempercepat penurunan emisi dari sektor transportasi ini?

Konsep yang kami usung adalah mengganti bahan bakar mesin-mesin ICE dengan bahan bakar yang persis sama dengan yang digunakan sekarang, yang mesin bensin tetap menggunakan bensin, yang diesel tetap menggunakan bahan bakar diesel. Hanya saja bensin dan dieselnnya atau secara umum kita sebut bahan bakar hydrocarbon, adalah hasil proses regenerati dari emisi CO₂ - dari sumber emisi apa saja.

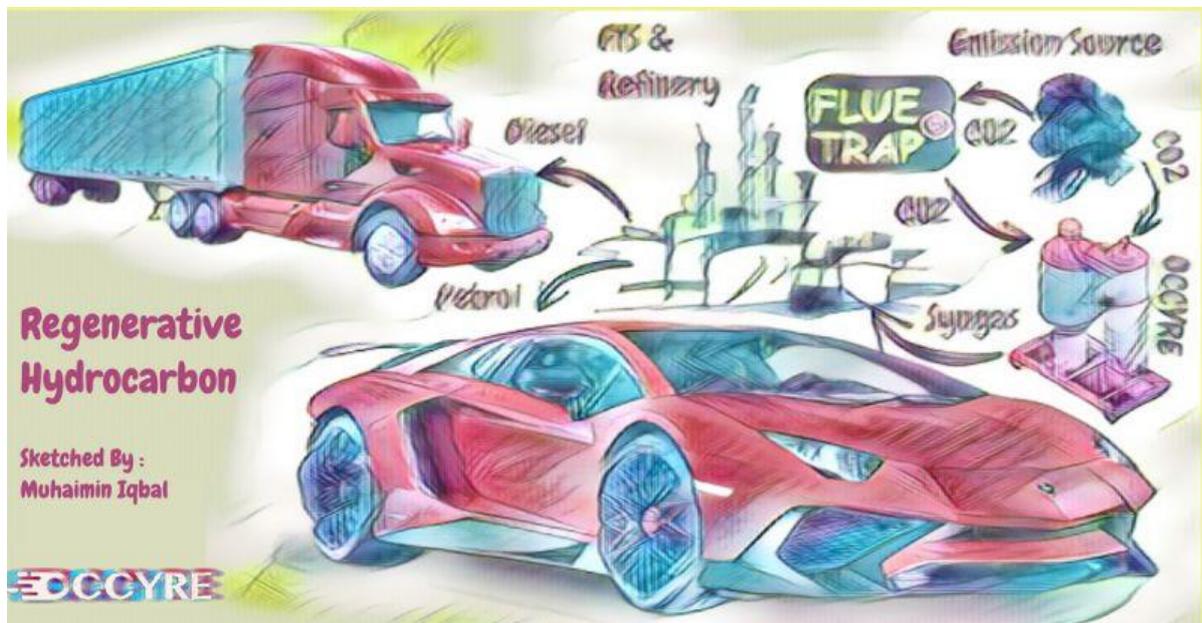
Dengan demikian setiap kali kendaraan ICE mengeluarkan emisi CO₂, sejumlah CO₂ yang sama - meskipun di tempat lain dan dari sumber emisi CO₂ yang lain, diproses kembali menjadi bahan bakar regenerative hydrocarbon ini. Apa manfaatnya dengan melakukan ini?

Semua kendaraan ICE yang menggunakan reenerative hydrocarbon dari CO₂ otomatis akan menjadi carbon-neutral, karena dia tidak mengeluarkan CO₂ baru, dia hanya memutar CO₂ yang sudah ada. Dunia tidak perlu repot-repot mencari bahan bakar baru, karena sumber emisi CO₂ ini sangat banyak , ada di cerobong asap pabrik-pabrik, pembangkit listrik, gedung dan area komersial, bahkan juga dari kapal laut hingga kapal terbang.

Infrastruktur pabrik-pabrik, suku cadang dan kendaraan-kendaraan ICE sendiri yang telah exist selama lebih dari satu abad, tetap bisa dipakai semua dan tidak perlu mengkhawatirkan emisi kendaraan ICE lagi - selama dia menggunakan regenerative hydrocarbon tersebut. Betapa banyak dunia - khususnya industri otomotif bisa berhemat dengan ini.

Adapun proses produksi regenerative hydrocarbon sendiri teknologinya juga sudah relatif matang. Dengan kombinasi teknologi FlueTrap dan Onboard Carbon Cycles Regenerative Energy (OCCYRE) reaktor yang kami kembangkan, semua emisi CO₂ bisa dirubah menjadi syngas (CO dan H₂). Syngas ini bisa langsung di proses di Fischer-Tropsch Synteheis (FTS) reactor beserta cracking dan refinery-nya untuk menjadi diesel, bensin, jet-fuel, LPG dan segala bentuk produk turunannya.

Regenerative hydrocarbon ini bahkan bisa diproduksi dalam skala kecil, sehingga akses terhadap bahan bakar yang carbon-neutral ini bisa segera dihadirkan di belahan manapun di dunia yang sudah membutuhkannya. InyaAllah.



30. Start Where People Stop

Fenomena kolosal berupa pemanasan global, perubahan iklim dan musibah demi musibah yang ditimbulkan oleh terus meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer bumi, tidak terlepas dari habit penghuni bumi ini secara keseluruhan. Kita terus menerus membakar bahan bakar dan berhenti di situ.

Apa yang terjadi ketika bahan bakar dibakar? setidaknya dia berubah menjadi tiga bentuk, pertama adalah menjadi tenaga atau listrik, kedua menjadi limbah panas dan ketiga menjadi emisi. Yang menjadi tenaga atau listrik, ini yang kita manfaatkan untuk menjalankan

kendaraan kita, menerangi rumah kita dlsb. Tetapi porsi energi yang kita manfaatkan ini hanya dalam kisaran 25% untuk Internal Combustion Engine, hingga 40% untuk turbine generator.

Yang kedua menjadi limbah panas, belum banyak yang dimanfaatkan - namun sudah banyak tersedia teknologi untuk bisa memanfaatkan limbah panas ini. Kalau toh limbah panas ini tidak dimanfaatkan, dampaknya hanya bersifat lokal - yaitu pemanasan di lokasi pembakaran, atau kota dimana pembakaran tersebut berada, seperti Urban Heat Island (UHI) effect yang sudah pernah saya unggah sebelumnya.

Yang ketiga ini yang menjadi masalah global saat ini, yaitu emisi gas buang yang mayoritas content-nya adalah CO2. Karena CO2 ini tidak kasat mata, pabrik-pabrik dan pembangkit listrik, juga kendaraan kita sendiri setiap hari membanjiri atmosfer bumi dengan gas buang ini - tanpa membuat kita merasa bersalah.

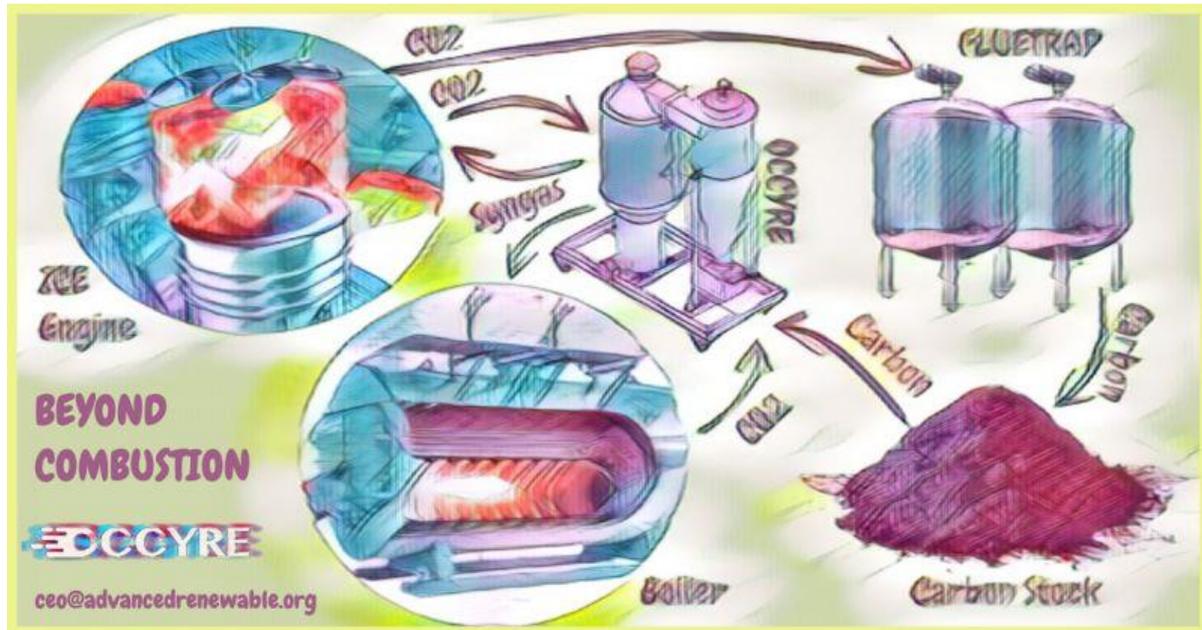
Peraturan bisa saja ditegakkan di satu negara untuk menekan emisi gas buang ini, namun bila ada sebagian kecil saja negara di dunia yang tidak peduli - maka konsentrasi CO2 di atmosfer bumi masih akan terus meningkat. Masalahnya CO2 ini tidak perlu kewarganegaraan, dia tidak perlu passport untuk menyebrang dari satu negara ke negara lain hingga memenuhi seluruh atmosfer bumi. Cukuplah satu atau dua negara tidak disiplin dalam menekan emisinya, sudah akan merusak efforts seluruh negara yang disiplin menekan emisinya.

Maka disinialh konsep regenerative energy yang kami usung, kita bisa mulai dari tempat orang berhenti. Yaitu ketika orang hanya berhenti pada pembakaran, maka limbah pembakaran yang mayoritas berupa CO2-nya yang kami pungut untuk diproses menjadi energi kembali.

Dua manfaat sekaligus dari konsep regenerative energy ini, pertama emisi CO2 dunia akan drop secara otomatis karena sebanyak mungkin akan kita tangkap, kedua akan ada sumber energi baru terus menerus yang bisa 'ditumbuhkan' dari 'benih' berupa CO2 ini.

Bagaimana kalau ada negara atau pihak yang tidak mau melakukannya? mereka akan rugi sendiri, satu atau dua negara atau pihak menerapkan dahulu - dia akan menjadi sangat kompetitif karena biaya energinya yang akan menjadi sangat murah, negara atau pihak lain yang tidak mengikutinya akan kehilangan daya saingnya.

Untuk ini hanya dibutuhkan satu langkah, yaitu langkah yang berawal dari tempat orang berhenti, di situ kita memulai langkah kita!



31. Mandiri Dengan Regenerative Energy

Kalau kita punya satu pohon buah saja di depan rumah, buah tersebut bisa memberi kita hasil lebih dari yang kita butuhkan sendiri. Pohon buah bisa melakukan ini karena dia memiliki kemampuan regeneratif, kemampuan untuk tumbuh atau tumbuh kembali.

Bila kebutuhan utama kita yang satu ini , yaitu food - terjaga kecukupannya di dunia hingga akhir zaman melalui kemampuan regeneratif-nya, mengapa tidak dengan kebutuhan yang satu lagi yaitu energi? Maka demikianlah bila kita sematkan sifat regeneratif ini pada energi, menjadi regenerative energy, kecukupan energi inipun akan terjaga hingga akhir zaman.

Untuk bisa menanam pohon awalnya kita membeli bibit pohon. Demikian pula energi, awalnya masyarakat tetap perlu membeli bibit energi ini - yaitu bahan bakar konvensional seperti yang kita pakai sekarang. Bisa berupa bensin, diesel, LPG dan bahkan juga batubara.

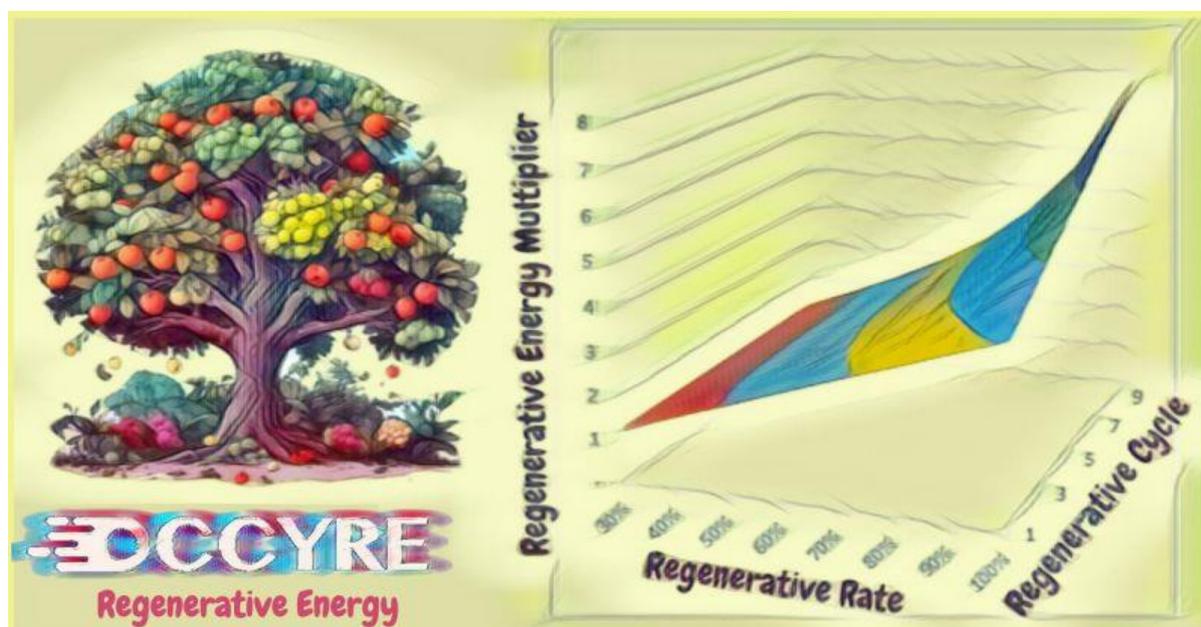
Setelah bahan bakar dibakar dengan mesin-mesin yang ada, bisa mesin internal Combustion Engine (ICE) seperti mesin bensin dan diesel, bisa berupa boiler dlsb, emisi gas buangnya akan berisi CO2 yang sangat banyak. CO2 inilah yang kita tangkap dengan unsur C lainnya, untuk menjalani proses 'pembibitan energi' melalui Boudouard reaction, yaitu $C + CO_2 \Rightarrow 2 CO$. Yang terakhir (CO) inilah bibit energi yang kita butuhkan.

CO yang merupakan unsur utama syngas bisa langsung untuk substitusi bahan bakar mesin-mesin ICE, boiler dan tungku apa saja, tetapi juga bisa diproses lebih lanjut untuk menghasilkan aneka macam bahan bakar modern. Bisa untuk menghasilkan oxygenates seperti methanol, ethanol dan DME, bisa menghasilkan hydrocarbons seperti bensin, diesel, jet-fuel dan LPG, dan bahkan juga menghasilkan carbon-free energy seperti hydrogen.

Dari sketsa di bawah, perhatikan komparasinya bahwa energi bisa tumbuh seperti pohon. Seberapa besar pohon bisa tumbuh adalah seberapa besar nutrisi tanahnya dan akses terhadap sinar matahari. Seberapa besar regenerative energy bisa kita hasilkan? tergantung seberapa tingkat keberhasilan kita menambangnya (Regenerative Rate), dan seberapa cepat putaran atau siklus penambangannya.

Bila kita punya 'bibit' berupa 1 liter diesel yang mengandung energi sekitar 38 MJ atau sekitar 10kWh, dengan efisiensi konversi listrik 30% hanya akan menghasilkan 3 kWh listrik, karena hanya digunakan seperti cara saat ini, yaitu hanya sekali dibakar dan selesai.

Namun bila emisi CO₂-nya kita tangkap dan kita 'tanam' kembali menjadi regenerative energy, asumsi keberhasilannya 80% dan kita ulang sampai 7 kali siklus saja, maka hasil kumulatif-nya akan setara 4 liter diesel atau 40 kWh, dengan asumsi konversi listriknya sama 30 %, maka setelah 7 kali penangkapan saja dari 1 liter 'bibit' yang sama bisa kita hasilkan 12 kWh listrik. Tanpa subsidi-pun listrik akan menjadi murah, dan disitulah kemandirian energi kita akan terbangun!



32. Renewable dan Regenerative Energy, Apa Bedanya?

Dalam sejumlah unggahan sebelumnya, saya share tentang konsep Regenerative Energy - yang kini teknologinya sudah relatif siap untuk diimplementasikan. Sementara itu yang dibicarakan dunia saat ini masih terbatas pada Renewable Energy. Apa beda keduanya? Saya ambilkan contoh Renewable Fuels dan Regenerative Fuels (RF) untuk menjelaskannya.

Renewable fuels atau lebih specific yang terbaru di RED II Uni Eropa disebut Advanced Biofuels (AB), melibatkan penyerapan CO₂ dalam jangka panjang, untuk proses tumbuhnya tanaman, dan dari biomassa - limbah tanaman inilah diproduksi AB tersebut.

Karena prosesnya berlangsung lama bisa bertahun-tahun (poin 3 di sketsa), maka produksi AB ini jauh lebih sedikit dari yang dibutuhkan dunia saat ini. Bahkan ketika penduduk dunia masih sedikit, dan bahan bakar yang digunakan sudah biofuels (kayu bakar), Inggris sudah mengalami krisis energi di abad 16. Ketika itu hutan-hutan mereka nyaris habis dibabat untuk kayu bakarnya. Walaupun hadirnya renewable energy seperti AB tersebut perlu, namun tidak akan bisa mencukupi pertumbuhan kebutuhan energi dunia.

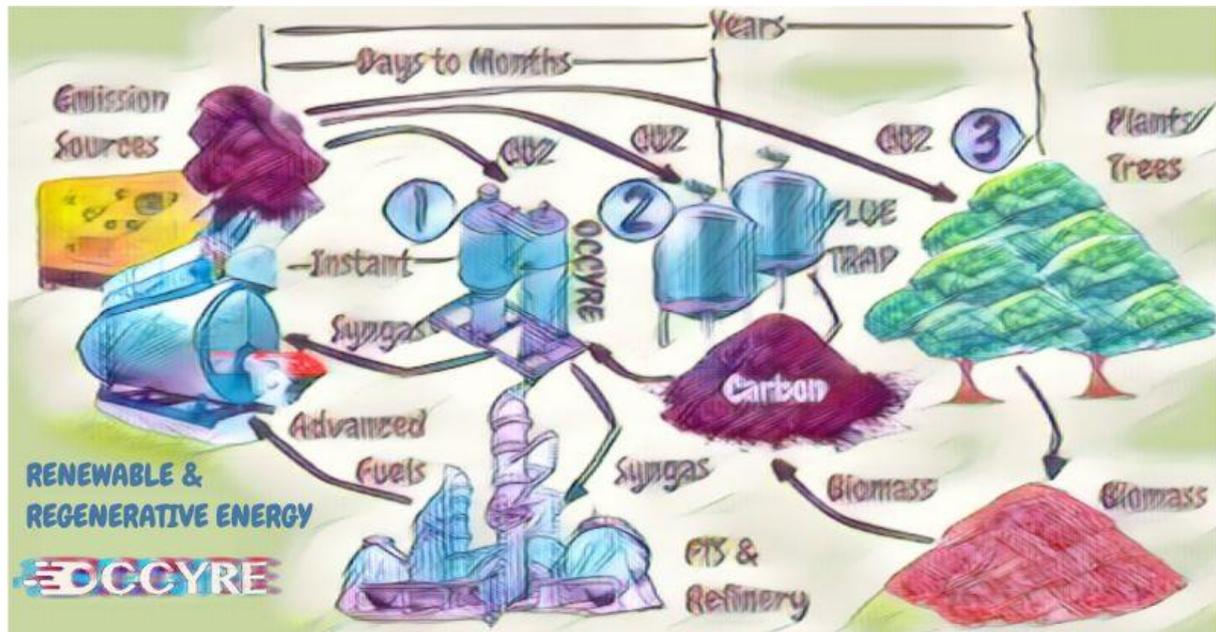
Itulah mengapa kita usung konsep regenerative energy ini, yaitu energy baru yang diproduksi dari penggunaan energy sebelumnya. Ketika bahan bakar dibakar, hanya 25% hingga 40% yang rata-rata sudah kita manfaatkan, sisanya menjadi limbah panas dan emisi CO₂. Produksi energy dari limbah panas sudah saya share sebelumnya.

Maka untuk regenerative energy khususnya RF, kami fokuskan mengolah emisi CO₂ menjadi bahan bakar baru, yaitu RF tersebut. Prosesnya bisa sangat cepat atau instant, yaitu ketika CO₂ kita tangkap dan langsung kita konversikan menjadi energy baru kembali melalui Boudouard reaction, menjadi CO ($C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO$). CO ini adalah unsur utama syngas yang bisa langsung digunakan untuk substitusi segala jenis bahan bakar yang digunakan semula (poin 1).

Namun siklus yang instant ini juga ada batasannya, yaitu akan ada akumulasi carbon - baik dari sedikit bahan bakar yang masih terus digunakan, juga dari carbon yang digunakan sebagai reactant pada Boudouard reaction tersebut di atas. Maka proses ini juga kita dampingi dengan penangkapan CO₂ dengan adsorbent, agar CO₂ yang ditangkap juga bisa disimpan untuk kebutuhan bahan bakar di waktu/tempat lain (point 2).

Siklus CO₂ di point 2 juga berjalan cepat - dalam hitungan hari atau bulan dari sejak penangkapan CO₂ hingga menjadi bahan bakar baru. Point 1 dan 2 di sketsa adalah RF, sedangkan poin 3 adalah untuk AB. RF tidak terbatas pada CO, tetapi bisa digunakan untuk segala jenis bahan bakar yang kita butuhkan saat ini melalui proses Fischer-Tropsch Synthesis (FTS).

Bila AB mengandalkan proses fotosintesa tanaman untuk siklus CO₂-nya, di RF siklus ini kita percepat dengan dua teknologi utama, yaitu Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy (OCCYRE) reactor, dan FlueTrap reactor. OCCYRE dan FlueTrap inilah dua enabler untuk hadirnya Regenerative Energy.



33. In Search of the Rare

Seiring dengan perburuan energi baru, produksi dan penyimpanannya yang semakin efektif, unsur-unsur tanah jarang atau Rare Earth Elements (REE) juga semakin dibutuhkan. REE ini adalah unsur-unsur kimia yang umumnya ada di tabel periodik baris kedua dari bawah, dari Lanthanum (La) hingga Lutetium (Lu). Lantas untuk apa REE ini?

Hampir semua produksi dan penyimpanan energi baru membutuhkannya. Misalnya untuk yang produksinya menggunakan katalis, maka yang terbaiknya ada di REE ini yaitu La dan Ce (Cerium). Untuk penyimpanan energi dengan baterai, diantara yang terbaiknya juga La. Kemudian bila kita butuh magnet yang sangat kuat untuk motor atau generator listrik yang sangat efektif misalnya, kita butuh Dysprosium (Dy) atau Holmium (Ho).

Masalahnya adalah sebagaimana namanya Rare Earth Elements, unsur-unsur tersebut menyebar di permukaan bumi dengan konsentrasi yang sangat rendah. Teknologi ekstraksi yang paling banyak digunakan saat ini melibatkan energi tinggi dan chemical solvent yang tidak ramah lingkungan. Karenanya beberapa negara maju-pun enggan memproduksinya dan dilempar ke negeri-negeri yang mau memproduksinya - lengkap dengan konsekuensi dampaknya.

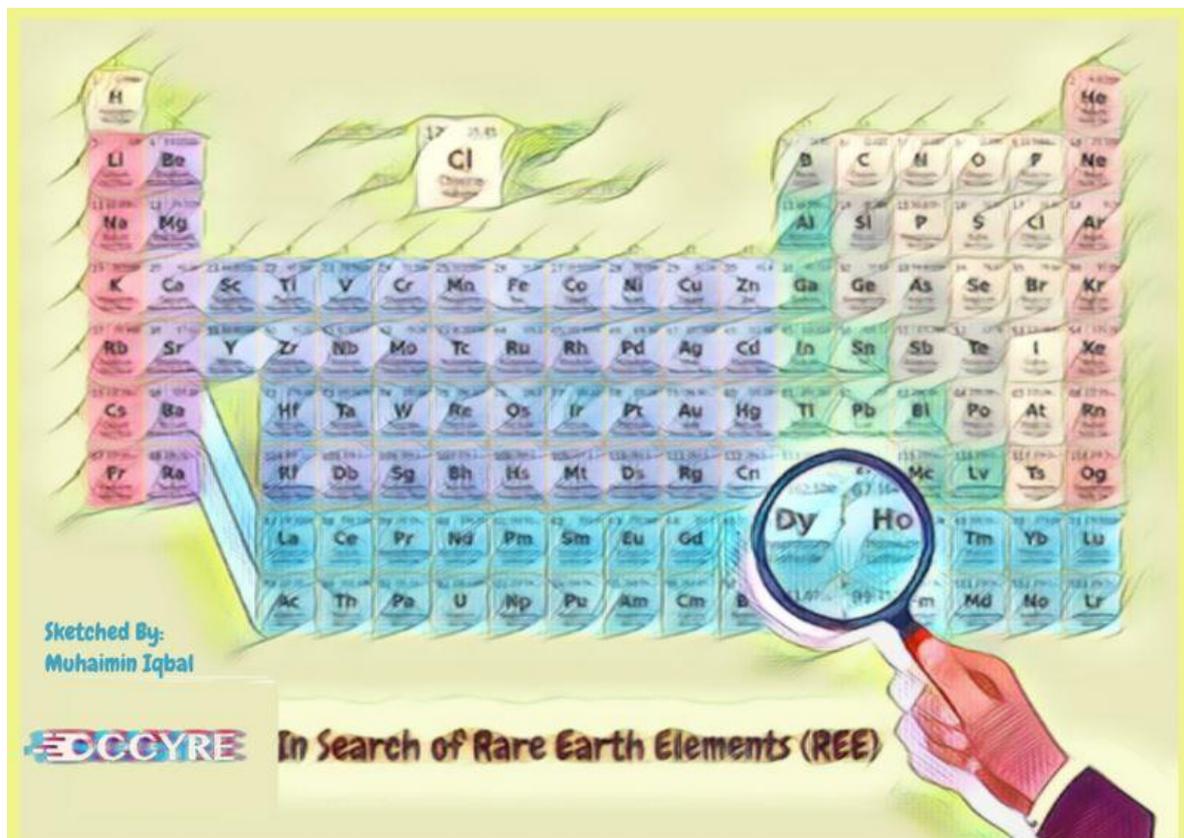
Kabar baiknya adalah, kini para ilmuwan - termasuk yang berada dalam ecosystem Advanced Renewable Organization (ARO) - tengah mendalami cara baru untuk berburu REE ini, yang lebih hemat energi, hemat biaya dan juga ramah lingkungan. Teknik yang kami dalami adalah biosorpsi yang melibatkan microorganism baik dari golongan bakteri tertentu ataupun microalgae spesies tertentu.

Di negeri ring of fire - negeri yang dikelilingi gunung berapi ini, sumber-sumber REE kita sesungguhnya sangat banyak, meskipun konsentrasinya tetap sangat rendah, namun kalau

kita berhasil menambangnya dengan cara yang efektif, low cost dan ramah lingkungan, sangat bisa jadi negeri ini menjadi produsen REE yang sangat besar kedepan, sebagaimana negeri ini sudah terkenal sebagai penghasil utama emas, tempaga, timah dan nikel.

Meskipun operasiya akan bisa murah, biosorption yang akan melibatkan pasukan microorganism tersebut membutuhkan riset yang mahal dengan laboratorium-laboratorium yang canggih. Karena setelah kita memperoleh spesies bakteri ataupun microalgae yang paling sesuai sekalipun, sama dengan manusia - dia tidak akan langsung bisa bekerja menjalankan tugasnya seperti yang kita kehendaki.

Perlu banyak sekali perlakuan dan pemuliaan sampai pasukan microorganism tersebut siap menjadi 'pekerja tambang' yang produktif untuk menambang REE yang langka dan mahal - tetapi sangat dibutuhkan di era transisi energi tersebut. Maka para peneliti, para kandidat doktor yang menekuni bidang ini di dalam maupun luar negeri - terutama yang memiliki akses terhadap laboratorium canggih yang dibutuhkan, dapat bergabung dengan ecosystem Advanced Renewable Organization (ARO) yang tengah menyiapkan industri tambang masa depan ini.



34. Waste of Waste Regenerative Electricity – WoWRE

Energi kedepan mestinya tidak semakin mahal dan semakin kotor, tetapi sebaliknya bisa menjadi semakin murah dan semakin bersih. Kuncinya ada di konsep regeneratif, energi

yang bisa tumbuh dan beranak pinak. Ini juga sejalan dengan hukum kekekalan energi yang sudah dikenal sejak kita di bangku sekolah menengah.

Bahwa dalam satu sistem yang terisolasi, energi tidak bisa diciptakan dan tidak bisa dimusnahkan, dia hanya berubah bentuk. Maka kalau kita mastering perubahan bentuk ini - kita akan bisa me-regenerasi energi tersebut. Ketika bahan bakar kita bakar, selain menjadi tenaga atau listrik, dia juga menjadi panas, dan menyisakan CO₂.

CO₂ ini adalah carbon yang teroksidasi penuh sehingga tidak bisa dibakar kembali, tetapi bila kita bisa mengurai CO₂ menjadi C dan O₂ (melalui elektrolisa), atau menjadi 2 CO setelah ditambah unsur C (melalui Boudouard reaction), maka CO₂ yang semula tidak lagi berenergi, akan menjadi C yang mengandung energi sekitar 30 MJ/kg, atau menjadi CO yang mengandung energi sekitar 10.5 MJ/ kg.

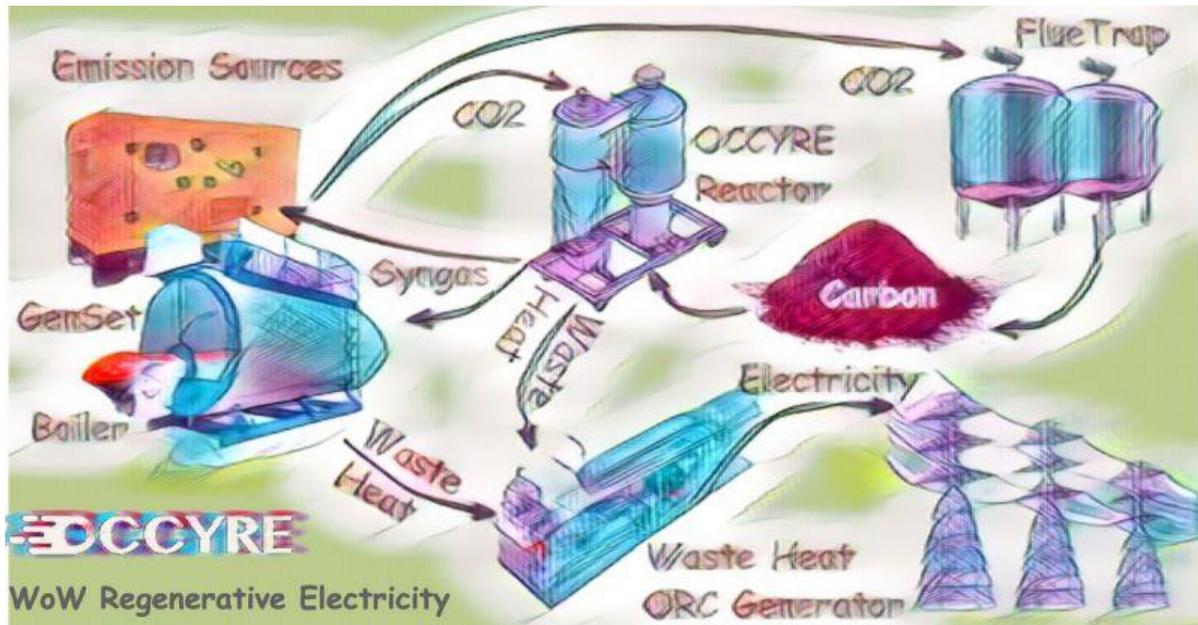
Setelah jadi C atau CO ini, berbagai bentuk bahan bakar baru bisa dihasilkan, dan sudah saya share sebelumnya antara lain melalui unggahan ini : <https://lnkd.in/g2JH-QEh> .

Bagaimana kalau yang kita butuhkan bukan bahan bakar tetapi listrik? Tidak masalah juga, bahkan listrik seharusnya lebih murah lagi, karena dihasilkan dari Waste of Waste (WoW). Ketika kita mereaksikan CO₂ dan C untuk menjadi CO misalnya, reaksi ini butuh suhu tinggi minimal 800 derajat Celsius, dari mana energinya? bisa dari C yang kita tambang dari CO₂ melalui proses elektrolisa tersebut di atas, atau C dari limbah biomassa - dari mana saja asalnya C ini intinya adalah limbah.

Ketika C limbah kita bakar untuk menghasilkan suhu tinggi tersebut, dia juga menghasilkan limbah baru - yaitu antara lain limbah panas, inilah yang kita sebut WoW. Dari limbah panas ini untuk menjadi listrik sudah banyak teknologinya di pasar, bisa menggunakan Thermo Electric Generator (TEG), Stirling Engine, Micro Gas Turbine ataupun Organic Rankine Cycle (ORC) Turbine.

Pertanyaan berikutnya adalah dari mana C yang kami jadikan dasar untuk konsep Regenerative Energy ini bisa beranak pinak makin lama makin banyak? Ada tiga sumber C ini, pertama adalah C hasil regeneratif dari CO₂ yang ditangkap dan dielektrolisa atau dikonversi menjadi CO dalam Boudouard reaction, kedua C dari hydrocarbon yang meskipun sangat sedikit tetap digunakan sebagai bahan bakar pendamping di mesin energi yang kita gunakan, dan ketiga C dari arang yang digunakan sebagai reactant dalam Boudouard reaction di reaktor OCCYRE.

Dari sumber C yang kedua dan ketiga inilah dari waktu ke waktu system Regenerative Energy ini akan menambah stok energi dalam bentuk C atau CO. Dan dari sinilah energi akan semakin bersih - karena tidak ada CO₂ yang dilepas ke atmosfer bumi, dan lebih murah karena semakin sedikit bahan bakar baru yang dibutuhkan.



35. Regenerative Gas Turbine (RGT) for Distributed Power

Kebutuhan energi listrik yang tumbuh masif seiring dengan perkembangan teknologi, akan membutuhkan solusi yang berbeda dari yang sudah ada sekarang. Masyarakat di daerah atau pulau terpencil-pun sangat membutuhkan supply listrik yang ada setiap saat, pun demikian masyarakat perkotaan yang mulai ramai menggunakan kendaraan listrik - butuh stasiun pengisian kendaraan listrik umum (SPKLU) yang lebih cepat menyebar.

Selain itu masyarakat modern juga sangat eager untuk dapat segera menggunakan energi bersih, sementara rata-rata penyedia listrik di dunia baru akan mencapai Net Zero Emission antara tahun 2050 hingga 2070.

Maka yang dibutuhkan adalah unit-unit kecil pembangkit listrik yang mudah dihadirkan dimana saja kapan saja, atau yang dikenal dengan distributed power generation. Hanya saja, unit pembangkit listrik skala kecil yang umumnya dipakai saat ini membutuhkan bahan bakar fosil khususnya diesel, sehingga selain biaya produksi listriknya yang mahal, juga emisi CO₂-nya yang tinggi.

Keberadaan ribuan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) di negeri 17,500 Pulau ini adalah suatu keterpaksaan, karena kondisi darurat ketika belum ada pilihan lainnya. Maka sketsa saya dibawah ini bisa menjadi salah satu pilihan, untuk menghadirkan listrik dimana saja dan kapan saja, dan lebih dari itu listrik yang dihasilkan juga sudah nyaris zero emission.

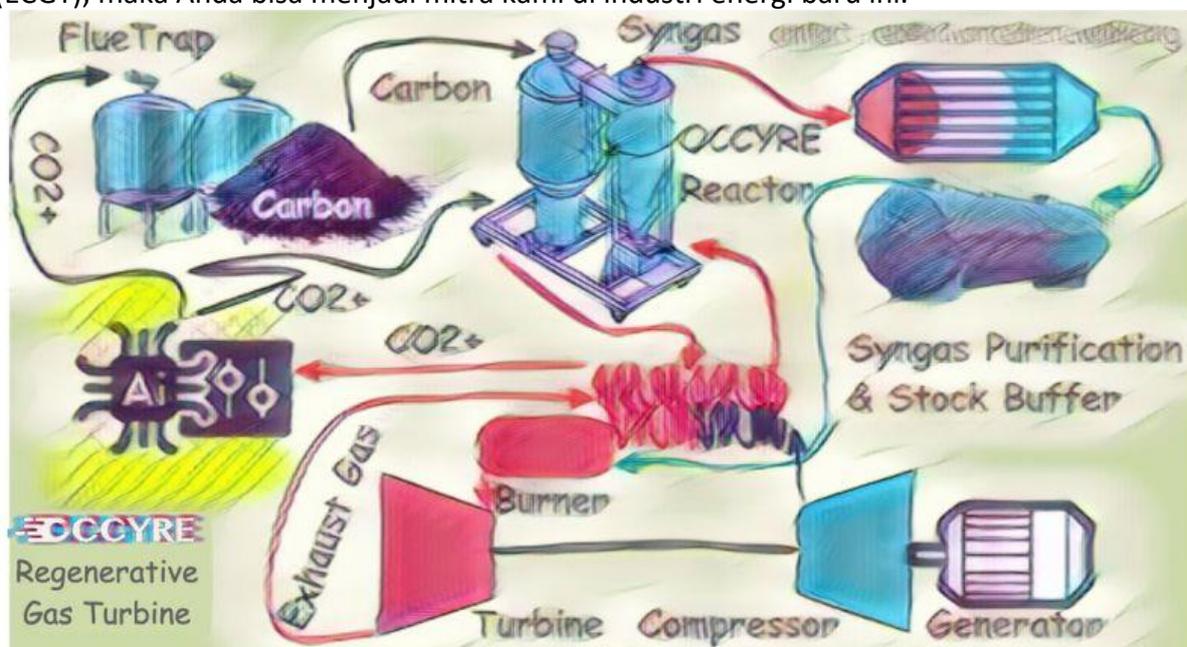
Pembangkit listrik baru ini kami sebut Regenerative Gas Turbine (RGT). Pembangkit listriknya dihasilkan dari gas turbine, sedangkan bahan bakar gas-nya menggunakan syngas yang dihasilkan reaktor OCCYRE (Onboard Carbon Cycle Regenerative Energy). OCCYRE menggunakan dua bahan bakar carbon dari biomass setempat atau carbon dari hasil

tangkapan emisi CO₂ menggunakan teknologi FlueTrap, dan CO₂ yang langsung direaksikan menjadi CO di dalam reaktor (Boudouard reaction : $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}$).

Dua manfaat sekaligus dari penggunaan RGT ini, pertama biaya bahan bakar akan menjadi sangat murah - karena dari biomassa setempat yang tidak butuh biaya transportasi yang mahal, bahan bakar kedua bahkan gratis karena dari CO₂ yang ditangkap secara in-situ dan secara instant dirubah menjadi energi kembali (CO).

Manfaat kedua adalah RGT ini nyaris zero emission, karena seluruh CO₂-nya ditangkap dan digunakan untuk menghasilkan energi kembali. Kalau toh masih ada sangat sedikit emisi, itu karena faktor yang belum terelakkan - misalnya ketika biomassa setempat masih diangkut dengan alat angkut yang menggunakan mesin internal combustion engine (ICE) dlsb.

Dua teknologi yang menjadi enabler dari RGT ini yaitu OCCYRE reaktor dan FlueTrap sudah bisa kami buat, sedangkan gas turbine-nya sudah banyak yang mengembangkan di pasar, termasuk yang ukuran mikro. Maka bila Anda tertarik untuk menjadi mitra kami dalam penyediaan gas turbine-nya, preferably menggunakan External Combustion Gas Turbine (ECGT), maka Anda bisa menjadi mitra kami di industri energi baru ini.



36. Go Beyond Sustainability with Regenerative Energy

Saat ini kita masih berada pada peradaban yang paling merusak, emisi masih terus meningkat seiring dengan melonjaknya konsumsi energi fosil. Dampaknya suhu bumi masih terus memanas, perubahan iklim masih menuju ke ekstrem baru, dan musibah demi musibah masih terus terjadi.

Karenanya berbagai pihak, sektor dan negara - membuat langkahnya masing-masing untuk melakukan efisiensi penggunaan energi fosil, diharapkan dengan ini emisi akan mulai turun

seiring dengan peningkatan penggunaan energi yang carbon neutral.

Bila semua negara dan semua pihak bersungguh-sungguh, masih mungkin kita bisa mencapai target Sustainable Development Goals (SDGs) 2030. Tetapi mungkinkah kita bisa mencapai lebih dari itu? Lebih dari sekedar sustainable? Bukan hanya menghentikan kerusakan bumi tetapi sekaligus juga memperbaikinya? Jawabannya adalah sangat mungkin!

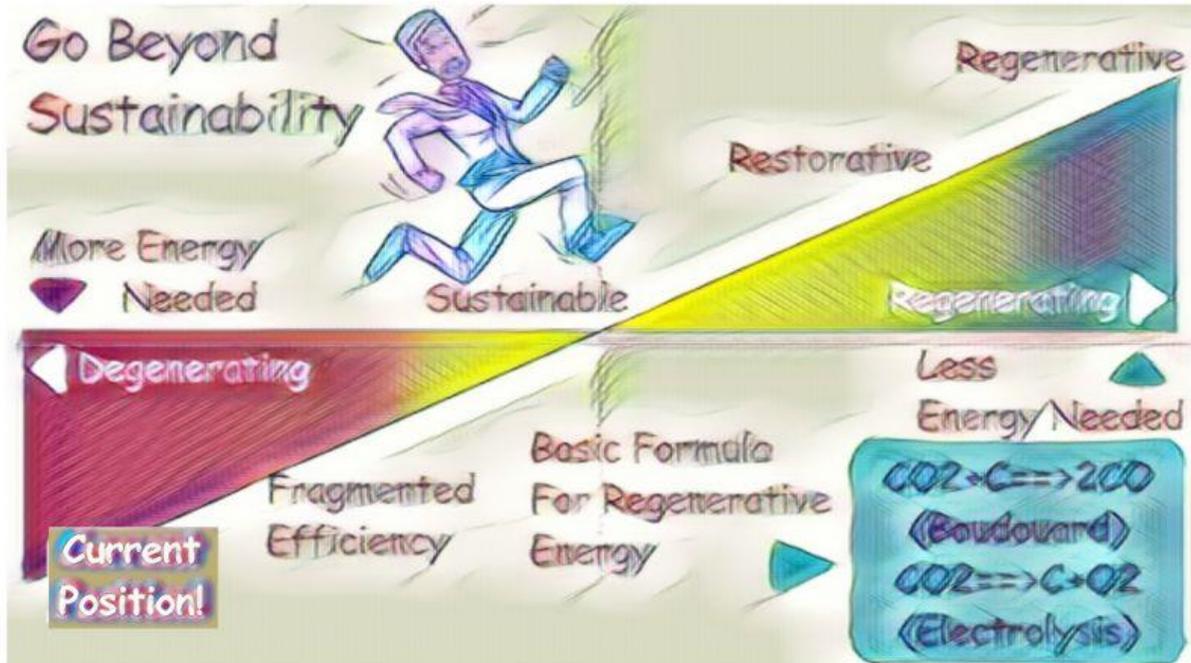
Biang kerok pemanasan global dan perubahan iklim yang dinisbatkan pada emisi yang terwakili oleh CO₂, justru bisa menjadi titik awal, dari sinilah bisa dilakukan perbaikan itu. Dengan prinsip bahwa tidak ada yang sia-sia dari ciptaanNya (QS 3 :191), segala sesuatu pasti ada manfaatnya, apabila kita mau terus mengingatNya, dan memikirkan ciptaanNya - termasuk CO₂ ini.

CO₂ yang merupakan bentuk carbon yang telah teroksidasi penuh sehingga tidak memiliki nilai kalori lagi-pun, bisa dikembalikan untuk menjadi sumber energi baru. Dengan reaksi Boudouard $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$, dia telah berubah menjadi CO yang mengandung energi 10.5 MJ/kg CO. Bila dielektrolisa $CO_2 \rightleftharpoons C + O_2$, dia menjadi carbon murni yang mengandung energi 30 MJ/kg atau sekitar 2/3 dari energi yang ada pada bensin atau diesel yang kita gunakan sekarang.

Nah apabila kita bisa menangkap sebanyak mungkin emisi CO₂, maka bukan hanya atmosfer bumi kita semakin bersih, tetapi kita juga akan menumpuk stok energi baru dalam bentuk CO ataupun C, artinya kebutuhan energi konvensional kita akan terus turun.

Ilustrasi dalam sketsa dibawah menggambarkan jalan yang perlu kita tempuh. Saat ini kita berada di titik nadir dengan konsumsi energi fosil yang masih meningkat, harus secepatnya ada gerakan efisiensi dan mengimbangi dengan carbon-neutral energy, sehingga target SDGs 2030 bisa dicapai.

Namun kita bisa juga lompat katak sebenarnya, yaitu lebih dari sekedar mentarget sustainability, tetapi juga mencanangkan gerakan yang bersifat memperbaiki bumi ini (restorative), dan ultimate-nya menumbuhkan kembali segala keberkahan dan kemakmuran yang lahir dari bumi ini (regenerative). Dia yang menjadikan kita dari tanah (bumi), Dia pula yang menjadikan kita sebagai pemakmurNya (QS 11:61). InsyaAllah.



37. Simple Regenerative Power Generation

Banyak situasi yang membuat orang butuh power plant-nya sendiri. Project atau masyarakat di daerah dan pulau terpencil, situasi darurat karena bencana alam, perang, pengisian ulang kendaraan listrik, kebutuhan green electricity, penurunan emisi dan juga efisiensi.

Semua alasan tersebut kini bisa dijawab dengan satu solusi yang kita sebut regenerative energy. Bedanya dengan penggunaan bahan bakar sekarang dan bahkan bedanya dengan sustainable energy sudah saya unggah kemarin di sini : <https://lnkd.in/gKPbeaQj>

Ringkasnya bila penggunaan energi sekarang dilakukan dengan cara meng-'konsumsi' bahan bakar semata, berapapun bahan bakar akan habis dibakar, dengan konsep regenerative- bahan bakar juga dibakar, tetapi hasil pembakarannya di'tumbuh'kan kembali menjadi bahan bakar baru. Jadi karakter regeneratif adalah tumbuh, karena dia tumbuh - dia tidak akan habis, lihat di grafik yang saya sajikan di unggahan tersebut di atas.

Maka dengan konsep regenerative ini kebutuhan bahan bakar menjadi sangat sedikit dan emisi otomatis mendekati zero - semua emisi CO2 ditangkap dan dijadikan energi kembali. Nampaknya ini ide yang gila, tetapi ini nyata. Bahkan kini bisa diwujudkan dengan konfigurasi mesin-mesin yang sudah tersedia di pasar. Sketsa di bawah adalah konfigurasi sederhana, namun sudah sangat reliable untuk menghadirkan regenerative power generation ini.

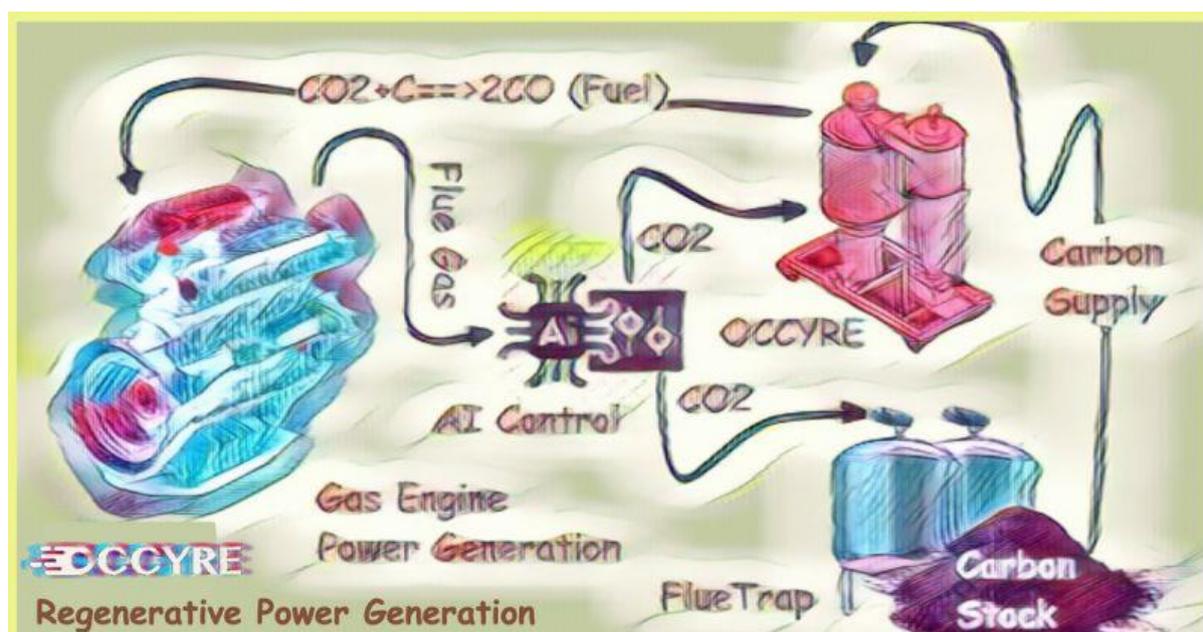
Mesin utamanya bisa dibeli di sejumlah merek terkenal yang memproduksi gas engine untuk power generation, ini adalah jenis internal combustion engine tetapi yang sudah dirancang khusus untuk bahan bakar gas. Hampir semua merek genset terkenal dunia mengeluarkan

versi gas-nya. Karena dia sudah dirancang untuk bahan bakar gas, maka tentu juga bisa diberi bahan bakar dari syngas.

Bahan bakar syngas-nya inilah yang kita regenerate atau tumbuhkan kembali dari emisi gas buang dari gas engine itu sendiri. Dengan control system zaman now yang semakin canggih, menggunakan AI Control misalnya, secara real time gas buang bisa diatur berapa banyak yang secara instant diproses kembali menjadi syngas melalui OCCYRE reactor, dan berapa banyak yang disimpan dalam bentuk adsorbate setelah ditangkap dengan FlueTrap, untuk menjadi cadangan carbon/energi.

OCCYRE reactor dan FlueTrap adalah dua enabler technologies untuk regenerative energy hasil R&D-nya Advanced Renewable Organization (ARO) yang kini siap diproduksi, sedangkan gas engine-nya sendiri tinggal pilih dari merek-merek terkenal yang ada di pasar, atau yang tidak terkenal tetapi murah.

Regenerative energy ini insyaAllah menjadi game-changer di dunia industri energi dan bahan bakar, yang mengadopsi awal tentu akan memperoleh banyak benefits of the first movers. Industri energi-pun tidak akan terlepas dari hukum persaingan saat ini, yaitu disrupt or be disrupted!



38. World of Regeneratives

Sejak awal penciptaan hingga akhir zaman nanti, seisi bumi ini dijaga oleh Allah keberlangsungannya dengan sistem regenerasi. Dia menciptakan yang awalnya, kemudian mengulangnya (regenerasi), dan itu lebih mudah bagiNya (QS 30:27). Inilah yang berlaku untuk manusia, yaitu yang pertama Adam dan kemudian Hawa, selanjutnya yang berjalan adalah sistem regenerasi. Demikian pula yang berlaku di seluruh kingdom animalia dan

kingdom plantae.

Maka manusia modern-pun belajar dari apa yang ada di bumi ini dan membuat sistem sejenis untuk berbagai solusi masalah kehidupannya. Di dunia medis sudah muncul apa yang disebut regenerative medicine, yaitu jenis pengobatan yang tidak hanya sekedar menyembuhkan penyakit, tetapi kembali membangun jaringan dan organ yang sudah mulai rusak untuk kembali tumbuh dan berfungsi seperti sedia kala.

Hal yang sama terjadi di dunia pertanian, dikenal apa yang disebut regenerative agriculture. Bila yang ada selama ini proyek-proyek pertanian skala besar cenderung merusak hutan, merusak lahan dan membanjiri tanah-tanah pertanian dengan zat kimia, regenerative agriculture berbeda, targetnya mengembalikan kesuburan lahan dan produktifitasnya ke posisi semula - tanpa perlakuan kimia. Bahkan dengan konsep regenerative agriculture ini, bumi yang semula gersang-pun insyaAllah bisa memnjadi subur kembali.

Nah sekarang hal yang sama kami perkenalkan, yaitu regenerative energy. Kesamaannya dengan contoh-contoh sebelumnya ada pada konsep tumbuh atau tumbuh kembali. Karena energi-pun bisa ditumbuhkan, maka negara yang kaya akan sumber energi seperti minyak dan batu bara tidak perlu khawatir sumber energinya akan habis.

Demikian pula negara yang tidak memiliki sumber daya energi yang banyak, tidak perlu terus bergantung pada negara lain, awalnya mereka membeli sedikit - kemudian dipakai terus menerus - hingga mereka-pun akan memiliki stok energi yang banyak. Cara menumbuhkan energi ini sudah sering saya share di berbagai unggahan sebelumnya.

Intinya adalah produk dari penggunaan energi yang selama ini dianggap sebagai limbah atau beban, diubah menjadi sumber daya energi baru. Limbah panas bisa diubah langsung menjadi listrik dengan berbagai teknologi seperti Thermo Electric Generator, Waste Heat Gas Turbine, ORC Turbine dlsb.

Dan yang sangat menarik karena fleksibilitasnya untuk menjadi berbagai bentuk energi baru adalah emisi CO₂. Bila selama ini emisi CO₂ menjadi momok pemanasan global, perubahan iklim dan musibah demi musibah, dengan konsep regenerative energy, CO₂ menjadi 'bibit unggul' berbagai jenis bahan bakar yang kita butuhkan saat ini, dan masih berpeluang pula untuk menghasilkan limbah dari limbahnya - yang berupa regenerative electricity.

Sumber energi sebanyak apapun akan habis bila dia hanya dibakar, sebaliknya energi yang sedikit-pun akan selalu cukup untuk memenuhi seluruh kebutuhan, bila dia selalu ditumbuhkan kembali, inilah inti pesan dari konsep regenerative energy ini.



39. Mastering Carbon Cycles for Regenerative Energy

Carbon menjadi masalah pemanasan global, perubahan iklim, cuaca ekstrim, dan musibah demi musibah, karena di era teknologi super canggih saat inipun carbon - dalam bentuk CO₂ dilepas ke atmosfer. Padahal CO₂ ini ketika kita pertahankan keberadaannya di darat, dia justru menjadi sumber daya yang sangat kita butuhkan, diantaranya menjadi energi baru yang kita sebut regenerative energy.

Dasar sains dan teknologinya bahkan sudah dikembangkan lebih dari satu abad silam, diantaranya adalah apa yang dilakukan oleh Leopold Boudouard - yang di akhir abad 19 menemukan apa yang kemudian kita kenal sebagai Boudouard reaction. Dengan reaksi ini emisi CO₂ dapat dirubah kembali menjadi bahan bakar berupa gas CO ketika direaksikan dengan carbon.

Reaktor yang kami sebut OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy) adalah salah satu bentuk teknologi yang kami kembangkan berdasarkan Boudouard reaction tersebut di atas. Maka dengan mengkombinasikan OCCYRE reaktor ini dengan teknologi FlueTrap yang juga kami kembangkan, baik yang menggunakan adsorbent maupun yang menggunakan electrolyte, kita akan selalu bisa menangkap emisi CO₂ dan merubahnya menjadi energi baru.

Yang paling sederhana bila kita ubah menjadi CO melalui Boudouard reaction tersebut, kemudian CO-nya langsung digunakan sebagai bahan bakar substitusi diesel, bensin, LPG dlsb. Namun selain bisa digunakan sebagai bahan bakar langsung, CO ini juga merupakan building blocks bagi segala jenis bahan bakar yang kita kenal dan gunakan saat ini.

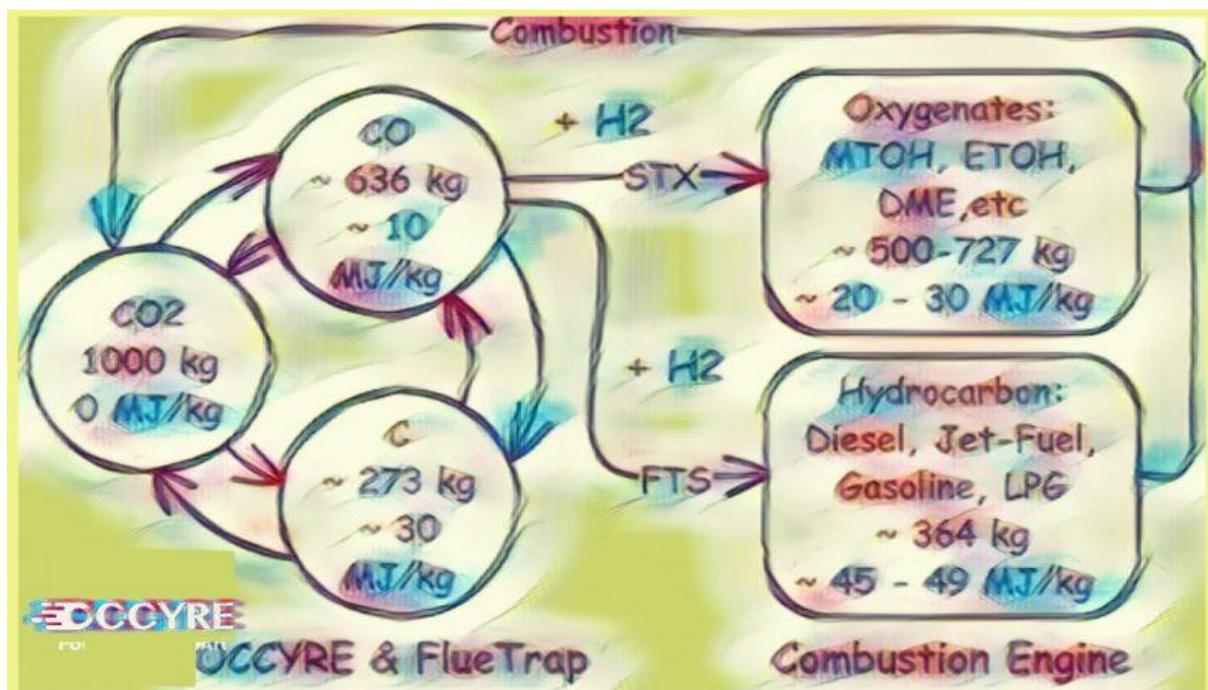
Dari CO bisa diproses menjadi bahan bakar jenis oxygenates, yaitu bahan bakar yang

megandung oksigen seperti methanol, ethanol dan DME. Prosesnya kita sebut STX, dimana X=M untuk methanol, X=E untyk ethanol dan X=D untuk DME atau Dimethyl Ether.

Dari CO pula bisa dihasilkan bahan bakar hydrocarbon yang paling luas penggunaannya saat ini seperti diesel, jet-fuel, bensin dan LPG. Prosesnya juga sudah dipakai dari abad lalu di Jerman, Afrika Selatan, Qatar, Malaysia dlsb. yaitu apa yang disebut Fischer-Tropsch Synthesis atau FTS.

Baik untuk proses menjadi oxygenates maupun menjadi hydrocarbon, CO membutuhkan bahan tambahan berupa hydrogen. Tetapi hydrogen inipun bisa dihasilkan dari CO itu sendiri ketika CO direaksikan dengan uap air, reaksinya disebut Water Gas Shift (WGS).

Walhasil dengan mastering siklus CO₂ - CO atau C - Oxygenates atau Hydrocarbon, dua manfaat sekaligus akan kita dapat, pertama atmosfer bumi kita akan bebas dari emsisi CO₂ era industri, dan kembali hanya ada CO₂ pra industri - seperti dari respirasi manusia, hewan dan tanaman. Yang kedua bahan bakar akan selalu tersedia dengan murahanya untuk siapa saja yang membutuhkannya - karena dia hanyalah limbah dari pembakaran itu sendiri yang ditangkap dan diolah kembali menjadi bahan bakar seperti semula - apapun bahan bakar semula itu.



40. Visualisasi Visi : Mata Air Di Gurun

Ada satu surat yang cukup panjang di Al-Qur'an, yang rata-rata santri sejak kecil hingga kakek-nenek menghafalnya, yaitu surat Yaasiin (Surat No 36). Ada yang menghafalnya setiap malam Jum'at dan bahkan tidak sedikit yang menghafalnya setiap malam hingga akhir hayatnya. Mengapa surat ini begitu penting?

Ulama banyak sekali membahas keutamaan surat ini berdasarkan hadits-hadits Nabi Shallallahu 'Alaihi Wasallam. Diantaranya adalah membacanya sampai selesai setara dengan 10 kali membaca Al-Qur'an karena dia adalah jantungnya Al-Qur'an. Diampuninya dosa, diringankan siksa kubur, dan yang membiasakan membacanya dalam setiap malam akan meninggal seperti meninggalnya para syuhada.

Namun surat Yaasiin ini sebenarnya bukan hanya untuk urusan sesudah kita mati, surat Yaasiin juga memberi solusi untuk masalah-masalah urusan kehidupan yang rumit di peradaban modern dengan berbagai permasalahannya ini. Untuk urusan energi misalnya, surat Yaasiin memberikan inspirasi bahwa sumbernya adalah dari pohon atau tanaman yang hijau (Ayat 80). Jadi tidak harus menunggu tanaman menjadi fosil hitam dalam jutaan tahun dahulu untuk menjadi energi, dari tanaman yang masih segar atau hijau-pun bisa langsung dihasilkan api atau energi.

Surat Yaasiin juga men-challenge kita berfikir sekuat tenaga untuk bisa menyelesaikan kecukupan pangan dan air bagi seluruh umat manusia. Inspirasinya ada di bumi yang mati yang dihidupkanNya dengan biji-bijian yang kita makan, kemudian tumbuh pohon kurma dan anggur hingga memancarkan mata air (Ayat 33-34).

Maka berdasarkan inspirasi-inpirasi inilah yang kemudian kami visikan jauh kedepan, bahwa insyaAllah akan selalu cukup makanan, energi dan air (FEW - Foon, Energy and Water) bagi sleuruh umat manusia, karena dari tanah yang mati di gurun yang tidak ada air saat ini-pun nantinya akan bisa kita tanam dengan tanaman pangan hingga memancarkan mata airnya sendiri.

Secara teknologi saat ini sudah memungkinkan untuk kita membangun project yang kami sebut proyek mata air gurun ini, dan ringkasan teknisnya sudah pernah saya share di sini : <https://lnkd.in/geN6nvn6>



41. Regenerative Carbon for Carbon-Free Energy

Idealnya energi yang kita gunakan itu memang yang bisa bebas dari emisi CO₂, dan yang paling memungkinkan saat ini adalah hidrogen. Hanya produksi dan distribusi hidrogen saat ini masih mengalami kendala besar. Di sisi produksi mayoritasnya masih tergantung fosil (methane) yang mengeluarkan emisi CO₂ yang banyak pada proses reformingnya, atau bila dilakukan melalui elektrolisa air butuh energi listrik yang lebih besar dari energi yang dibawa oleh hidrogen itu sendiri. Di sisi distribusi kendalanya adalah density, butuh tekanan 700 Bar untuk bisa membawa sekitar 40 kg hidrogen dalam 1 m³ tangki.

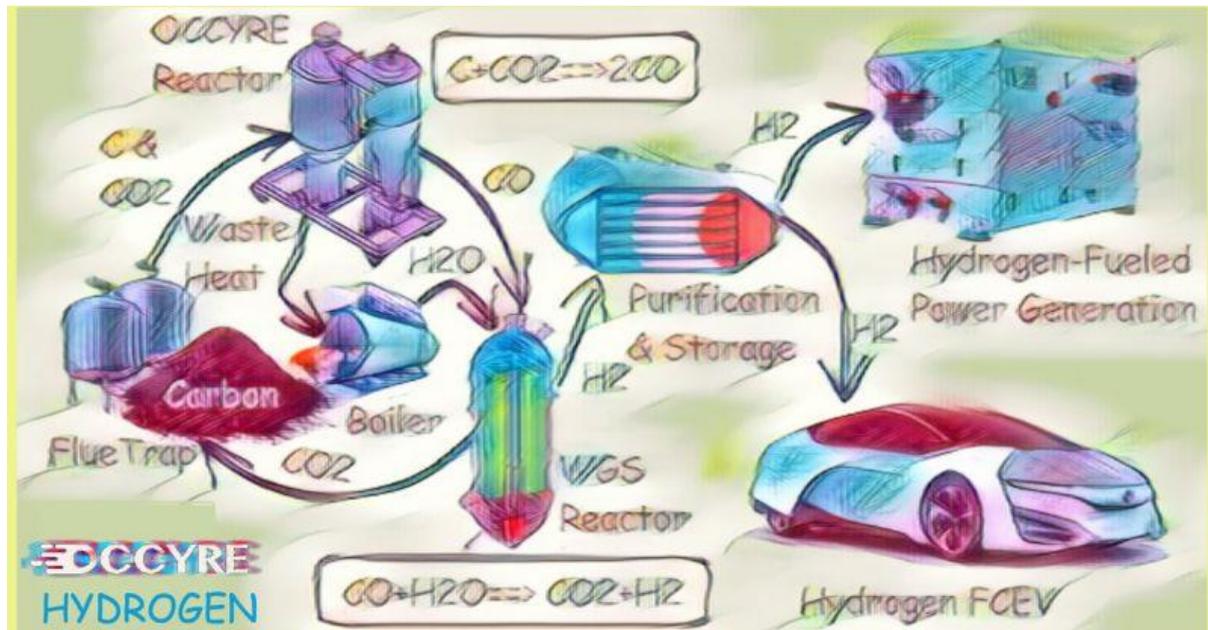
Maka produksi dan distribusi hidrogen menggunakan regenerative carbon ini bisa menjadi solusi, sekaligus juga mengatasi emisi CO₂ yang dikeluarkan oleh penggunaan energi lainnya. Ada dua sumber carbon yang bisa kita gunakan, yang pertama dari emisi CO₂ yang kita tangkap menggunakan teknologi FlueTrap, dan yang kedua carbon dari arang biomassa.

Dengan menggunakan OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy) reactor yang beroperasi utamanya berdasarkan Boudouard reaction, C dan CO₂ dirubah menjadi CO. Selanjutnya menggunakan WGS (Water Gas Shift) reactor, CO direaksikan dengan uap panas untuk menghasilkan hidrogen. Uap paasnya dihasilkan dengan memanfaatkan waste heat dari OCCYRE yang beroperasi di atas suhu 800 derajat Celsius. OCCYRE sendiri didesign autothermal, yaitu menghasilkan panasnya sendiri dengan mengorbankan sebagian kecil carbon.

Dalam reaksinya WGS reactor selain memproduksi H₂ juga menghasilkan CO₂, dan CO₂ ini-pun ditangkap kembali dengan FlueTrap untuk menjalani siklus proses berikutnya. Karena secara keseluruhan tidak ada CO₂ yang dilepas ke atmosfer, sementara dimungkinkan adanya tambahan baru CO₂ dari luar system yang ditangkap FlueTrap, dan juga tambahan carbon dari arang - maka system ini akan mengakumulasi carbon dalam bentuk stok - itulah yang kita sebut regenerative carbon, carbon yang terus bertambah dalam system, yang bisa dimanfaatkan untuk keperluan berikutnya ataupun keperluan lain di luar system itu sendiri.

Sumber energi panas yang dibutuhkan dalam system ini adalah dari sebagian kecil carbon yang terus bertambah, biaya energi untuk produksi hidrogen menjadi sangat murah. Bersamaan dengan itu, emisi CO₂ dalam proses ini keseluruhan akan mendekati nol karena seluruh CO₂ dimanfaatkan kembali untuk memproduksi CO dan kemudian H₂, begitu seterusnya.

Karena prosesnya yang relatif sederhana, secara keseluruhan system ini bisa di install langsung in-situ, di tempat pengguna sehingga tidak membutuhkan biaya distribusi hidrogen yang mahal - hidrogen diproduksi langsung di tempat dan saat hendak digunakan.



42. Carbon-Neutral Regenerative Hydrocarbon

Hingga tahun Net-Zero Emission yang ditargetkan dunia 2050, mobil-mobil Internal Combustion Engine (ICE) bisa jadi masih merajai jalan-jalan di dunia. Mobil bermesin bensin atau diesel yang baru Anda beli sekarang, hampir pasti masih akan eksis hingga 26 tahun mendatang - karena mobil-mobil tersebut apalagi yang dari merek terkenal built-to-last, dibuat untuk bisa bertahan lama. Penjualan mobil ICE baru juga akan terus berlangsung hingga setidaknya hingga dasawarsa kedepan.

Lantas bagaimana dunia bisa mencapai target Net-Zero Emission-nya bila jalan-jalannya masih dipenuhi mobil-mobil ICE? Bahan bakar bensin atau dieselnnya yang diganti. Di skema Renewable Energi Directive 2 (RED 2) Uni Eropa, yang dicanangkan adalah Advanced Biofuels, diantaranya adalah Fischer-Tropsch Gasoline dan Diesel yang diproduksi dari limbah pertanian dan sampah organik perkotaan.

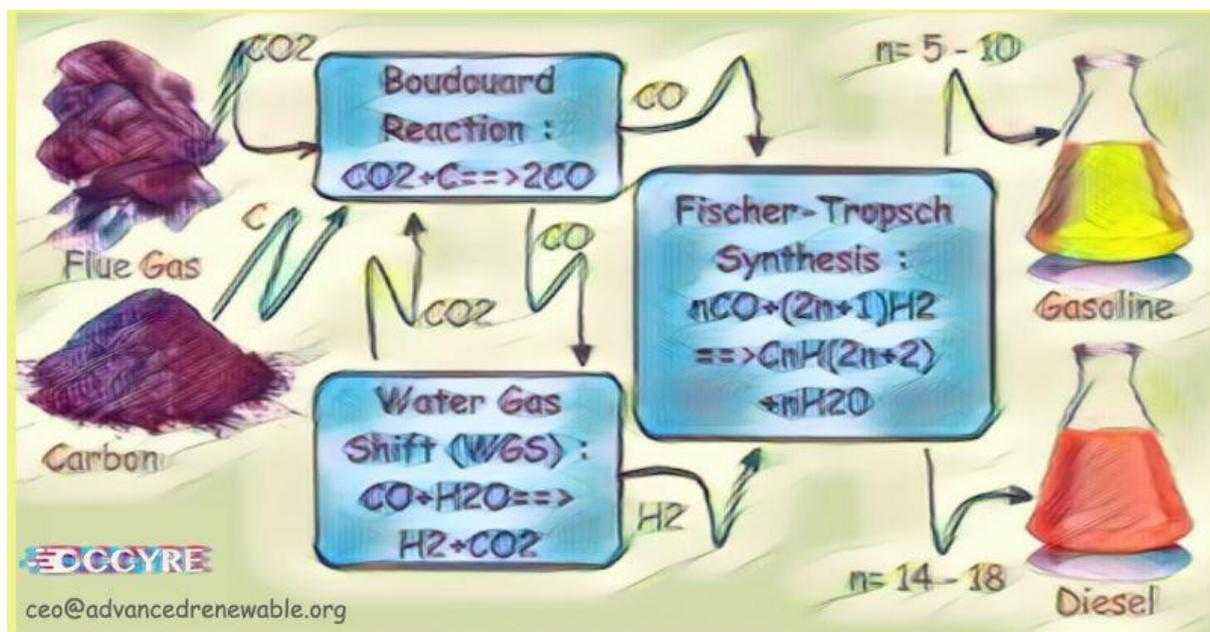
Bahan bakar yang sama, Fischer-Tropsch Gasoline dan Diesel yang kami usung ini bahkan akan lebih baik lagi dari Advance Biofuels-nya Uni Eropa tersebut. Mengapa demikian? Selain menggunakan limbah pertanian dan sampah organik perkotaan untuk diambil unsur carbon-nya, bahan bakar yaang kami sebut Regenerative Hydrocarbon (RHC) ini juga menggunakan emisi CO₂ dari gas buang industri dan power plant sebagai sumber carbon-nya.

Baik sumber C yang dari biomassa, maupun yang dari emisi - keduanya akan menjadikan RHC sepenuhnya carbon-neutral. Meskipun kendaraan bensin ataupun diesel Anda yang telah menjadi antik saat itu tetap mengeluarkan emisi ketika dipakai anak cucu Anda, emisinya terkompensasi oleh CO₂ yang diserap dari Flue Gas maupun yang diserap oleh tanaman yang digunakan untuk memproduksi RHC ini.

Teknologi untuk memproduksi RHC ini bahkan saat inipun juga sudah siap dan secara bagian per bagian sudah digunakan di industri sejak abad lalu. Untuk proses Fischer-Tropsch Synthesis (FTS), dibutuhkan CO dan H₂. CO-nya diperoleh dari Boudouard Reaction dengan inputan CO₂ dan C, sedangkan H₂-nya diperoleh dari Water Gas Shift (WGS) dengan inputan CO dan uap H₂O. CO-nya dari reaksi pertama, dan uap H₂O-nya dari boiler yang panasnya juga dari limbah panas reaksi pertama.

Reaksi WGS selain menghasilkan H₂ juga mengeluarkan emisi CO₂ - yang ditangkap dan diumpungkan kembali ke reaksi pertama. Melalui reactor FTS, produk yang dihasilkan bisa diarahkan untuk menjadi bensin, diesel, jet-fuel, LPG dlsb. yaitu dengan mengatur parameter prosesnya, utamanya pada katalis yang digunakan, suhu dan residence time-nya.

Maka dengan cara inilah kita bisa memproduksi bahan bakar yang sangat terjangkau - karena tidak perlu membeli crude oil untuk bisa memproduksi bensin, disel dan bahan bakar lainnya. Lebih dari itu mobil-mobil ICE Anda akan otomatis memenuhi standar Net-Zero Emission bila menggunakan bahan bakar Regenerative Hydrocarbon ini. Negeri yang tidak memiliki cadangan minyak-pun akan bisa memproduksinya tanpa perlu ada bahan baku yang diimpor.



43. CO₂ Emission, How Low Can You Go?

Magnitude dari CO₂ yang kita lepas ke atmosfer bumi setiap hari itu sungguh amat besar, dan ini masih secara masif terjadi hingga hari ini di seluruh dunia. Sebagai gambaran, di negeri ini saja kita punya sekitar 51 Giga Watt pembangkit listrik tenaga diesel dan batu bara, ini saja sudah keluar sekitar 1,224,000 ton emisi CO₂ per hari.

Ketika dunia menargetkan Net Zero Emission 2050, atau 2060 untuk kita, sejumlah 1,224,000 ton CO2 per hari inilah yang harus dicarikan serapan atau off-setnya. Maka akan dibutuhkan efforts yang masif untuk bisa menyerat CO2 segede gajah ini. Kalau tidak, harus dicarikan offset dari carbon credit market - asumsinya di pasaran pada tahun 2050 seharga US\$ 50/ton saja , akan butuh dana US\$ 61.2 juta per hari agar listrik kita menjadi Net Zero Emission pada tahun-tahun tersebut.

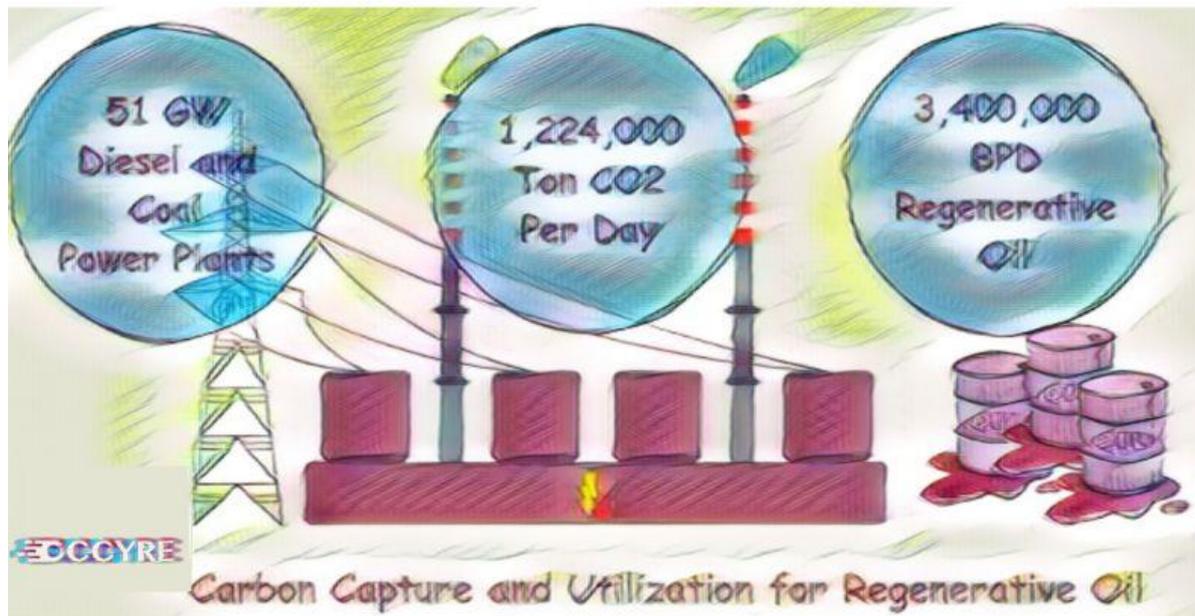
Tentu ini menjadi hal yang tidak masuk akal untuk dilakukan saat itu, sementara opsi serapan lain yang bisa mengimbangi masif-nya emisi tersebut juga tidak akan murah untuk mulai dilakukan kapanpun - karena masif-nya emisi yang sudah terlanjur menjadi bagian kehidupan ini sejak abad lalu.

Tetapi ada solusi lain yang lebih menarik yang kami usulkan, yaitu tidak melihat CO2 tersebut sebagai emisi yang harus dihilangkan atau harus di-offset dengan yang lain, kita bisa melihatnya dari perspektif CO2 sebagai tambang minyak baru yang bisa kita gunakan untuk menggantikan seluruh kebutuhan energi kita sekaligus.

Bila ini yang kita lakukan, kita bukan hanya membuat listrik kita otomatis Net Zero Emission, tetapi perusahaan listrik kita tiba-tiba menjadi perusahaan minyak raksasa. Emisi CO2 sebesar 1,224,000 ton per hari tersebut bila seluruhnya kita tangkap dan gunakan untuk memproduksi minyak yang kita sebut Regenerative Oil, ini akan setara dengan produksi minyak sebesar 3,400,000 Barrels Per Day (BPD) atau lebih dari 3x dari target produksi minyak kita tahun 2030.

Yang saya sebut Regenerative Oil ini sebutan umumnya adalah synthetic crude atau syncrude, karakternya mirip sekali dengan crude oil - hanya dia diproduksi melalui Fischer-Tropsch Synthesis (FTS) dan bahan baku utamanya serapan CO2 - maka dia menyandang nama regenerative ini, highlight teknologinya sudah saya unggah sebelumnya di sini [:https://lnkd.in/eTWdUq4V](https://lnkd.in/eTWdUq4V)

Menambang minyak dari cerobong asap tentu lebih mudah dari pencarian minyak dari kedalaman perut bumi dan kedalaman lautan, lebih pasti pula karena flue gas sebagai sumber CO2-nya sudah jelas ada. Dan lebih dari itu, sambil menyelam minum air, sambil menambang energi baru, kita juga otomatis menekan emisi hingga titik terendahnya.

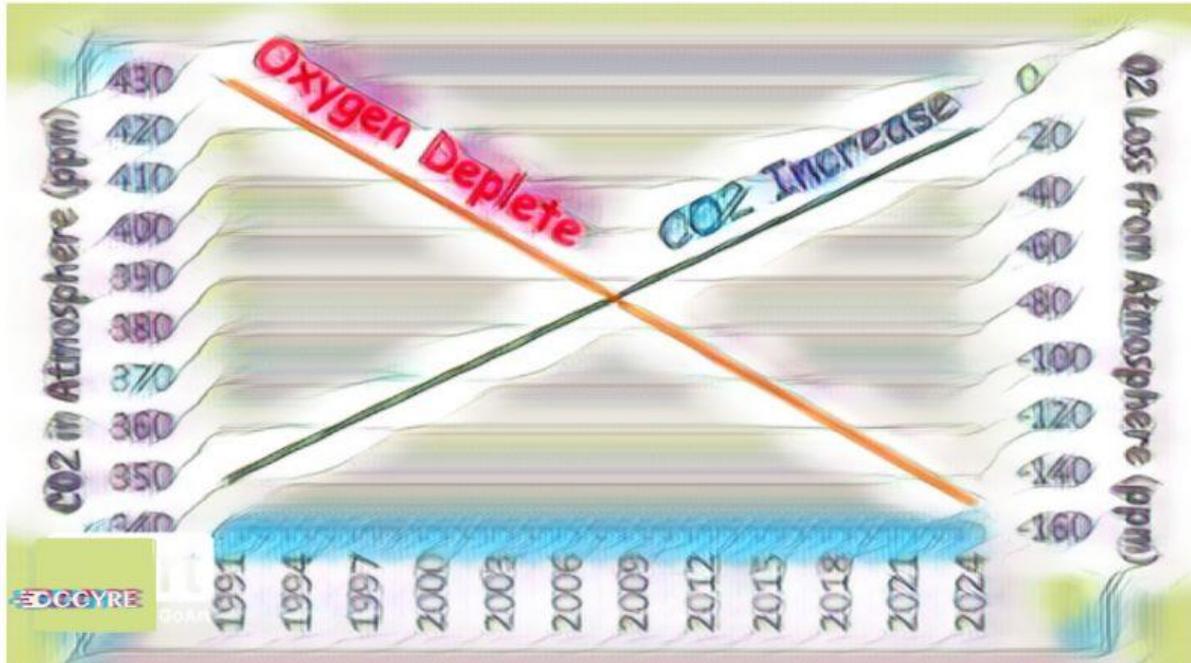


44. Waspada Penipisan Oksigen

Sebenarnya bukan hanya peningkatan CO₂ yang harus diwaspadai karena dampaknya pada pemanasan global, perubahn iklim dlsb. Yang harus disadari dunia juga adalah penipisan oksigen, setiap kilogram CO₂ kita lepas ke udara, sekitar 0,73 kg oksigen hilang dari atmosfer bumi.

Di era pra industri, produksi oksigen dari proses fotosintesa tanaman cukup untuk mengimbangi oksigen yang hilang dari proses pembakaran. Tetapi ketika yang membakar bahan bakar semakin banyak sedang produsen oksigen tidak bertambah - malah cenderung berkurang, yaitu berkurangnya hutan-hutan dan lahan-lahan hijau di seluruh dunia, maka yang terjadi adalah penipisan oksigen di atmosfer bumi ini, meskipun pelan tetapi pasti - selama kita masih terus menambah emisi CO₂, selama itu pula oksigen akan terus menipis.

Gambarannya kurang lebih seperti pada grafik di bawah, seiring bertambah tingginya konsentrasi CO₂ dalam tiga dasawarsa terakhir saja, oksigen di atmosfer bumi telah menghilang sekitar 160 ppm. Maka kita harus secepatnya menurunkan emisi ini, menanam sebanyak mungkin pohon, agar oksigen tetap tersedia cukup bagi seluruh penghuni planet ini.



45. Decoupling Economic Growth and Carbon Emissions

Pertumbuhan ekonomi yang dikejar negara-negara di dunia hingga kini masih identik dengan pertumbuhan kebutuhan energi. Sayangnya hingga saat ini, pertumbuhan kebutuhan energi ini juga identik dengan meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer bumi.

Seluruh efforts efisiensi dilakukan, mengganti dengan energi baru, bahkan sebagian juga mengganti dengan tenaga nuklir - semuanya baik sebagai efforts menurunkan emisi, namun belum cukup dan masih terlalu lama. Paling cepat baru tahun 2050 sejumlah negara di dunia akan mencapai Net Zero Emissionnya, sebagian malah menawarnya menjadi 2060 dan bahkan ada yang 2070.

Pertumbuhan ekonomi yang juga butuh tambahan energi sebenarnya bisa di-decoupled - atau dipisahkan dari pertumbuhan emisi, yaitu bila semua emisi yang dikeluarkan dari pembakaran bahan bakar - dapat ditangkap dan dirubah menjadi energi kembali. Inilah yang kami sebut Regenerative Energy (RegE), bukan barang baru sebenarnya karena di kendaraan listrik maupun kereta listrik - ini juga sudah digunakan dalam bentuk regenerative electricity.

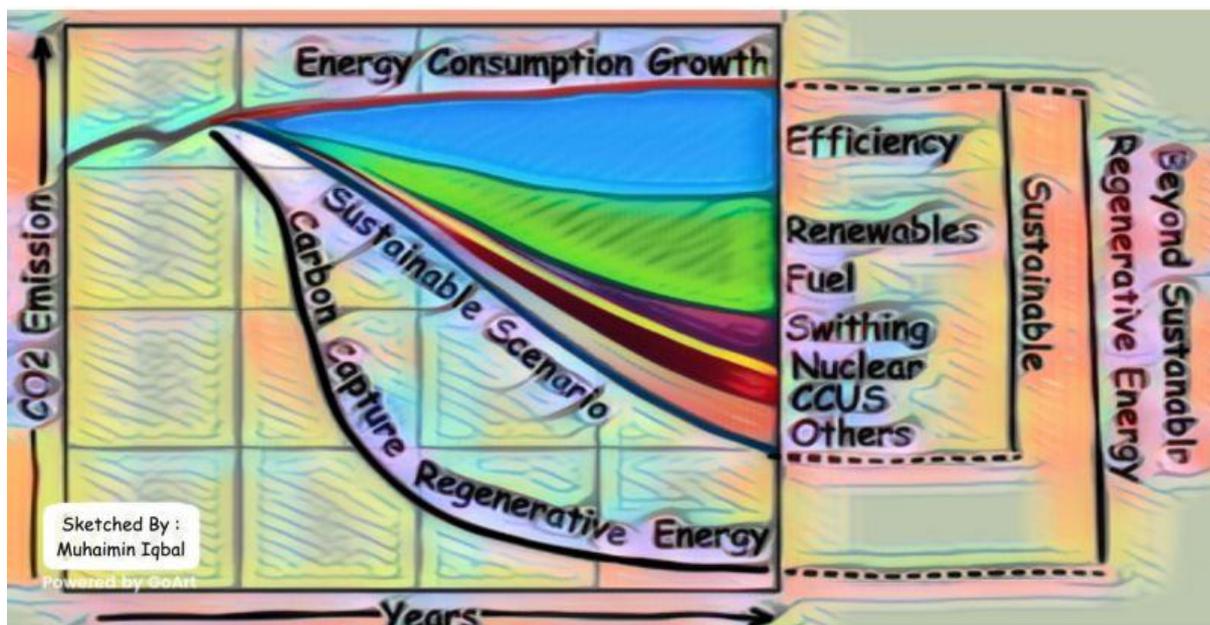
Yang baru di konsep ini adalah object yang diregenerasi saja, yaitu CO₂ yang dijadikan bahan bakar kembali, bahan bakar apapun yang dibutuhkan oleh yang mengeluarkan emisi itu sendiri. Dengan konsep ini, maka menjadi best interest bagi siapapun yang mengeluarkan emisi untuk semaksimal mungkin menangkap emisinya - karena dibutuhkan sendiri untuk menurunkan kebutuhan bahan bakarnya, sedang penurunan emisi CO₂ hanyalah dampak positif dari pemanfaatan CO₂ oleh yang mengeluarkan emisi itu sendiri.

Karena benefitnya untuk yang mengeluarkan emisi itu sendiri, maka tanpa undang-undang pun industri akan dengan sukarela melakukannya. CO2 yang tidak lagi menjadi beban tetapi menjadi sumber daya untuk energi baru inilah yang akan mengakselerasi penurunan emisi, dan perumbuhan ekonomipun tidak harus diikuti dengan meningkatnya cemaran emisi.

Teknologi yang kami siapkan berupa OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy) reactor beserta berbagai teknologi penunjangnya, memang saat ini baru cocok untuk sumber emisi yang bersifat statis seperti power plant, boiler, diesel genset dlsb. Sedangkan yang bersifat mobile baru bisa digunakan di kapal laut yang butuh dekarbonisasi sekaligus juga desulfurisasi.

Untuk pesawat terbang dan mobil khususnya, sedang kami siapkan teknologinya. Inspirasinya dari kereta kuda (andong) di Jogjakarta. Kuda-kuda tersebut membawa kantong di belakangnya , agar kotorannya tidak berceceran di sepanjang jalan yang dilaluinya. Mengapa teknologi modern kendaraan bermotor - tidak 'membawa kantong' ini agar emisi CO2 tidak ditebarkan di sepanjang perjalanannya juga? CO2 memang tidak kelihatan, namun bila dibiarkan bertebaran di udara, dia tidak lebih baik dari kotoran kuda!

Ringkasan teknologinya sudah saya unggah sebelumnya antara lain di sini : <https://lnkd.in/eTWdUq4V> , yang tertarik untuk implementasinya sudah bisa diskusi dengan kami.



46. AI Yang Tidak Selalu Cerdas

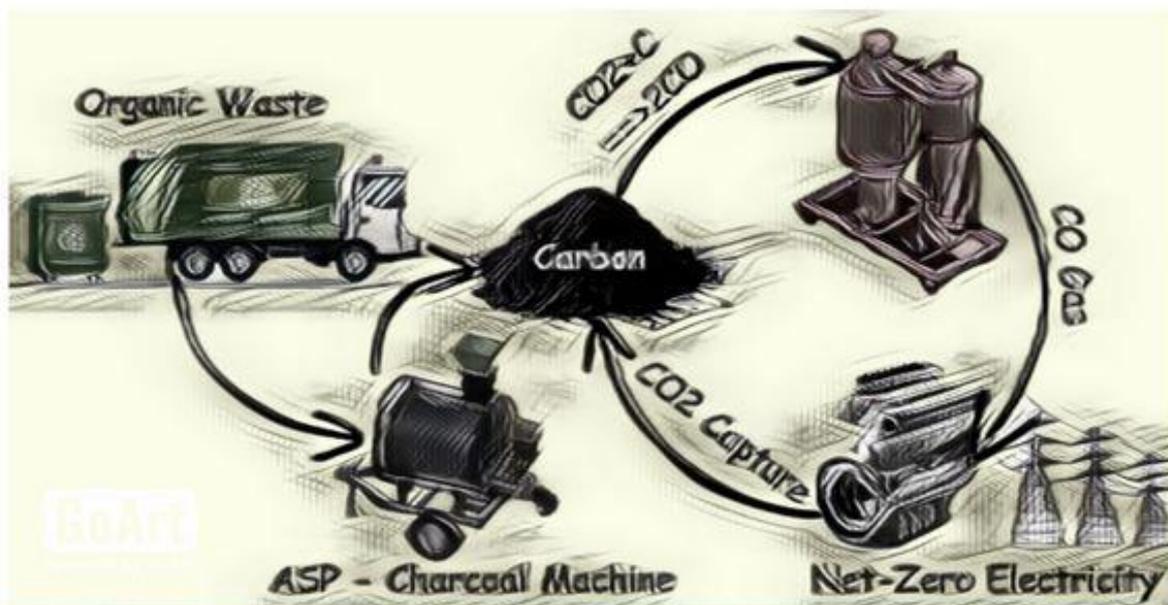
Ramanya orang menggunakan aplikasi AI (Artificial Intelligence) , iseng-seng saya juga coba gunakan untuk ilustrasi grafis pada beberapa proses engineering kami agar lebih mudah, lebih cepat, lebih baik dlsb.

Tetapi ternyata hasilnya tidak selalu seperti yang diharapkan, dua gambar di bawah adalah berasal dari bahan oret-oretan saya yang persis sama. Yang di atas betul, dia seperti yang saya harapkan, tetapi dari bahan dan data yang sama - yang dibawah ternyata sangat di luar dugaan.

Perhatikan betapa ngawurnya AI itu kali ini, gambar pojok kanan atas itu kan maksudnya adalah sketsa untuk OCCYRE (Onboard Carbon Cycles Regenerative Energy) reactor, apa yang ditangkap dan digambar AI ? Sepasang raja dan ratu dari negeri dongeng!

Tidak berhenti di sini si AI ini ngawurnya, dia menggambarkan gas engine saya sebagai kereta kencana untuk raja dan ratu tersebut. Lalu tiang-tiang listrik dijadikannya castile mereka. Barangkali AI yang satu ini dirancang untuk berfikir seperti gadis kecil yang bisa berimajinasi liar, tentang negeri dongeng yang dibayangkannya - diluar kecerdasan orang dewasa.

Maka berhati-hatilah dalam menggunakan AI!



47. Carbon Talks

Saya sering ditanya apakah konsep Regenerative Energy yang sering saya share di media ini tidak bertentangan dengan hukum kekekalan energi? Jawaban saya adalah justru sebaliknya, bahwa konsep Regenerative Energy ini adalah dilahirkan langsung dari hukum kekekalan energi tersebut.

Hukum kekekalan energi kurang lebih berbunyi bahwa dalam sistem terisolasi, energi tidak bisa diciptakan dan tidak bisa dimusnahkan, dia hanya berubah bentuk dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Maka dari hukum inilah lahir turunannya - saya menyebutnya Hukum Regenerative Energy, bunyinya adalah bila kita bisa menguasai perubahan bentuk-bentuk energi dari satu ke yang lainnya dan sebaliknya, maka kita akan selalu bisa melahirkan kembali (regenerate) energi baru!

Karena yang kami upreg-upreg seputar energi dari carbon - yang bahan bakunya melimpah, maka untuk menjelaskan Hukum Regenerative Energy ini kami gunakan ilustrasi dialog antara tiga carbon seperti dalam sketsa di bawah. Tiga bentuk carbon ini adalah CO₂, CO dan C.

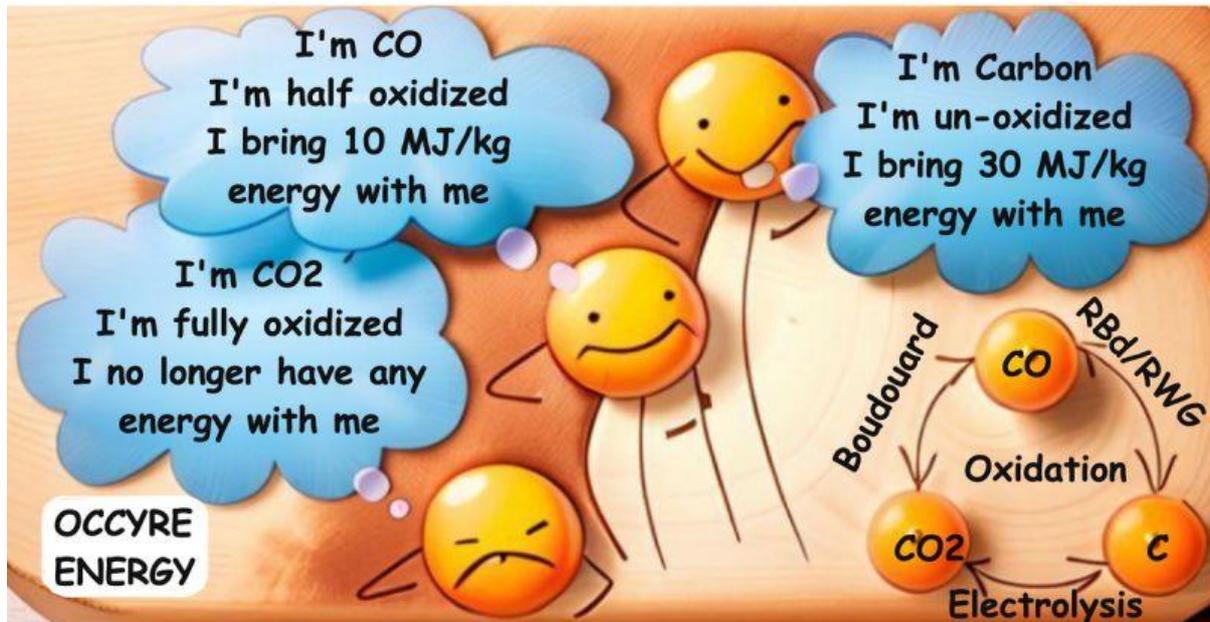
CO₂ adalah bentuk carbon yang fully oxidized, karenanya dia sudah tidak mengandung energi lagi atau 0 MJ/kg. Karena tidak lagi mengandung energi inilah maka seluruh dunia berusaha membuangnya, dianggap obyek yang tidak lagi berguna. Padahal tidak ada satupun ciptaannya yang sia-sia, pasti dia juga berguna bagi yang mau memikirkannya.

Maka dari pemikiran inilah lahir konsep Regenerative Energy tersebut, kalau saja kita bisa mengambil satu O dari CO₂, menjadi CO, maka dia sudah kembali mengandung energi, besarnya di kisaran 10 MJ/kg. Ilmuwan Perancis akhir abad 19 yaitu Octave Leopold Boudouard yang memformulasikan reaksinya, yaitu $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$. Reaksi ini terjadi pada suhu di kisaran 800 derajat Celsius.

Bahkan kalau kita bisa membuang dua O dari CO₂, dia akan menjadi C murni yang mengandung energi sekitar 30 MJ/kg. Reaksinya adalah elektrolisa CO₂, yaitu $CO_2 \rightleftharpoons C + O_2$, reaksi ini butuh tenaga listrik, cathode, anode dan electrolyte yang sesuai.

Maka untuk melahirkan energi baru - Regenerative Energy dari CO₂ ini memang butuh energi dalam bentuk panas ataupun listrik, tetapi panas bisa mudah diperoleh dari bahan yang murah seperti dari sampah dan limbah, dan dari limbahnya panas dari limbah (waste of waste) inipun bisa digunakan untuk menghasilkan lagi listrik yang murah. Maka proses untuk melahirkan energi baru yang kami sebut Regenerative Energy ini bisa sangat bersaing dengan energi apapun yang hanya digunakan sekali terus CO₂nya terbuang sia-sia mencemari seluruh atmosfer bumi.

Teknologi untuk keseluruhan proses Regenerative Energy ini yang kami sebut OCCYRE (Onboard Carbon Cycles Regenerative Energy), yaitu selain untuk melahirkan energi baru yang murah dari carbon (CO₂) - otomatis kita juga membersihkan atmosfer bumi, karena sungguh tidak ada yang sia-sia dari ciptaannya.



48. Roadmaps To Regenerative Fuels

Bila CO₂ dibiarkan menumpuk terakumulasi di udara, dia menimbulkan berbagai masalah seperti global warming, climate change, extreme weather dlsb. Bila dia berhasil ditangkap dan dipertahankan di bumi, dia menjadi bermanfaat dan penuh berkah, bisa untuk menjaga kesuburan tanah, maupun sebagai bahan dasar untuk produksi segala jenis bahan bakar.

Penangkapan CO₂ bisa dilakukan dengan adsorbent, reactant, solvent, maupun elektrolit tergantung target produk yang akan dihasilkan. Di sketsa ini saya gunakan 2 cara yang paling murah dan mudah. Pertama dia ditangkap dengan adsorbent menggunakan teknologi FlueTrap, kemudian CO₂ disimpan dalam bentuk adsorbate - untuk bisa digunakan kapan saja.

Cara kedua yaitu CO₂ ditangkap dan direaksikan langsung dengan carbon menjadi gas CO. Proses ini membutuhkan reactant carbon yang bisa diambil dari arang biomassa ataupun carbon dari CO₂ yang telah dielektrolisa menjadi carbon murni. Produksi gas CO dari CO₂ ini butuh reaktor yang kami sebut OCCYRE (Onboard Carbon Cycles Regenerative Energy). Reaktor inilah yang menjadi jantung dari seluruh proses Regenerative Fuels ini berikutnya.

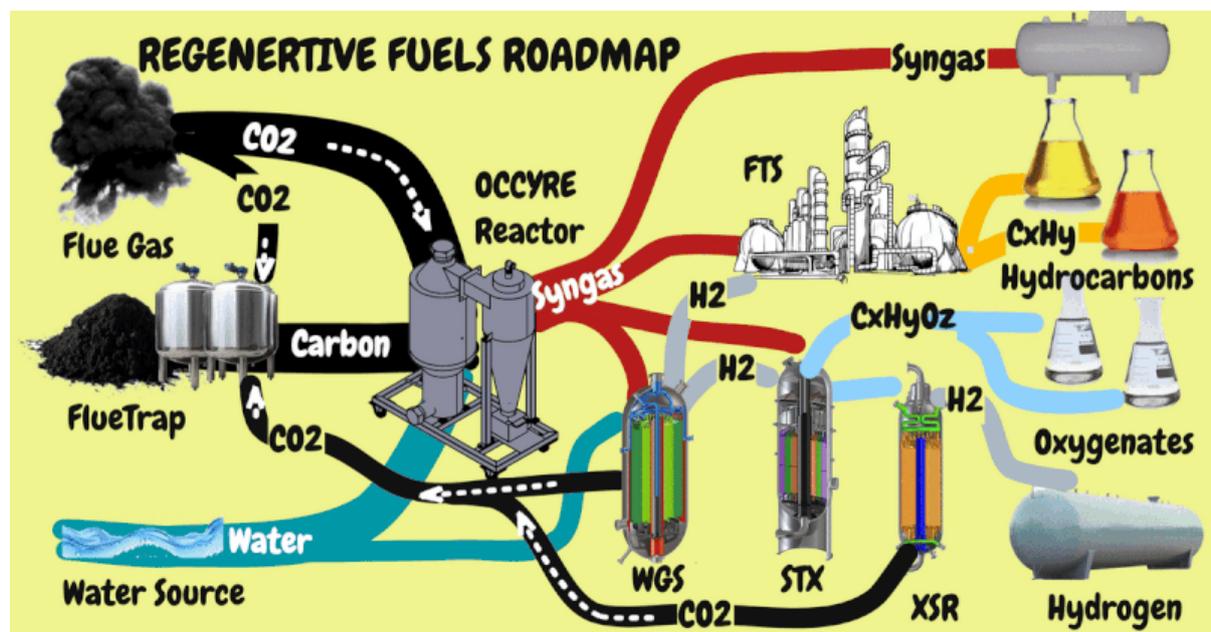
Dari gas CO, plus H₂ yang terbawa dari arang biomassa, akan dihasilkan syngas yang multiguna. Syngas sendiri merupakan bahan bakar yang sederhana, namun sudah bisa untuk substitusi bensin, diesel, LPG dlsb., masalahnya hanya pada kalorinya yang masih rendah di kisaran 10-15 MJ/kg. Syngas juga bisa diupgrade lebih lanjut menjadi bahan bakar yang kompleks berupa oxygenates - bahan bakar yang mengandung oksigen seperti ethanol, methanol dan DME, atau menjadi hydrocarbon seperti bensin dan diesel, maupun menjadi carbon-free fuels seperti hydrogen dan amonia.

Untuk menjadi oxygenates fuels, rutenya kita sebut STX dimana ST-nya adalah 'Syngas To' sedang X=E untuk ethanol, X=M untuk methanol dan X=D untuk DME atau DimethylEther. Oxygenates fuels ini bahan bakar yang lebih bersih yang juga bisa menggantikan bahan bakar hydrocarbon.

Bila yang dikehendaki bahan bakar hydrocarbon seperti yang umumnya dipakai saat ini, maka rutenya dari syngas melalui proses yang disebut Fischer-Tropsch Synthesis (FTS). Melalui pengaturan katalis, suhu dan residence time, hasil FTS ini bisa diarahkan untuk menjadi diesel, jet fuel, bensin dlsb.

Bila yang dikehendaki adalah carbon-free fuels seperti hydrogen, rutenya bisa melalui Water Gas Shift (WGS) langsung dari syngas, atau bisa juga melalui Oxygenates Steam Reforming (XSR) - dimana X-nya dari E, M dan D tersebut di atas.

Dari proses perjalanan CO₂ hingga menjadi perbagai bahan bakar tersebut, juga ada limbah CO₂ yang keluar, yaitu dari proses WGS - ketika syngas diupgrade untuk menghasilkan hydrogen, dan dari proses XTR - ketika oxygenates direformed menjadi hydrogen. Seluruh limbah CO₂ dari proses inipun ditangkap dan diproses menjadi syngas kembali.



49. Carbon-Free Electricity

Di tengah masih terus meningkatnya emisi carbon global akibat dari masih meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil, sesungguhnya dengan teknologi yang sudah matang sekarang - kita bisa mulai menghadirkan listrik yang bebas carbon. Sketsa berikut adalah konfigurasi carbon-free distributed micro power generation yang sudah bisa hadir secara ekonomis saat ini.

Sumber energinya tetap carbon yang bisa diperoleh dari flue gas maupun arang biomassa

apapun, hanya saja carbon disini tidak dibakar, dia hanya digunakan sebagai hydrogen carrier, yang dibakar sendiri atau lebih tepatnya yang dioksidasi hanyalah hydrogen. Ketika hydrogen dioksidasi ini selain menghasilkan energi untuk pembangkit listrik dalam kasus ini, juga mengeluarkan limbah, tetapi limbahnya hanya berupa air.

Jadi semua carbon, baik dari carbon murni (arang) maupun dari CO₂, dia hanya digunakan untuk menghasilkan CO melalui reaksi Boudouard, $C+CO_2 \rightleftharpoons 2CO$. Dan inilah inti dari Onboard Carbon Cycles Regenerative Energy (OCCYRE) reactor, yaitu teknologi yang kami gunakan untuk melahirkan Regenerative Energy, mulainya dari Boudouard reaction ini.

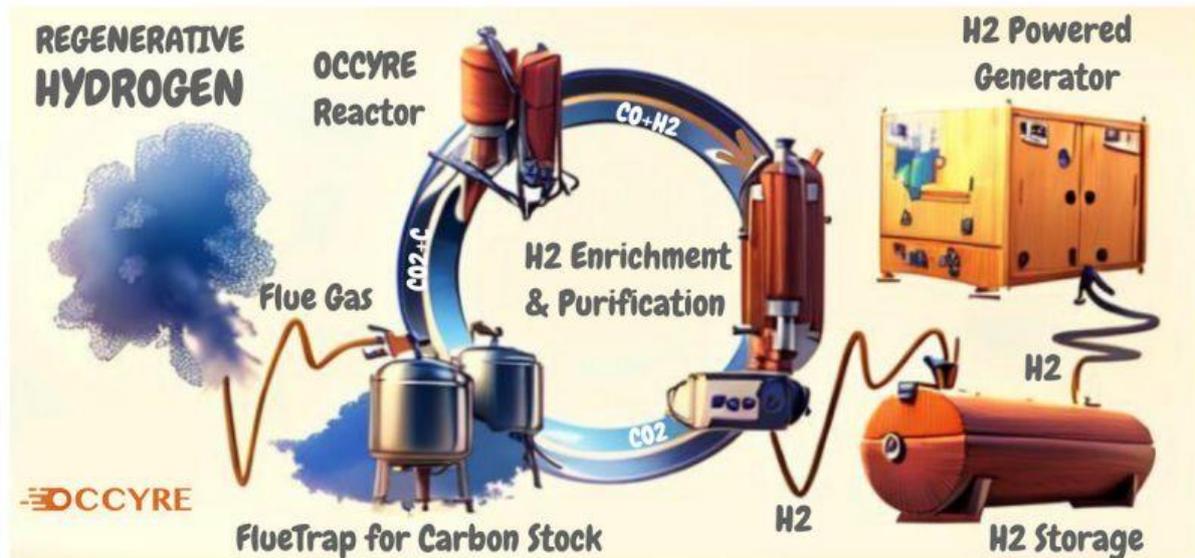
Bersamaan dengan hadirnya CO yang diproduksi OCCYRE reactor tersebut, juga hadir pula H₂, hanya konsentrasinya masih rendah. H₂ ini asalnya dari dua sumber, pertama dari H₂ yang dibawa oleh arang - karena standar arang mengandung sekitar 5% H₂ ini. H₂ yang lebih banyak juga hadir dari air bila OCCYRE reactor dijalankan menggunakan uap air sebagai gasification agent-nya.

Karena yang kita butuhkan untuk carbon-free power generation ini hanya H₂ sedang komposisi syngas lebih banyak CO-nya ketimbang H₂, maka disinilah CO dimanfaatkan sebagai hydrogen carrier - hanya mengantarkan hydrogen. Reaksinya menggunakan Water Gas Shift (WGS), $CO+H_2O \rightleftharpoons H_2+CO_2$. Melalui reaksi ini CO kita habiskan untuk menghasilkan H₂, namun dari reaksi ini juga mengeluarkan limbah berupa emisi CO₂.

Yang diperlukan kemudian adalah pemurnian/pemisahan CO₂ dan H₂, H₂ murni adalah produk yang kita tuju untuk menghasilkan carbon-free power generation. Beberapa merek terkenal sudah menyiapkan generator set yang berbahan bakar hydrogen ini - tidak perlu reinvent the wheel - cukup menggunakan yang sudah siap di pasar.

Adapun limbah CO₂ dari WGS tersebut kembali di-recovery dengan FlueTrap dan disimpan dalam bentuk adsorbate - yaitu CO₂ yang terikat pada C yang kita gunakan sebagai adsorbent-nya. Kombinasi antara CO₂ dan C dengan rasio sekitar 3.7:1 (w/w) inilah yang menjadi inputan OCCYRE reactor untuk memulai siklus baru produksi CO, H₂ dan seterusnya.

Dari sini bisa kita lihat bahwa listrik yang bebas carbon itu bisa diproduksi secara berkelanjutan dengan biaya yang murah, karena tidak ada bahan bakar yang mahal dalam keseluruhan proses ini.



50. Regenerative Energy Dari Muara Sungai

Salah satu potensi energi terbesar negeri ini yang sama sekali belum dimanfaatkan adalah energi dari muara sungai. Negeri 17,500 pulau ini memiliki sekitar 70,000 sungai, yang berarti juga sekitar 70,000 muara sungai kita miliki. Apa istimewanya muara sungai ini?

Di muara sungai, air tawar dibuang menjadi air laut. Ketika air tawar yang di muka bumi hanya ada sekitar 2.5% ini telah bercampur dengan air laut yang 97.5%, menjadi butuh biaya dan energi sangat besar untuk mengembalikannya menjadi air tawar kembali. Namun Sang Pencipta kita memberi kemudahan bagi kita, yaitu melalui mekanisme hujan - air laut yang asin menjadi tawar kembali.

Hanya saja berkah dari hujan ini lebih banyak kita sia-siakan, di Jakarta yang memiliki 13 sungai misalnya, kita ingin secepatnya air hujan ini dibuang ke laut, padahal ketika air hujan yang penuh berkah ini kita buang ke laut - dia menjadi sulit kita manfaatkan kembali.

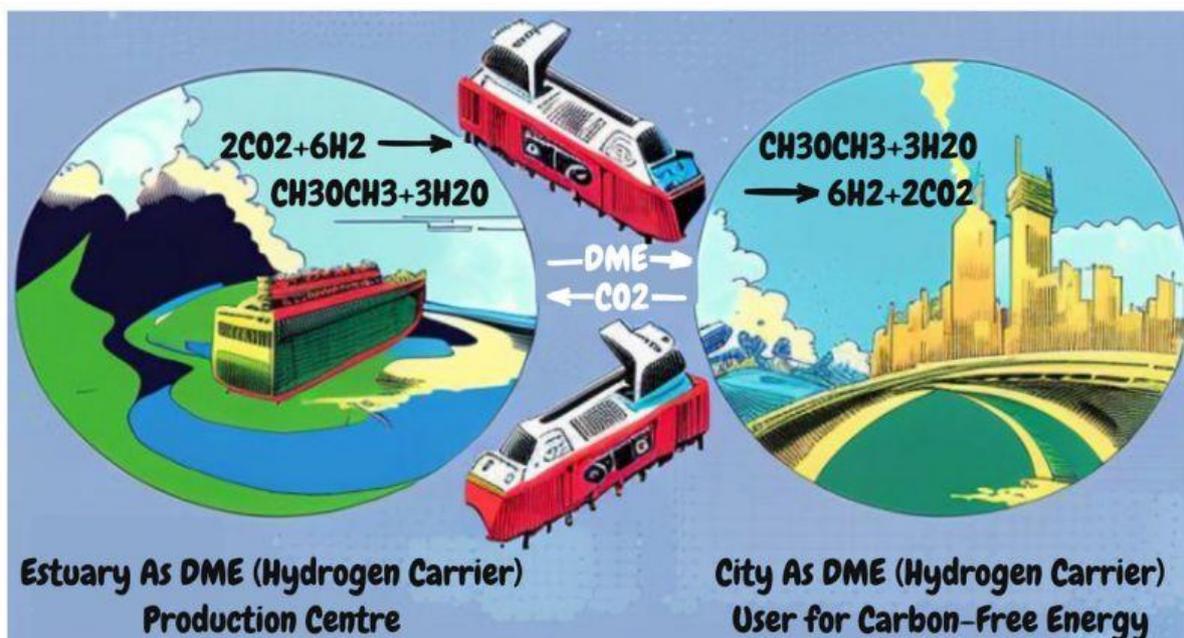
Dengan reaksi sederhana yang disebut Water Gas Shift (WGS), $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$, kita bisa memisahkan hydrogen dari air dengan biaya yang murah. Limbah CO_2 -nya melalui reaksi Boudouard, $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}$, dipakai untuk menghasilkan CO yang kita gunakan kembali.

Sampai di sini masih ada dua masalah yang perlu dipecahkan, pertama H_2 yang diproduksi di muara sungai umumnya jauh dari yang membutuhkan energi bersih di pusat kota. Sedangkan logistik H_2 dalam kondisi aslinya sangatlah mahal, karena butuh tekanan 700 Bar atau suhu minus 253 derajat Celsius. Solusinya, sebelum dikirim, H_2 'disimpan' dahulu menjadi DME (Dimethyl Ether) yang hanya butuh tekanan 5 Bar untuk logistiknya.

Di pusat-pusat kota, DME ini di-reformed menjadi H_2 kembali dan digunakan sebagai energi bersih yang bebas carbon. Bisa untuk pembangkit listrik yang sangat bersih, kendaraan fuel cells dlsb. Proses reforming ini akan menghasilkan CO_2 kembali, tetapi CO_2 yang dihasilkan hanya ada di pusat-pusat reforming dilakukan.

CO₂ yang terpusat ini menjadi lebih mudah untuk ditangkap, dan digunakan kembali untuk memproduksi hydrogen di muara-muara sungai. Mengapa harus di muara sungai? Karena produksi 1 kg H₂ butuh sekitar 9 kg air tawar. Maka agar air yang kita gunakan tidak berebut dengan air minum dan air untuk pertanian, kita hanya menggunakan air tawar yang hendak kita buang ke laut saja.

Masalah kedua kita butuh carbon untuk Boudoard reaction dan untuk panas proses, dari mana carbon ini? Selain dari CO₂ juga dari biomassa yang umumnya sudah menumpuk di muara sungai, akumulasi biomassa dari hulu ke hilir sungai. Jadi hydrogen yang kita produksi ini kita sebut Regenerative Hydrogen, karena secara keseluruhan bahan yang digunakan serba sampah atau limbah. Sumber C dari emisi carbon dan sampah organik, sumber airnya dari air yang hendak kita buang ke laut di muara sungai!



51. Offboard and Onboard Carbon Cycles

Hingga jaman super modern ini, seluruh aktifitas penghuni planet bumi ini yang mengeluarkan emisi CO₂, masih melepaskannya ke atmosfer bumi. Akibatnya terjadi akumulasi CO₂ yang semakin hari semakin tinggi konsentrasinya, menyebabkan pemanasan global, perubahan iklim, cuaca ekstrem dan musibah demi musibah.

Sebenarnya ada mekanisme alam yang menyerap CO₂ ini, yaitu tanaman. Hanya masalahnya adalah ketika tanaman yang ada di permukaan bumi tidak bertambah atau bahkan cenderung berkurang, sementara pertumbuhan emisi CO₂ melaju dengan cepat, maka mengandalkan serapan tanaman tentu tidak memadai untuk upaya penurunan emisi ini,

Selain tidak memadai penyerapan CO₂ oleh tanaman ini juga perlu waktu yang panjang,

selama menunggu diserap oleh tanaman ini CO2 dalam konsentrasi yang besar tetap berada di atmosfer bumi - dan menimbulkan segala permasalahan tersebut di atas. Serapan CO2 secara alami dengan tanaman inilah yang kita sebut Offboard Carbon Cycles, dia perlu dan penting untuk tetap ada - hanya tidak cukup untuk menyerap laju emisi CO2 era industri.

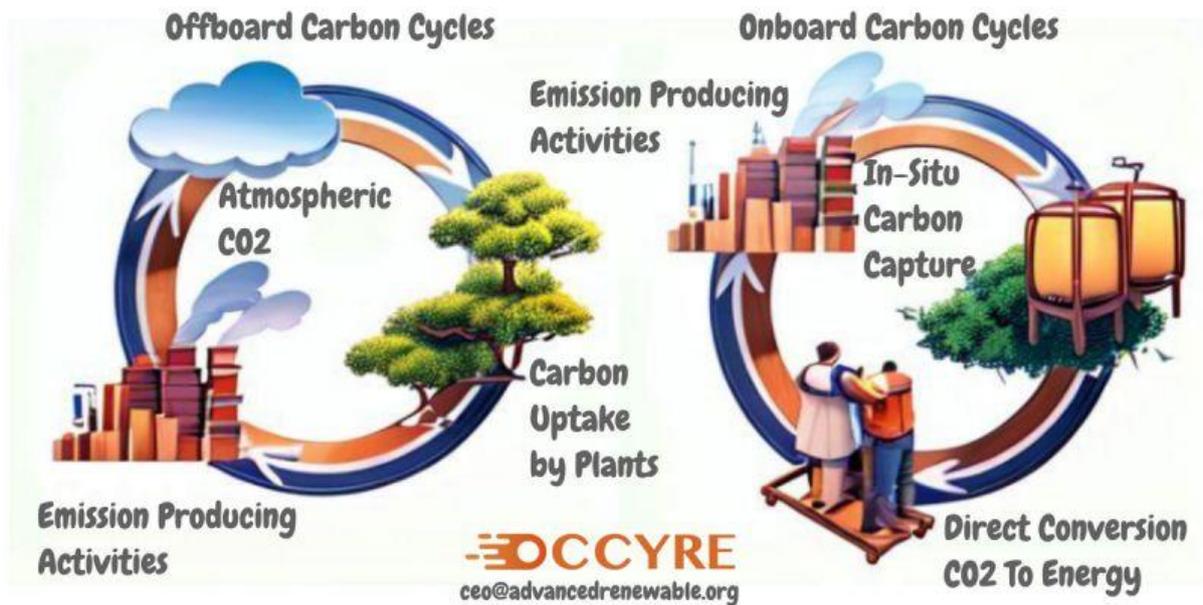
Maka yang kita butuhkan adalah aksekerasi serapan carbon langsung dari sumber-sumber emisi, serapan CO2 secara langsung di tempat kemunculannya dan pada saat kemunculannya, in-situ dan in-time, inilah yang kita sebut Onboard Carbon Cycles. Carbon dalam bentuk CO2 tidak sempat dilepas ke atmosfer bumi, tetapi langsung ditangkap dan dimanfaatkan kembali.

Lantas untuk apa pemanfaatan CO2 yang berhasil ditangkap ini? Yang paling mudah dan kebutuhannya memang sangat besar adalah digunakan sebagai energi kembali, maka energi baru yang terlahir dari penangkapan CO2 inilah yang kita sebut Regenerative Energy. Sedangkan reaktor yang memungkinkan untuk konversi CO2 menjadi Regenerative Energy ini kami sebut OCCYRE (Onboard Carbon Cycle Regenerative Energy) reactor.

Dengan adanya Offboard dan Onboard Carbon Cycles ini, inshaAllah akan ada akselerasi penurunan emisi ke atmosfer bumi, driver-nya bukan lagi komitmen atas kesepakatan negara-negara di dunia seperti NDC (Nationally Determined Contribution) dlsb., tetapi driver-nya menjadi kebutuhan masing-masing korporasi, industri dan institusi - bahwa dengan menerapkan Onboard Carbon Cycles ini mereka akan memperoleh dua manfaat sekaligus.

Pertama penghematan energi yang akan sangat significant - bahan bakar sedikit akan menjadi cukup karena dipakai secara berulang terus menerus, dan yang kedua penurunan emisi yang juga akan sangat drastis - karena seluruh CO2 akan ditangkap untuk menjadi sumber bahan bakar baru tersebut.

Bagaimana dengan yang enggan melakukannya oleh berbagai sebab? Mereka akan rugi sendiri, karena dikala industri atau korporasi lain bisa menekan biaya sangat significant dari penghematan energi ini, yang tidak melakukannya pasti akan kehilangan daya saingnya sendiri.



52. Regenerative Energy Infinity Model

Bahwasanya semua penduduk bumi akan terus mendapatkan rezekinya hingga akhir zaman itu pasti, itu adalah ketetapanNya "Dan tidak satu pun makhluk bergerak di bumi melainkan semuanya dijamin Allah rezekinya..." (QS 11:6). Tetapi ini tidak berarti rezeki itu akan datang dengan sendirinya, harus ada yang mengupayakannya.

Seperti makanan kita, harus selalu ada petani di muka bumi ini yang menanam tanaman pangan, sehingga meskipun kita tidak menanam sendiri - kita selalu bisa membeli bahan pangan yang kita butuhkan. Pun demikian sebenarnya dengan energi.

Bila energi itu adalah sesuatu yang akan habis, lantas apa energi yang tersisa untuk 10 milyar penduduk bumi yang akan hidup di abad ini? Maka sama dengan bahan pangan kita, yang harus terus ditanam bahkan juga ditingkatkan produktifitasnya, energi-pun harus 'ditanam'.

Ada dua cara 'menanam' energi ini, pertama secara harfiah - yaitu menanam apapun untuk pangan kita, limbahnya bisa untuk energi - ini yang kita sebut energi biomassa. Yang pertama ini akan semakin penting perannya di abad ini dan akan terus meningkat kontribusinya, namun tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus melonjak seiring pertumbuhan ekonomi dan penduduk dunia.

Maka dibutuhkan pula cara 'menanam' energi yang kedua, yang tumbuh dan berbuah secara instant, ini mengikuti hukum kekekalan energi yang berbunyi : " dalam system terisolasi, energi tidak bisa diciptakan dan tidak bisa dimusnahkan, dia hanya berubah bentuk dari satu bentuk energi ke bentuk lainnya".

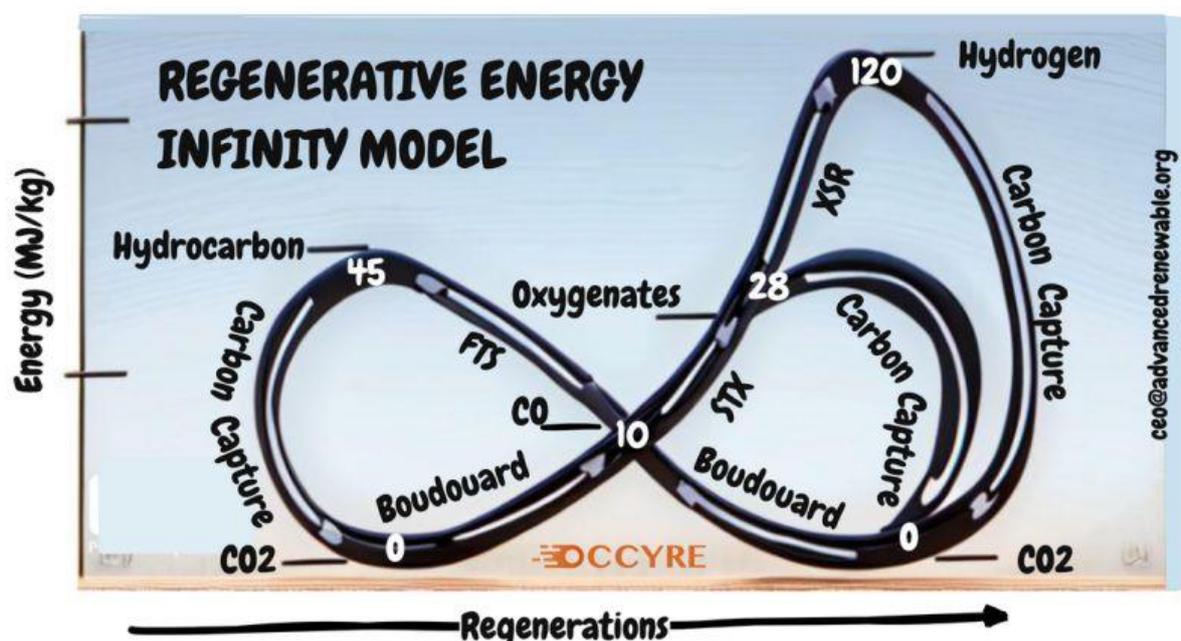
Maka perubahan bentuk energi inilah yang menjadi dasar lahirnya konsep Regeneratve

Energy yang kami usung. Intinya adalah bila kita bisa mastering perubahan bentuk energi dari satu ke yang lainnya, maka kita akan selalu bisa 'menanam' energi baru. Sketsa infinity model di bawah meng-ilustrasikan hal ini secara sederhana.

Ketika bahan bakar hydrocarbon yang kita gunakan sekarang dibakar misalnya, selain menghasilkan tenaga dan limbah panas, dia pasti mengeluarkan emisi CO₂. CO₂ inilah yang kita tangkap dan 'tanam' menjadi energi baru dalam bentuk yang paling dasar yaitu CO, reaksinya menggunakan Boudouard reaction dalam reaktor yang kita sebut OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy).

CO ini bisa dipakai langsung sebagai energi (10 MJ/kg), atau digunakan untuk memproduksi oxygenates - bahan bakar yang mengandung oksigen. Oxygenates ini juga bisa langsung digunakan sebagai bahan bakar (20-28 MJ/kg), atau untuk men-delivery hydrogen melalui reforming. Hasilnya adalah hydrogen yang mengandung energi tinggi (120 Mj/kg) dan bersih pula.

Namun proses reforming untuk menghasilkan hydrogen dari oxygenates juga memberi limbah emisi CO₂ lagi, dan inipun bisa ditangkap dan di'tanam' kembali untuk menjadi CO. Dari CO inipula bisa dihasilkan kembali bahan bakar hydrocarbon seperti bensin, diesel dlsb., melalui Fischer-Tropsch Synthesis (FTS). Begitu seterusnya proses ini berulang, tidak ada matinya hingga akhir zaman!



53. Perpetual Carbon Cycles, Learning From the Nature

Sejak dua manusia pertama diturunkanNya ke bumi, Adam dan Hawa, bumi ini dihuni dengan jumlah penduduknya yang terus meningkat. Pertumbuhan penduduk dunia ini

adalah karena adanya proses regenerative, sepasang manusia - menurunkan manusia-manusia baru berikutnya.

Karena manusia terus bertambah banyak, sarana penunjang kehidupannya juga diciptakanNya dengan prinsip yang sama, yaitu tumbuh secara regenerative. Petani menanam biji-bijian, sebagian kita makan - sebagian ditanam kembali. Demikian pula dengan ternak, tumbuh berkembang biak - secara regenerative, agar kita bisa terus menikmati daging, susu, keju dlsb.

Sebagaimana dengan system regenerative untuk diri dan pangan kita, untuk energipun harus bisa tumbuh demikian. Pertumbuhan kembali inipun sudah terjadi di alam, yang kita kenal dengan energi biomassa. Hanya saja energi biomassa ini perputarannya kurang cepat untuk mengimbangi pertumbuhan penduduk dunia dan pertumbuhan adopsi teknologinya - karena semakin tinggi adopsi teknologi, orang butuh semakin banyak energi.

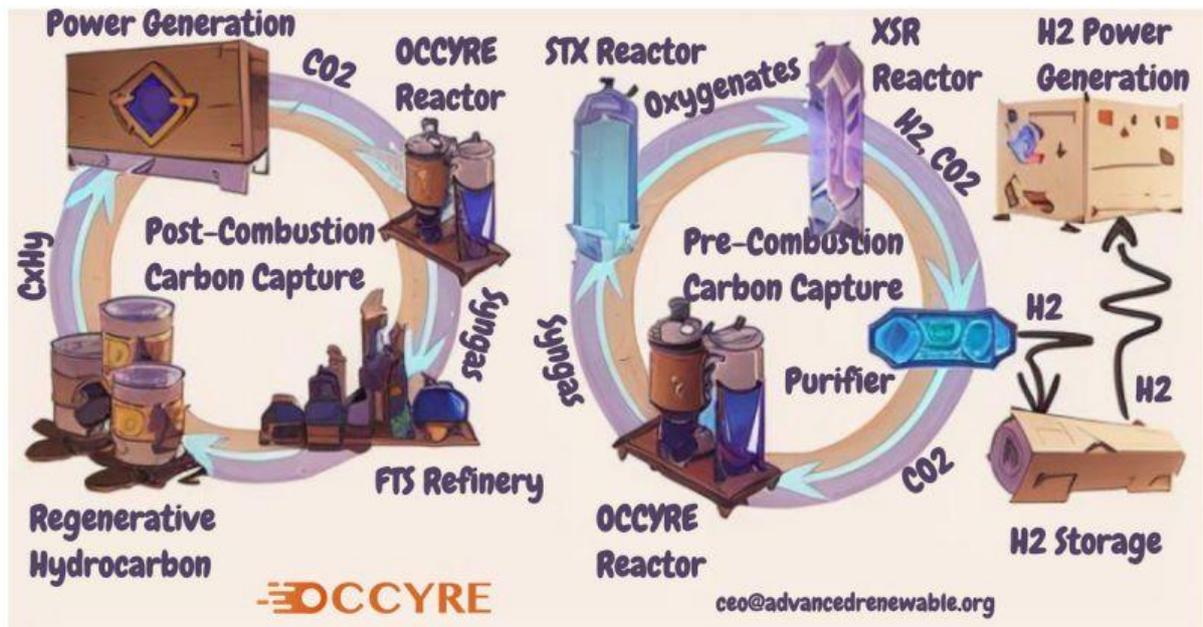
Maka pertumbuhan energi secara regenerative ini harus bisa kita percepat, dengan mensikluskan unsur energi yang paling mudah untuk disikluskan, yaitu carbon. Bila yang di alam siklus carbon ini dari CO₂ dengan air dan sinar matahari menjadi C_xH_yO_z (Biomassa), kemudian ketika dibakar akan kembali menghasilkan CO₂, yang kita percepat-pun mirip, yaitu CO₂ - CO -Oxygenates (C_mH_nO_y) atau Hydrocarbon (C_xH_y), ketika regenerative fuels ini dibakar, kembali juga CO₂ akan dihasilkan.

Pra-syarat dari regenerative fuels ini adalah kemampuan kita untuk bisa menangkap CO₂ yang hingga kini masih selalu dibuang ke atmosfer bumi. Ada dua sistem penangkapan CO₂ yang kami perkenalkan, yaitu yang kami sebut post combustion dan pre-combustion seperti dalam grafik di bawah.

Post-combustion adalah ketika bahan bakar hydrocarbon digunakan di mesin-mesin konvensional seperti generator set, boiler dlsb. Emisi CO₂ dari hasil pembakaran pada mesin-mesin tersebut yang kita tangkap dan rubah menjadi CO melalui OCCYRE Reactor. CO dan H₂ - yang juga bisa diproduksi dari CO melalui Water Gas Shift, kemudian dirubah menjadi hydrocarbon kembali melalui Fischer-Tropsch Synthesis, untuk bisa digunakan di mesin konvensional semula.

Sedangkan pre-combustion CO₂ kita tangkap dan rubah menjadi CO dengan OCCYRE pula, namun CO yang dihasilkan digunakan untuk memproduksi oxygenates yang tilak dibakar langsung. Oxygenates seperti methanol, ethanol dan DME - Dimethyl Ether, dapat difungsikan sebagai hydrogen carrier. Oxygenates di-reform in-situ untuk menghasilkan hydrogen yang dibutuhkan, sedangkan limbahnya berupa CO₂ di-recycles kembali menggunakan OCCYRE reactor. Ketika H₂ dibakar atau dioksidasi, dia sudah tidak menimbulkan emisi CO₂ lagi.

Sebagaimana manusia akan tetap eksis di bumi ini hingga akhir zaman, begitu pula sumber-sumber rezekinya, termasuk energi yang disiapkan secara regenerative ini.



54. Carbon Capture and Utilization To the Max

Berpuluh tahun sejak disepakati para pemimpin dunia bahwa emisi carbon ke atmosfer bumi harus diturunkan, kenyataannya hingga kini emisi itu masih terus meningkat, suhu permukaan bumi masih memanas, perubahan iklim masih memburuk, dan cuaca ekstrem masih terus memecahkan rekor demi rekor baru.

Harus ada faktor penggerak baru, agar penurunan emisi ini bisa berjalan dengan cepat, dan penggerak baru ini tidak bisa lagi berupa tekanan dari luar melalui undang-undang dan komitmen antar negara, penggerak baru itu harus datang dari dalam diri para stakeholder emisi itu sendiri. Dan penggerak internal yang sangat efektif itu adalah penghematan biaya.

Bila orang diminta menurunkan emisi dan bersamaan dengan itu akan keluar biaya besar, maka akan ada kecenderungan untuk tidak melakukannya. Sebaliknya, bila ada insentif penurunan biaya yang significant, orang akan melakukannya dengan sukarela.

Maka solusi yang kami usung adalah merubah fokus dari menekan emisi menjadi menghemat energi, bila biaya energi kita bisa menjadi sangat murah karenanya, maka orang akan berbondong-bondong melakukannya, dan yang tidak melakukannya akan rugi sendiri karena akan kalah bersaing.

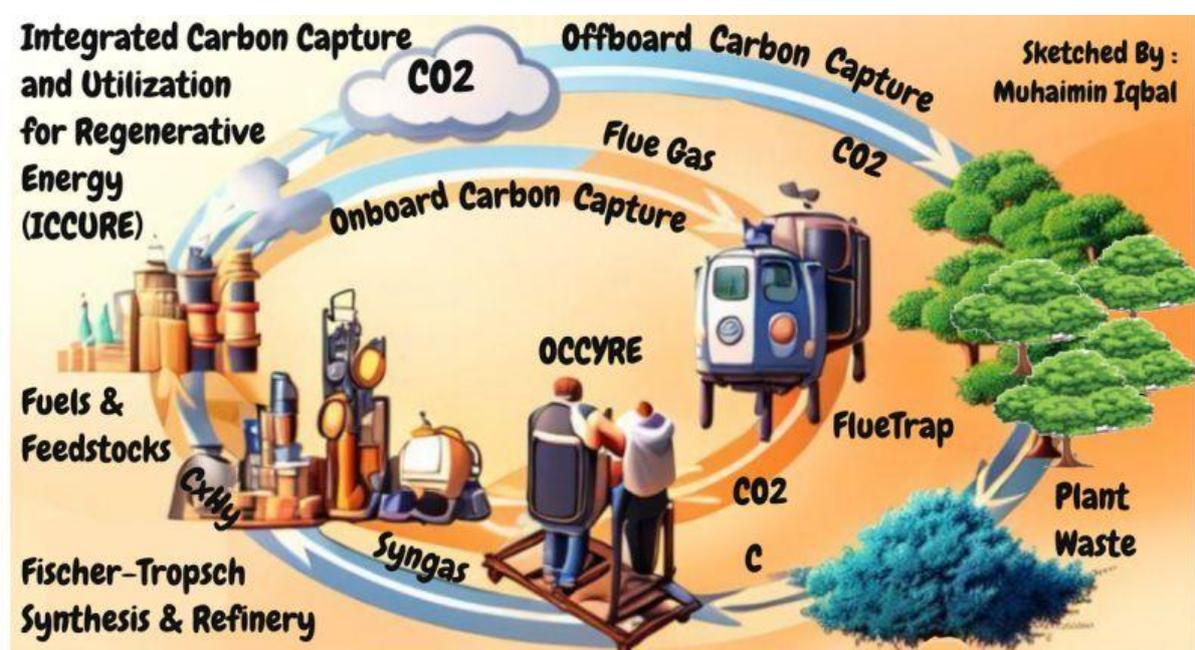
Solusi ini kami wujutkan dalam skema di bawah yang kami sebut Integrated Carbon Capture and Utilization for Regenerative Energy (ICCURE). Melalui skema ini, emisi CO₂ ditangkap melalui dua cara sekaligus yaitu offboard - penangkapan CO₂ melalui tanaman, dan onboard menggunakan teknologi FlueTrap dan OCCYRE.

Tanaman yang kami pilih adalah Tamanu (*Calophyllum inophyllum*), karena ini jenis tanaman halophyte - yaitu mampu tumbuh baik dengan air asin. Jadi bisa ditanam di tanah-

tanah gersang termasuk gurun - karena bisa diairi dengan air laut, tidak perlu berebut air tawar untuk air minum dan tanaman pangan kita.

Hasil dari offboard dan onboard carbon capture akan menjadi gabungan yang pas manakala keduanya digunakan untuk feedstocks dari OCCYRE reactor, yang beroperasi berdasarkan Boudouard reaction. Dari offboard akan menjadi sumber C, sedangkan dari onboard menjadi sumber CO₂, keduanya akan menghasilkan gas CO yang merupakan komponen utama syngas. Dari CO inilah bisa dihasilkan kembali segala jenis bahan bakar yang kita butuhkan, baik berupa oxygenates, hydrocarbon, maupun carbon-free fuels.

Karena bahan bakar ini diperoleh dari serba limbah, yaitu emisi CO₂ dan limbah tanaman, maka bahan bakar akan menjadi murah, orang akan secara sukarela menggunakannya. Dan dampaknya, seluruh emisi akan terserap habis dengan sendirinya baik secara offboard maupun onboard. Proposal detail available bagi institusi atau korporasi yang sudah membutuhkannya.



55. Carbon Sequestration and Regenerative Energy from Tamanu Trees

Pohon ini dahulu dipilih oleh Wali Songo untuk membentengi gugusan pulau-pulau kecil di utara pula Jawa - yang belakangan dikenal sebagai Karimunjawa - agar tidak tenggelam oleh abrasi air laut. Dia ditanam sampai pinggir laut, sehingga buahnya 'nyemplung' ke laut - maka dalam bahasa Jawa dia disebut nyamplung. Ulama yang mendakwahkan lingkungan ini-pun kemudian disebut Sunan Nyamplungan - nama aslinya Syeh Amir Hasan, Putra dari Sunan Gunung Muria.

Kini enam abad kemudian, pencarian kami untuk pohon yang ideal untuk penyerapan

carbon secara offboard, untuk ditandem dengan teknologi onboard kami, hasilnya sama - tanaman yang nama internasionalnya tamanu dan nama ilmiahnya *Calophyllum inophyllum* - ini yang terbaik untuk penyerapan carbon yang masif secara global. Apa kriterianya?

Pertama untuk serapan carbon kita tidak bisa menggunakan lahan yang sudah subur, harus lahan yang gersang atau bahkan mati yang bisa dihidupkan kembali dengan tanaman-tanaman ini. Kedua dia harus tidak tergantung air tawar karena lahan-lahan kritis di dunia menjadi kritis justru karena tidak ada air tawar ini. Ketiga dia harus produktif dari hasil pohon itu sendiri, sehingga orang tidak perlu menabangnya untuk diambil kayunya.

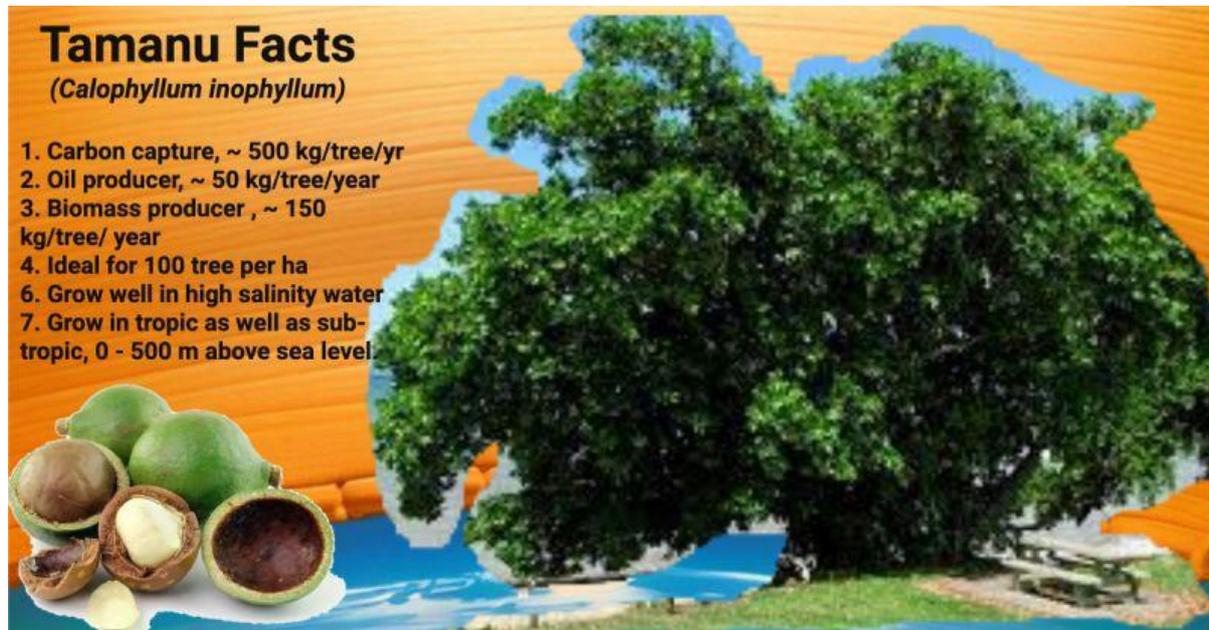
Ketiga kriteria ini semua ada pada pohon tamanu atau nyamplung ini. Bahwa dia bisa hidup di lahan gersang, dapat dilihat di habitat tanaman ini yang sudah menyebar di seluruh Nusantara, umumnya di pinggir pantai yang gersang. Bahwa dia bisa hidup dengan air asin itu sudah terbukti lebih dari enam abad sejak sunan Nyamplungan menanamnya di pinggir pulau-pulau Karimunjawa tersebut di atas.

Untuk hasil pohon ini sendiri utamanya diambil buahnya, buahnya mengandung minyak yang sangat tinggi - bisa mencapai 50 kg minyak per pohon per tahun setelah pohon berusia empat tahun atau lebih. Pohon ini juga tetap produktif di usia tuanya lebih dari 50 tahun.

Minyak tamanu tidak untuk dimakan, tetapi harganya di pasaran internasional dia lebih mahal dari minyak makan yang mahal sekalipun. Umumnya digunakan untuk wellness industry, untuk antiaging khususnya karena senyawa aktif di dalamnya yang disebut Calophyllolide. Sedangkan cangkang buah tamanu mirip cangkang kemiri, mengandung energi tinggi - untuk kita ambil carbon-nya.

Yang terakhir inilah yang kita gunakan untuk bahan C pada reaksi Boudouard, yang akan mereaksikan C tersebut dengan CO₂ untuk menjadi gas CO, yaitu komponen utama syngas yang bisa menjadi building blocks segala jenis bahan bakar yang kita gunakan saat ini.

Karena dia bisa hidup dengan air asin di lahan yang mati sekalipun, bisa dibayangkan luasnya area yang bisa ditanami tamanu ini, di daerah MENA (Middle East and North Afrika) saja yang selama ribuan tahun mayoritas lahannya gersang, kini bisa menjadi target penghijauan sekaligus target serapan carbon bagi dunia, antara lain bisa dilakukan dengan pohon tamanu ini.



56. Carbon Sebagai Aset, Bukan Beban

Seperti binatang buas, carbon itu hanya berbahaya bila dia berkeliaran di alam bebas - atmosfer bumi secara tidak terkendali. Dia menjadi sumber daya yang multiguna manakala bisa kita 'jinakkan' dan kelola secara maksimal, antara lain menjadi energi. Segala bentuk energi yang kita gunakan saat ini dan di masa depan seluruhnya bisa dihasilkan dari carbon, grafik di bawah menjelaskan hal ini.

Grafik bagian kanan adalah akumulasi carbon sebagai dampak dari penggunaan energi. Akumulasi carbon ini - mayoritasnya dalam bentuk CO₂ terjadi dengan sendirinya di atmosfer bumi hingga saat ini - karena belum kita kelola! Begitu berhasil kita tangkap dan kelola, dia menjadi aset yang bisa kita rubah menjadi bahan bakar apa saja, yang saya summary-kan di grafik bagian kiri.

CO₂ adalah carbon yang teroksidasi penuh, tidak mengandung energi (0 MJ/kg), namun bila kita bisa ambil satu O-nya saja, dengan reaktor OCCYRE yang beroperasi berdasarkan Boudouard reaction, dia akan menjadi CO yang sudah mengandung energi lagi (~10 MJ/kg). Bila diambil kedua O-nya dengan elektrolisa, dia menjadi padatan carbon murni yang kandungan energi-nya setara dengan 2/3 dari energi minyak bumi (~30 MJ/kg).

Akan menjadi lebih menarik lagi bila CO tersebut dijadikan bahan bakar yang lebih tinggi, yang paling ideal bila CO digunakan untuk memproduksi hydrogen dengan Water Gas Shift (WGS) reaction, hasilnya akan menjadi hydrogen murni dengan kandungan energi yang sangat tinggi (~120 MJ/kg).

Bila hydrogen tidak langsung digunakan in-situ dan in-time, perlu disimpan dan ditransportasikan, maka hydrogen bisa 'disimpan' dahulu dalam bentuk oxygenates, karena menyimpan dan mentransportasikan hydrogen murni sangatlah mahal - butuh tekanan 700

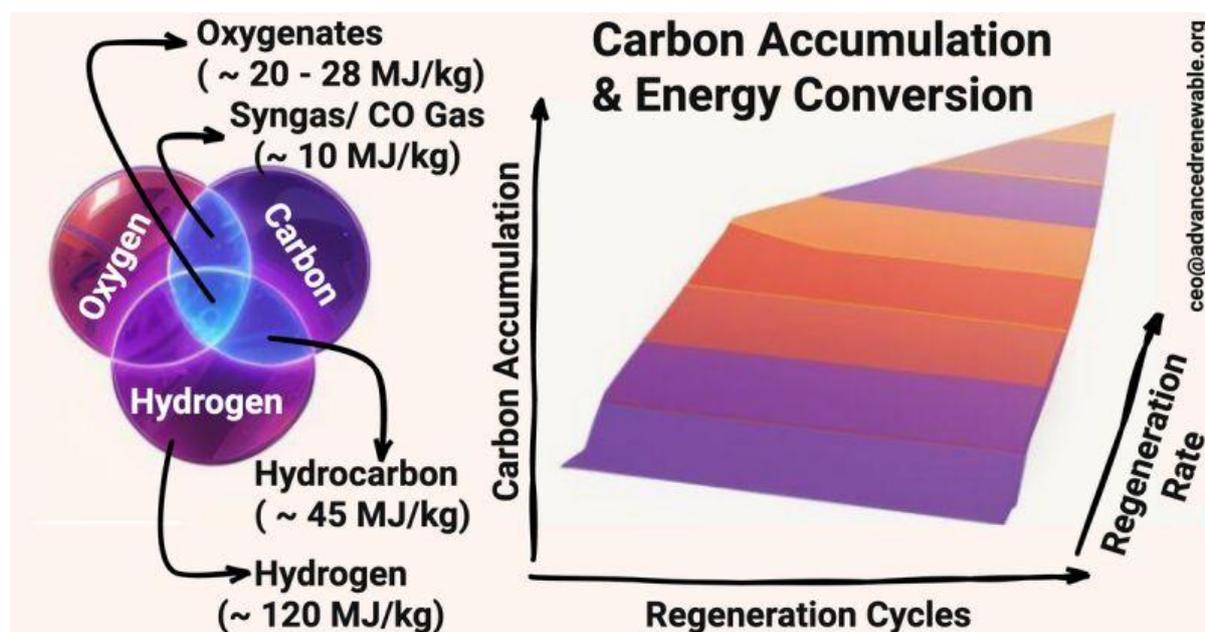
Bar atau suhu minus 253 derajat Celsius.

Oxygenates seperti methanol, ethanol dan DME (Dimethyl Ether) selain bisa difungsikan sebagai hydrogen carrier, juga bisa langsung digunakan untuk bahan bakar dengan kalori yang menengah (~ 20 - 28 MJ/kg).

Karena yang paling banyak dibutuhkan saat ini masih bahan bakar hydrocarbon seperti diesel, jet-fuel, bensin dan LPG, maka CO juga bisa dijadikan bahan bakar hydrocarbon tersebut. Untuk ini CO butuh pendamping H₂ - yang juga bisa diproduksi dari CO melalui WGS reaction tersebut diatas.

Dengan rangkaian berbagai produk bahan bakar yang bisa diturunkan dari CO₂ ke CO dan seterusnya ini, menjadi ironi bila dunia mempersepsikan CO₂ sebagai sesuatu yang masih harus dibuang ke udara dengan segala konsekwensinya, menimbulkan masalah pemanasan global, perubahan iklim, cuaca ekstrem dlsb., kemudian dunia harus mengeluarkan dana yang sangat kolosal untuk berusaha menghilangkannya kembali dari atmosfer bumi dengan apa yang disebut decarbonization.

Mengapa tidak langsung ditangkap di sumbernya dan dijadikan energi? Disinilah dibutuhkan perubahan persepsi itu, dari melihat CO₂ sebagai beban menjadi CO₂ sebagai aset, setelah itu baru kita bisa solusikan kebutuhan teknologinya.



57. Dedieselisasi Tanpa Mematikan Mesin Diesel

Di antara mesin pembangkit daya yang paling banyak populasinya di dunia adalah mesin diesel. Karena produksinya yang sangat masal sejak abad lalu, mesin-mesin diesel ini juga relatif murah harganya dibanding pembangkit daya yang lain. Karenanya dia menjadi solusi untuk pengadaan listrik di daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik.

Meskipun mesinnya murah dan mudah di dapat, tidak demikian dengan bahan bakarnya. Pembangkit listrik dengan bahan bakar diesel adalah termasuk yang paling mahal biaya produksi listrik per satuan kilowattnya. Kisarannya 5-7 kali lebih mahal dari rata-rata biaya produksi listrik dengan bahan bakar lainnya.

Disamping itu bahan bakar diesel juga menjadi kontributor yang significant pada emisi CO₂ di atmosfer bumi. Setiap liter bahan bakar diesel dibakar, 2.64 kg CO₂ di lepas ke atmosfer bumi. Jadi karena mahalnya harga bahan bakar dan tingginya tingkat emisi ini, sejumlah negara bertekad mengurangi penggunaan mesin diesel untuk pembangkit listriknya - dengan program yang disebut dedieselisasi.

Namun program ini juga bukan program yang murah karena harus mengganti infrastruktur mesin-mesin diesel yang sudah terpasang sangat masif, menyebar di seluruh dunia sejak abad lalu.

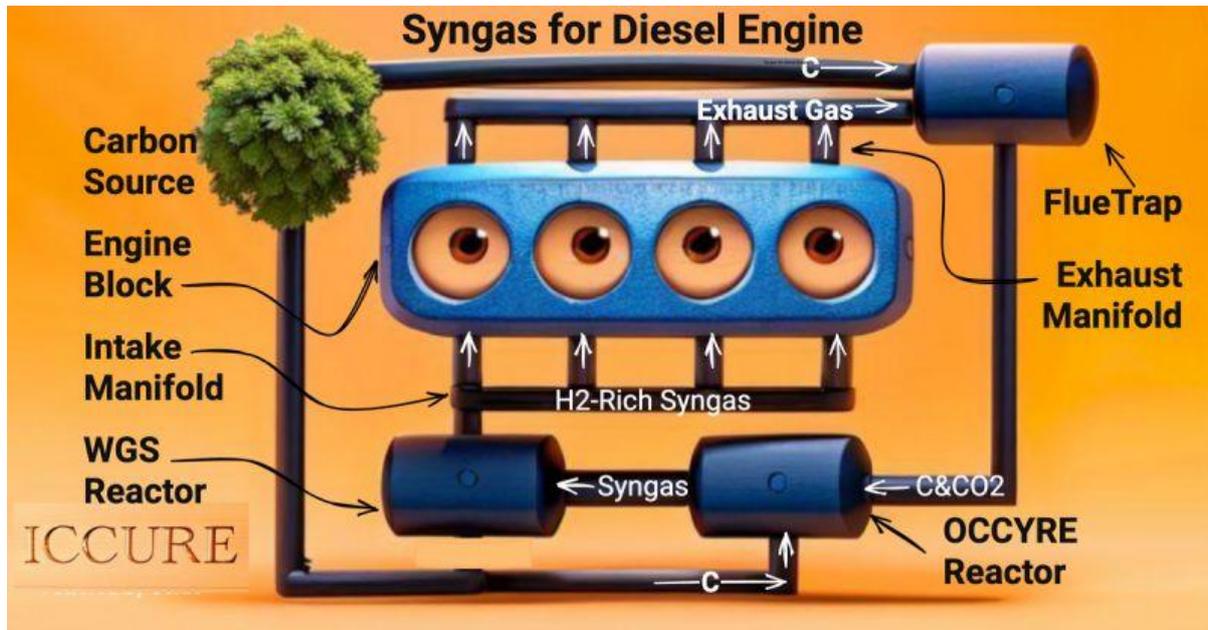
Dilema antara mahalnya biaya listrik dengan bahan bakar diesel dan mahalnya investasi penggantinya inilah yang antara lain kami solusikan dengan apa yang kami sebut regenerative syngas ini. Mesin-mesin pembangkit daya bertenaga diesel tetap dapat digunakan seluruhnya, hanya bahan bakarnya saja yang diganti, yaitu dengan syngas yang diproduksi dari limbah gas buang mesin diesel itu sendiri.

Untuk ini konfigurasi mesin dieselnnya kami modifikasi seperti dalam ilustrasi di bawah. Ada tiga komponen yang kami tambahkan yaitu FlueTrap untuk menangkap CO₂ dengan adsorbent, dengan ini semua emisi CO₂ ditangkap dan digunakan kembali sebagai bahan bakar.

Kedua adalah OCCYRE reactor, yaitu mesin gasifikasi CO₂ dengan carbon untuk menghasilkan syngas. Namun standar syngas ini kalorinya rendah, hanya di kisaran 5-7 MJ/kg, sehingga kinerjanya kurang bagus bila langsung digunakan untuk pengganti diesel.

Maka kami tambahkan satu komponen lagi yaitu Water Gas Shift (WGS) reactor. Dengan WGS ini, rasio H₂:CO dari komponen syngas dapat ditingkatkan dari standardnya di bawah 0,5 menjadi 3 dan bahkan 4. Dengan ini kandungan energi syngas akan meningkat menjadi 29 - 42 MJ/kg, atau bisa mendekati diesel yang 45 MJ/kg.

Dengan regenerative syngas ini, bukan hanya bahan bakar menjadi sangat murah karena dari limbah emisi CO₂, juga emisi ke atmosfer bumi menjadi mendekati zero karena seluruh emisi ditangkap dan digunakan sebagai bahan bakar kembali. Inilah solusi dedieselisasi yang paling murah dan doable!



58. Low Cost Clean Energy With Regenerative Syngas

Dunia telah sepakat pada tahun 2030, seluruh penduduk planet bumi ini harus mampu menjangkau energi modern yang bersih (SDGs no7). Namun hingga kini, dunia belum kunjung mendekati pada energi yang lebih terjangkau apalagi bersih. Energi fosil tetap mendominasi dunia dan yang jelas tidak semakin terjangkau. Maka think tank kami, Advanced Renewable Organization (ARO) menawarkan solusi ini.

Bahan bakar yang sangat bersih dengan emisi carbon mendekati zero ini kami beri nama Regenerative Syngas (RS). Bisa diproduksi dimana saja dari bahan baku yang terdiri dari tiga komponen yang murah, yaitu emisi CO₂, carbon (arang) dan air.

Ilustrasi di bawah adalah formulasi reaksinya dan konfigurasi mesin-mesinnya. Reaksi kimia yang kami gunakan untuk proses produksi RS ini intinya ada dua. Pertama adalah reaksi Boudouard, yang ditemukan ilmuwan Perancis Octave Leopold Boudouard akhir abad 19, yaitu bila CO₂ direaksikan dengan carbon C, dia akan menghasilkan 2 molekul gas CO.

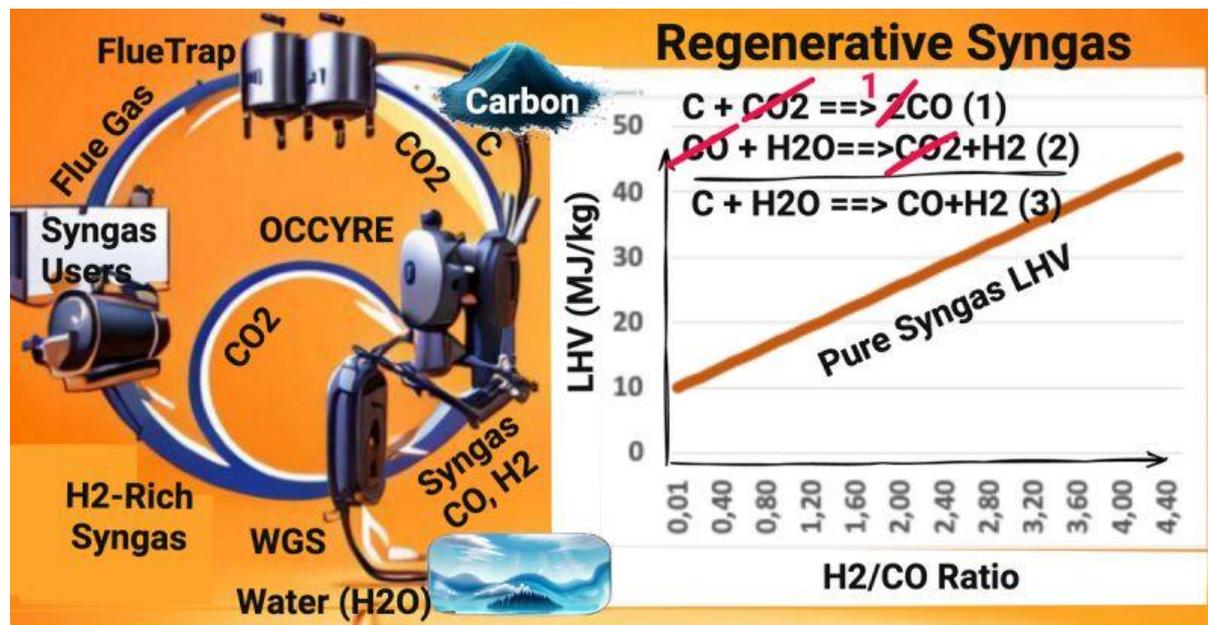
Reaksi kedua adalah temuan ilmuwan Italia abad 18, Felice Fontana, yaitu ketika 1 dari 2 molekul CO hasil reaksi pertama kami reaksikan kembali dengan air, hasilnya adalah 1 molekul CO₂ dan H₂. Keseluruhan reaksi bila dijumlahkan akan menjadi reaksi ke 3, yaitu $C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2$ atau yang disebut syngas. Apa makna dari reaksi-reaksi ini?

Disinilah tersimpan kunci dari dekarbonisasi itu, kita bisa lihat bahwa CO₂ 'hilang' dalam rangkaian reaksi ini dan berubah menjadi syngas. Ilustrasi yang di kiri adalah rangkaian mesin dan proses untuk mengeksekusi dua reaksi tersebut di atas. Pertama CO₂ dari sumber emisi ditangkap dengan teknologi FlueTrap, setelah itu direaksikan di dalam OCCYRE reactor untuk menjadi syngas.

Keluaran OCCYRE masih syngas standar, kaya akan CO tetapi masih miskin H₂ - karena hanya mengandalkan H₂ yang terbawa oleh arang. Maka melalui reaksi ke 2, syngas ini diperkaya dengan H₂ yang berasal dari air yang diuapkan. Sumber panas penguapan ini menggunakan limbah panas yang berasal dari OCCYRE reactor yang beroperasi pada suhu di atas 800 derajat Celsius. Sedangkan sumber panas untuk OCCYRE sendiri berasal dari membakar sebagian carbon.

Reaksi ke 2 juga berfungsi sebagai pengendali, berapa besar energi yang kita inginkan dari syngas ini, semakin tinggi komposisi H₂ - yang diambil dari uap air, semakin tinggi Lower Heating Value (LHV) dari syngas ini. Syngas dengan LHV tinggi mendekati LHV minyak bumi ini bisa digunakan sebagai bahan bakar apa saja, untuk power generation, untuk menghasilkan panas/steam, dan bahkan juga bisa untuk menghasilkan bahan bakar hydrocarbons maupun oxygenates.

Karena ada dua sumber carbon yang digunakan dalam system ini, yaitu dari arang dan dari emisi CO₂, maka selain kita menghasilkan energi yang reliable, murah dan bersih, kita juga bebersih atmosfir bumi dari emisi CO₂ - dari manapun sumber emisi itu berasal!



59. Regenerative Ecosystem for Food, Energy and Water (REFEW)

Saat ini penduduk bumi ini telah mencapai 8.1 milyar orang, dan akan mencapai 10 milyar dalam waktu kurang dari tiga dasawarsa kedepan. Daya dukung kehidupan insyaAllah akan cukup karena sudah dijamin oleh Sang Pencipta (QS 11:6).

Tiga kebutuhan dasar yaitu Food, Energy and Water (FEW) pasti bisa disediakan untuk seluruh penduduk bumi ini. Untuk ini proyek yang kami beri nama Regenerative Ecosystem

for Food, Energy and Water (REFEW), kami jadikan sarana untuk mewujudkan cita-cita kemanusiaan ini.

Bila selama ini pemenuhan tiga kebutuhan pokok tersebut saling berebut sumber daya, dalam proyek REFEW ini - ketiganya dirancang untuk saling menumbuhkan, dan saling menumbuhkan ini pula yang menjadi keywords pembeda dari proyek sejenis yang dirancang penggiat lainnya.

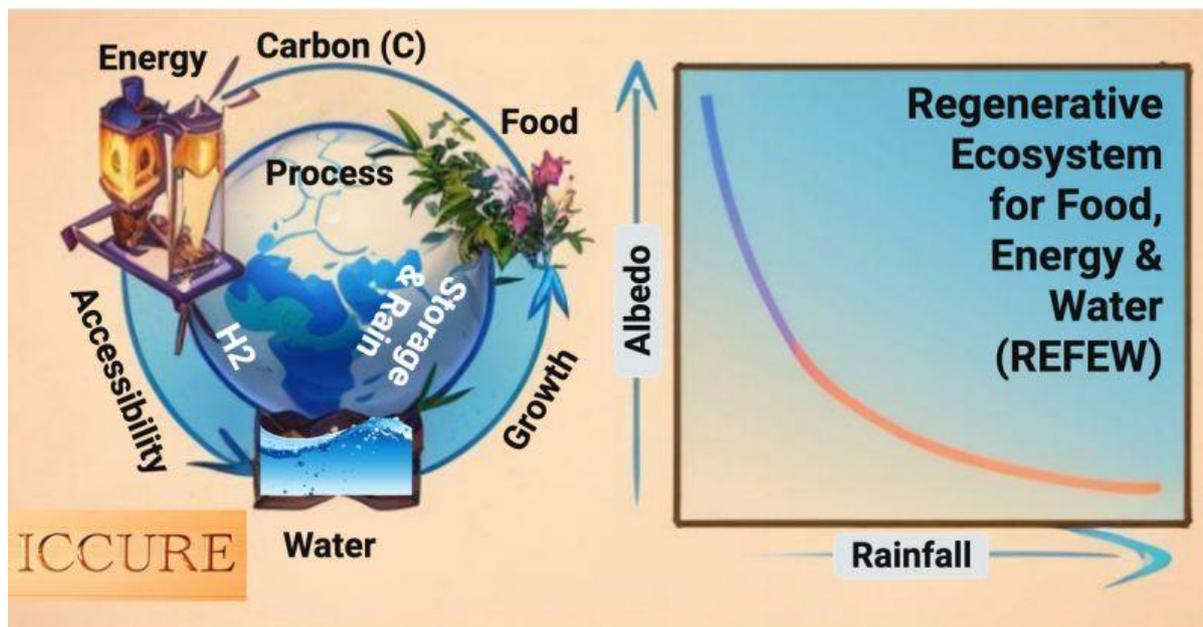
Mulai dari Food, petunjuknya adalah kita harus bisa menanam tanaman pangan bahkan di bumi yang mati sekalipun, dengan apa? mulai dengan biji-bijian yang kita makan (QS 36:33). Tetapi bagaimana kita bisa menanam bila tidak ada air?, awalnya air yang sedikit bisa didatangkan dari tempat yang jauh, atau disuling dari air laut dengan teknologi yang ramah lingkungan dan hemat energi, dengan CDI (Capacitive De-Ionization), misalnya.

Air yang sedikit ini juga harus disimpan dengan baik di tanah, untuk ini dibutuhkan arang agar air tanah tersimpan secara efektif. Dengan tanah hitam atau disebut Terra Preta inilah kita akan bisa mulai menanam di bumi yang mati dan air yang sedikit tersebut. Mulai dari biji-bijian yang kita makan, dari jenis legum yang seain berprotein tinggi juga bisa mem-fiksasi langsung nitrogen yang ada di udara - ini penting ketika lahan kita masih miskin hara.

Setelah tanaman tumbuh, permukaan buminya akan berubah - dari bumi gersang atau mati yang memantulkan sinar matahari dengan kuatnya - disebut albedo tinggi, menjadi bumi yang hijau dengan albedo yang rendah. Albedo tinggi membuat awan tidak sempat menggumpal secara besar karena selalu 'tertembak' oleh albedo ini. Ketika albedo turun, awan bisa menggumpal menjadi besar, dan di daerah yang semula tandus tersebut-pun akan bisa turun hujan.

Di tanah yang sudah hijau, buminya hidup dan diperkuat oleh kemampuan menyimpan air tanah, ketika turun hujan - air akan terakumulasi di dalam tanah dan dalam jangka panjang akan memancarkan mata air (QS 36:34). Di daerah dimana hujan turun dan bahkan mata air muncul di bumi yang semula tandus, tanaman apapun bisa tumbuh - biomassa akan melimpah.

Saat itu tanah yang semula tandus-pun akan bisa mencukupi segala kebutuhan penghuninya, termasuk untuk energinya - karena untuk menghasilkan energi bersih yang kami sebut regenerative syngas (<https://lnkd.in/gQcndYt2>), yang dibutuhkan sebagai inputan hanya emisi CO2, biomassa/carbon, dan air - saat itu semuanya melimpah tersedia. InsyaAllah.



60. Environmental and Social Actions – ESA

Sudah beberapa tahun ini komitmen dunia untuk tumbuh secara berkelanjutan ditindak lanjuti juga di tingkat korporasi. Otoritas-otoritas keuangan dunia bahkan sudah lama mewajibkan penerapan keuangan berkelanjutan bagi bank, industri keuangan non bank, emiten dan perusahaan publik.

Puncaknya di Uni Eropa tahun ini mulai berlaku standar pelaporan keuangan baru yang sangat ketat mengatur hal yang sering disebut Environmental, Social and Governance (ESG) ini. Standar laporan keuangan baru yang disebut European Sustainability Reporting Standards (ESRS). Sebagaimana standari dari EU lainnya, ESRS inipun akan segera berdampak ke belahan dunia lainnya.

Dari tiga unsur ESG, unsur G (Governance) mayoritasnya tidak masalah bagi perusahaan-perusahaan besar yang sudah terkena peraturan semacam ini, tetapi dua unsur lainnya yaitu E (Environmental) dan S (Social), tidak semuanya memiliki sumber daya yang cukup untuk bisa menerapkannya secara seksama. Maka ini menjadi pasar yang luar biasa besar bagi para konsultan, jasa audit dlsb, yang mendampingi para korporasi tersebut untuk memenuhi kewajiban ini.

Inipun belum akan cukup karena masalah E&S tersebut ujungnya harus benar-benar diimplementasikan di lapangan, harus ada pihak yang bekerja secara fisik di lapangan memperbaiki lingkungan dan sosial dengan segala parameternya, termasuk namun tidak terbatas pada penurunan emisi CO2, ketersediaan air bersih, supply pangan yang berkelanjutan, pertumbuhan GDP (Gross Domestic Product), HDI (Human Development Index) dan seterusnya.

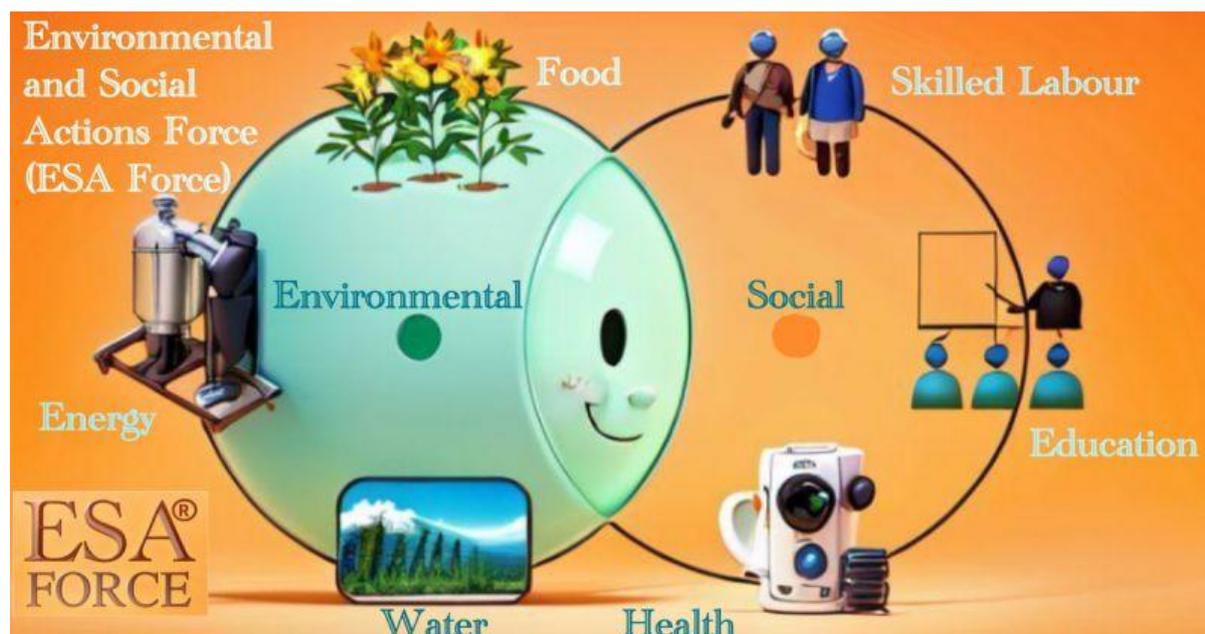
Karena hal ini butuh resources yang sangat besar, dan justru bisa men-distract korporasi

dari core bussiness-nya bila masuk terlalu dalam ke area E&S ini sendiri, maka think tank kami yang sangat produktif - Advanced Renewable Organization, kembali mengeluarkan layanan baru yang kami sebut Environmental and Social Actions Force (ESA Force).

Fungsi ESA Force ini membatu koporasi, institusi dan bahkan pemerintah untuk penerapan ESG - khususnya pada unsur E&S-nya. Program riilnya di lapangan kurang lebih seperti dalam diagram di bawah. Untuk environmental - kami fokus di tiga hal yang berdampak paling besar yaitu Food, Energy and Water. Program detailnya kami sebut REFEW (Regenerative Ecosystem for Food, Energy and Water), detilnya ada di unggahan sebelumnya : <https://lnkd.in/grzcmiyG>

Untuk program social, kami fokus pada 3 hal yang berdampak langsung pada perbaikan HDI, yaitu kesehatan, pendidikan dan lapangan pekerjaan yang berkualitas. Detail program social ini akan kami share di unggahan terpisah.

Karena masifnya potensi gerakan ESA Force ini, kami mengundang berbagai pihak yang bisa melihat opportunity yang sama dan tertarik bergabung dengan ESA Force ini, baik sebagai co-founder, c-level executives, country director, investors, pelaksana lapangan dan perbagai posisi lain yang akan terbuka di seluruh dunia. Silahkan menghubungi kami melalui private message media ini.



61. Home Made Gelato

Sebelum pandemi, team R&D kami sempat mengembangkan gelato - yang belum sempat dipasarkan sudah keburu pandemi. Yang kami kembangkan adalah gelato khusus, yang bisa dibuat dari buah-buahan apapun yang ada di negeri ini. Bahkan membuatnya tidak perlu mesin gelato yang mahal.

Dengan mixer rumahan standar-pun Anda sudah akan bisa membuat gelato yang lezat yang pas dengan selera Anda sendiri. Ini juga bisa menjadi cara baru untuk mengawetkan buah-buahan khas Indonesia seperti durian, nangka, aneka mangga dlsb. Setelah menjadi bahan gelato, buah-buahan bisa disimpan dalam waktu yang lama tanpa kehilangan cita rasa dan nutrisinya.

Bisa juga menjadi peluang usaha baru bagi siapa saja yang memiliki tempat strategis, di perkantoran, pabrik, pertokoan, mall, sekolah dlsb., karena untuk membuat gelato yang kami formulasikan secara khusus ini Anda tidak harus membeli mesin, dan tidak ada ketentuan modal minimum. Asal di dapur Anda sudah ada lemari es dan mixer standar saja, Anda sudah akan bisa produksi gelato yang satu ini.

Yang Anda perlu beli hanya gelato base mix-nya saja dari team R&D kami, sedang buah-buahan, air dan gula Anda bisa beli di pasar terdekat sesuai selera Anda. Cara detail panduan membuatnya ada dalam paket gelato base mix-nya.

Lantas apa bedanya gelato dengan es krim biasa? gelato adalah es krim ala Italia, dengan tekstur dan rasa yang kuat, karena kandungan udaranya jauh lebih rendah dari es krim biasa - yang bertekstur dan rasa yang 'ringan'. Tes sederhananya adalah ketika gelato siap Anda konsumsi, dia cukup padat dan kuat melekat pada cup-nya, sehingga ketika cup dibalik-pun dia tidak tumpah, pada saat yang bersamaan dia tetap mudah disekop.

Tertarik untuk buat gelato Anda sendiri? hubungi kontak yang ada di video ini.



https://www.linkedin.com/posts/iqbalmuhaimin_home-made-gelato-sebelum-pandemi-team-r-activity-7163423856236376064-sE1W/?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

62. Two Sides of the Same Coin of CO2

Seperti dua sisi dari mata uang yang sama, selama ini kita cenderung melihat carbon dalam bentuk CO2 hanya dari satu sisi - yaitu sebagai bentuk emisi yang mengotori atmosfer bumi, menyebabkan pemanasan global, perubahan iklim, cuaca ekstrem dan segala akibat yang ditimbulkannya.

Kita belum melihat sisi lainnya yang penuh potensi, diantaranya sebagai sumber energi baru terbesar yang ada di depan mata kita. Energi baru yang kita sebut Regenerative Energy (RE) ini bisa dirupakan dalam berbagai bentuk, baik berupa daya/listrik maupun bahan bakar cair dan gas, dari kelompok oxygenates, hydrocarbon maupun yang carbon-free seperti hydrogen.

Dengan melihat dua sisi secara utuh ini, kita juga akan bisa men-justifikasi pola penanganan CO2 yang lebih proper. Sebab ketika CO2 hanya dipandang sebagai sumber emisi, pola penanganannya akan cenderung menjadi cost center saja. Demikian pula ketika kita hanya lihat CO2 sebagai sumber energi baru saja, akan cenderung dibanding-bandingkan dengan sumber energi lain yang bisa jadi lebih murah, seperti hydropower, angin dan matahari.

Bila listrik tenaga air, angin dan matahari exist bersama listrik dari batubara dan diesel misalnya, maka benar tiga yang pertama tidak menambah CO2 ke udara, tetapi dua yang terakhir akan butuh biaya besar untuk menurunkan CO2-nya. Bayangkan kalau RE hadir bersama listrik tenaga diesel dan batu bara, kehadiran RE bukan hanya menambah sumber energi baru yang bebas emisi, tetapi juga menyerap CO2 dari pembangkit listrik yang menggunakan diesel dan batubara yang exist bersamanya.

Ilustrasi di bawah adalah kalau kita sandingkan listrik tenaga diesel sebagai contoh dengan RE, semua CO2-nya akan terserap melalui dua reaksi, Boudouard ($\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}$) yaitu sisi koin yang kiri, dan Water Gas Shift atau WGS ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2$) yaitu sisi koin yang sebelah kanan. CO2 yang muncul dari WGS kemudian ditangkap lagi untuk memasuki siklus berikutnya.

Peningkatan dari sisi efisiensi energi akan sangat significant, karena energi yang semula hanya dihasilkan oleh pembakaran diesel (45 MJ/kg), melalui proses thermomechanics - yaitu panas yang menggerakkan mesin diesel - umumnya hanya memiliki efisiensi di bawah 30%, dengan RE akan ditambah energi thermochemicals - yaitu ketika CO2 berubah menjadi CO di reaktor OCCYRE, kemudian CO berubah menjadi H2 di WGS, dan ujungnya ketika H2 bereaksi dengan O2 membentuk air dengan melepas panas 120 MJ/kg.

Tentu untuk bisa mengolah CO2 menjadi CO dan kemudian juga H2 butuh energi, yaitu panas. Tetapi energi panas ini bisa diperoleh secara murah dari pembakaran carbon atau biomassa - yang tidak semahal dan selangka diesel. Kemudian dari CO2 hingga menjadi H2 dengan kandungan energi 120 MJ/kg tersebut, hanya butuh energi panas sekitar 22.5 MJ, atau hanya sekitar 18.75% digunakan untuk energi proses.

Dengan konfigurasi seperti ini, efisiensi energi yang semula di bawah 30% melonjak menjadi sekitar 57% dan bebas emisi!

ethanol, Dimethyl Ether (DME), hydrocarbon seperti bensin, diesel, jet-fuel, LPG, maupun untuk memproduksi carbon-free fuels seperti hydrogen dan amonia.

Karena RE ini diproduksi dengan reaktor gasifikasi khusus, OCCYRE reactor - yaitu reactor yang bisa memfasilitasi Boudouard reaction ($C+CO_2 \rightleftharpoons 2CO$) secara efektif, pada suhu di atas 800 derajat Celsius, maka ada potensi energi lain yang juga bisa diolah, yaitu energi dari waste heat.

Yang paling sederhana adalah memanfaatkan limbah panas ini untuk pemanas atau pendingin ruangan, dan untuk water heating. Yang lebih canggih lagi adalah limbah panas inipun masih bisa untuk menghasilkan energi listrik lagi, teknologi yang matang bisa menggunakan Organic rankine Cycle (ORC) microturbine, atau bisa juga menggunakan Thermo Electric Generator (TEG).

Dari contoh-contoh pemanfaatan RE di atas, kita bisa tahu bahwa apapun bentuk kebutuhan energi kita - sebenarnya bisa dipenuhi dari RE yang diproduksi antara lain dari bahan baku berupa emisi CO2. Maknanya apa ini? dua masalah besar dunia saat ini - solusinya ada di deoan mata kita, yaitu masalah emisi CO2 yang begitu mengawatirkan karena dampaknya ke global warming, climate change, extreme weather dlsb. dan masalah energy security yang sudah sampai titik rawan di sejumlah negara.

Dua masalah besar tersebut solusinya sama, yaitu kita tangkap emisi CO2-nya dan kita olah menjadi energi dasar, yang paling sederhana untuk ini adalah mulai dari mengolahnya menjadi Regenerative Syngas ini!



64. Regenerative Energy, How It Grows

Regenerative adalah sifat untuk bisa tumbuh atau tumbuh kembali, ketika kata ini kita sematkan pada sesuatu - maka sesuatu itu akan memiliki karakter tumbuh tadi. Mudah kita pahami bagaimana manusia, hewan dan tanaman semua tumbuh beranak-pinak memenuhi bumi ini dengan sifat regenerative tersebut. Lantas bagaimana Regenerative Energy (RE) tumbuh? dari mana tambahan energinya?

Sama dengan manusia, kita tumbuh karena sel-sel dalam tubuh kita membelah diri, ketika kita melahirkan keturunan - ini berulang dengan sangat cepat, dari satu sel tumbuh menjadi anak-anak yang bahkan tubuhnya lebih besar dari kita. Bagaimana kita bisa tumbuh? karena ada asupan makanan dan minuman ke tubuh kita.

Maka demikian pula dengan RE tersebut, untuk bisa tumbuh terus menerus memenuhi kebutuhan manusia yang juga tumbuh, energi itupun butuh asupan. Apa asupannya? yang paling murah dan mudah adalah asupan yang selama ini kita buang - baik yang kita buang ke atmosfer bumi dalam bentuk emisi CO₂, maupun yang kita buang dalam bentuk sampah dan limbah - yang mayoritas kandungannya adalah juga carbon.

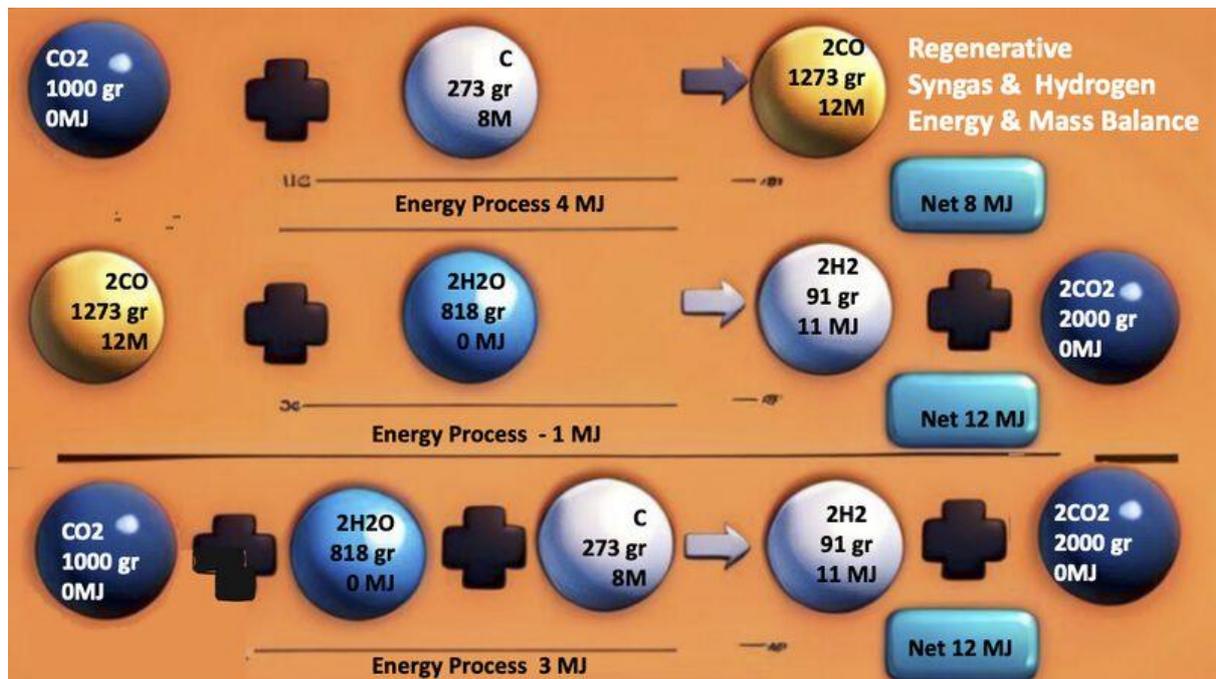
Dalam grafik di bawah, dapat dilihat bagaimana CO₂ yang kita reaksikan dengan Carbon (C), dia sudah langsung menjadi energi baru. Awalnya menjadi gas CO yang sudah bisa langsung digunakan sebagai bahan bakar, atau diproses lebih lanjut. Yang kita contohkan di grafik bila CO ini kita gunakan untuk memproduksi hydrogen.

Dengan jalur apapun 'asupan awal' berupa CO₂ dan C, ketika digunakan untuk energi akan berujung pada gas buang CO₂ kembali. Bisa melalui pasca pembakaran, misalnya CO kita bakar - hasilnya panas dan CO₂. Bisa pula tanpa melalui pembakaran atau pre-combustion, misalnya ketika CO kita reaksikan dengan air, hasilnya adalah hydrogen dan CO₂.

Karena ada 2 C, yaitu dari CO₂ dan dari Carbon C, diproses seperti apapun ujungnya akan ada limbah 2 CO₂, dan inilah yang selama ini terakumulasi di atmosfer bumi dan menimbulkan pemanasan global, perubahan iklim, cuaca ekstrem dlsb. Namun ketika 2 CO₂ tersebut kita tangkap, maka dia bisa menjadi energi baru kembali, yang semula kita punya 1 CO₂ dan 1 C, ketika sudah kita gunakan energinya baik sebagai syngas maupun H₂, limbahnya berupa 2 CO₂, inilah yang menjadi bahan baku untuk energi baru berikutnya lagi.

Bagaimana memanfaatkan limbah 2 CO₂ yang baru ini? Bisa mengulangi proses yang sama dengan menambahkan 2 C dan seterusnya. Atau bisa dengan cara lain, yang kita tambahkan bukan 2 C tetapi 6 H₂ misalnya, Apa yang akan terjadi? Dia akan menjadi bahan bakar cair dari kelompok oxygenates - mengandung Oksigen, ataupun bahan bakar hydrocarbon - ketika O-nya dipisahkan.

Reaksi dari CO₂ dengan H₂ menjadi bahan bakar hydrocarbon seperti bensin, diesel, LPG dlsb., saat ini sudah bisa dilakukan secara ekonomis karena H₂-nya bisa diproduksi dengan murah menggunakan elektrolisa air dengan listrik, yang lagi-lagi listriknya diproduksi secara regenerative tersebut di atas.



65. Introducing Regenerative Hydrocarbon Equation (RHCE)

Ini kabar baik bagi masyarakat seluruh dunia di tengah krisis geopolitik yang semakin tidak menentu, energy security juga mulai terganggu di sejumlah negara. Kini negara manapun di dunia bisa memproduksi minyak bumi atau hydrocarbon-nya sendiri secara ekonomis, dengan memanfaatkan tiga hal yang pasti ada di setiap negara - atau belahan bumi manapun. Tiga hal tersebut adalah emisi carbon (CO_2), biomassa (penghasil carbon atau C) dan air.

Bagaimana menjadikannya hydrocarbon pengganti minyak bumi yang ekonomis? Tiga proses berikut - yang setidaknya dari hasil eksperimen kami - yang paling feasible. Tiga proses ini bukan temuan kami, melainkan temuan para ilmuwan dari tiga abad yang lampau, yang kami lakukan sekedar menyederhanakannya agar hydrocarbon mudah diproduksi dan murah, serta agar emisi CO_2 selalu ada yang memanfaatkannya.

Proses pertama adalah temuan Oliver Leopold Boudouard dari abad 19, intinya dia merubah CO_2 dan C menjadi gas CO . Aplikasinya kami buat reactor yang kami sebut OCCYRE (Onboard Carbon Capture for Regenerative Energy) - persamaan 1.

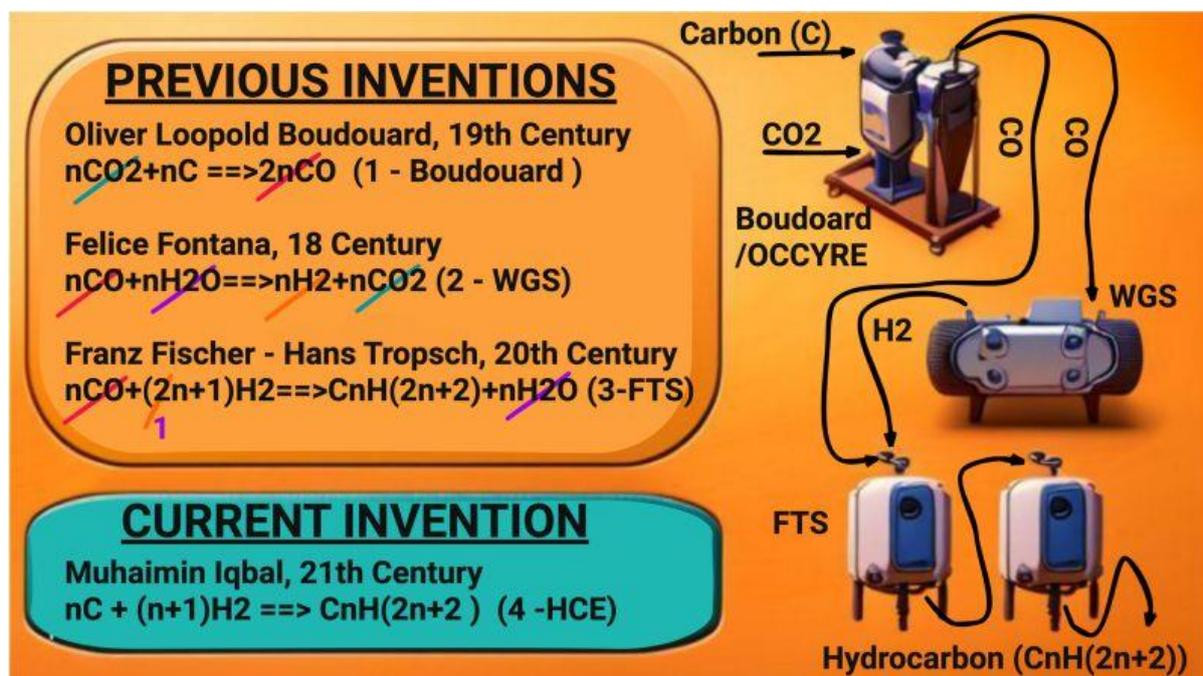
Proses kedua adalah temuan Felice Fontana dari abad 18, intinya merubah gas CO dan air menjadi H_2 dan CO_2 . Aplikasinya kami buat reactor yang disebut Water Gas Shift (WGS) reactor - persamaan 2.

Proses ketiga adalah temuan Franz Fischer dan Hans Tropsch pas seabad lalu, yaitu abad 20. Intinya merubah gas CO dan Hydrogen menjadi Hydrocarbon yang kita kenal, bisa diarahkan untuk bensin, diesel, jet-fuel, LPG dan seterusnya.

Ketiga proses yang ditemukan oleh masing-masing penemunya di abad yang berbeda-beda ini, lantas kami sederhanakan - seperti di bagian kiri dari ilustrasi di bawah, molekul yang sama tetapi berada di sisi yang berbeda akan saling meniadakan, maka hasilnya persamaan ke 4 yang sangat sederhana.

Karena kami belum menemukan ada yang telah memberi nama persamaan ke 4 ini, maka sementara kami beri nama Regenerative Hydrocarbon Equation (RHCE). Prosesnya yang paling ekonomis menggunakan 3 langkah tersebut di atas, tetapi untuk memahaminya dalam kaitan perencanaan model bisnis dlsb., persamaan ke 4 yang kami temukan ini bisa sangat memudahkan.

Intinya bila kita bisa membuat C reactive dan murah - antara lain dengan OCCYRE, dan juga hydrogen yang murah - antara lain dengan WGS, maka kita akan bisa memproduksi Hydrocarbon yang murah dengan FTS reactor. Inilah jawaban atas cita-cita dunia di SDGs no 7, clean and affordable energy, mestinya kudu bisa dicapai sebelum 2030, melalui proses-proses atau persamaan-persamaan ini.



66. Regenerative Health In 3 Steps

Ada benang merah antara program-program lingkungan dan program-program sosial yang kami gagas di Environmental and Social Actions (ESA) (<https://lnkd.in/gpuX73Jz>), benang merah itu adalah satu kata yaitu 'Regenerative'. Bila di bidang energi kita kenalkan konsep Regenerative Energy (RE), maka di bidang kesehatan ada Regenerative Health (RH).

Sama dengan RE untuk mengatasi masalah kebutuhan energi secara mendasar, demikian pula di bidang kesehatan dengan RH ini, untuk mengatasi segala masalah kesehatan dengan sangat mendasar. Bila di RE yang kami gunakan untuk 'melahirkan' energi-energi baru

adalah carbon, di RH yang menjadi sumber kesehatan itu ada pada apa yang disebut Stem Cells. Apa sebenarnya Stem Cells ini?

Stem Cells adalah sel-sel induk yang dari padanya terlahir sel-sel baru dengan berbagai fungsinya. Bila Stem Cells ini terjaga kuantitas dan kualitasnya, maka akan selalu bisa terlahir sel-sel baru yang dibutuhkan oleh tubuh kita untuk menggantikan sel-sel yang rusak karena faktor usia, penyakit atau luka/kecelakaan , dlsb.

Karena luar biasanya Stem Cells ini, maka ada pengobatan yang mahal menggunakan injeksi Stem Cells - untuk memperbanyak Stem Cells di tubuh pasien. Namun tidak demikian dengan konsep RH, jumlah dan kualitas Stem Cells tidak dihasilkan dari injeksi dari luar tubuh - tetapi ditumbuhkan secara internal oleh tubuh kita sendiri.

Jadi RH initya menjaga kesehatan tubuh kita dengan menjaga kuantitas dan kualitas Stem Cells yang ada pada tubuh. Lantas dengan apa kita bisa menjaganya? Tiga langkah ini akan bisa menjaga kuantitas dan kualitas Stem Cells di tubuh kita.

Pertama dengan menjaga agar perut kita selalu tidak dalam posisi penuh, harus selalu ada ruang kosong di dalamnya. Dalam hadits disebutkan 1/3 perut kita itu untuk udara atau pernafasan. Bahasa ilmiahnya adalah Caloric Restriction (CR), percobaan yang dilakukan para scientist dengan tikus mencit menunjukkan pengosongan perutnya antara 10%-40% dalam periode yang lama meningkatkan produksi Stem Cells di dalam perut tikus-tikus percobaan tersebut.

Kedua dengan sering-sering berpuasa, atau disebut juga Dietary Restriction (DR). Bedarnya dengan CR adalah bila CR membiasakan perut 1/3 kosong terus menerus, DR membiarkan perut tidak mendapatkan asupan makan/minum sama sekali tetapi dalam periode yang pendek - sekitar 12 jam secara berselang seling. Dampaknya pada kualitas Stem Cells yaitu dengan meningkatkan kualitas fungsi-fungsinya. Kombinasi antara CR dan DR akan meningkatkan kuantitas dan kualitas Stem Cells ayng ada di tubuh kita.

Lantas bagaimana menjaga kebutuhan energi tubuh kita dan nutrisinya agar selalu terjaga secara cukup meskipun perut kita selalu tidak penuh dan sering-sering berpuasa - tidak makan/minum sama sekali dalam waktu sekitar 12 jam berselang seling? Kombinasi makanan kita yang dijaga kaya nutrisi bukan kaya energi. Maka langkah ketiga dari RH adalah High Nutrition (HN) food, bukan High Energy!



67. Color of Regenerative Syngas Flames, Color of Our Future!

Carbon secara fisik memang warnanya hitam, ketika kita lepas ke atmosfer bumi dalam bentuk CO₂ juga memberi kesan hitam. Namun ketika arang itu kita reaksikan dengan emisi CO₂ dia sendiri, api yang muncul dari pada keduanya bisa berwarna-warni seperti dalam foto di bawah. Itulah yang kita sebut Regenerative Syngas, energi murah karena bahannya semua dari limbah - yaitu limbah biomassa atau arang dan emisi CO₂.

Mesin untuk menghasilkan Regenerative Syngas ini yang kami sebut OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy) reactor, yaitu mesin pertama dari tiga mesin yang kami perkenalkan dalam Hydrocarbon Equation, di unggahan sebelum ini : <https://lnkd.in/gXYMQWqE>

Adapun warna-warni nyala api syngas ini tergantung pada tingkat kemurnian syngas dan kandungan hydrogen yang ada di dalamnya. Hydrogen yang ada di dalam syngas ini berasal dari hydrogen bawaan arang yang kami gunakan, karena rata-rata arang mengandung hydrogen sekitar 5%.

Tingkat kemurnian syngas dan kandungan hydrogen yang mempengaruhi warna nyala api syngas ini kami atur menggunakan dua parameter, yaitu parameter pemurnian dan katalis yang kami gunakan. Di OCCYRE reactor ini hanya plant-based catalyst yang kami gunakan, jadi selain ramah lingkungan - tujuan untuk menghasilkan bahan bakar yang murah tetap harus dijaga.

Dengan kualitas Regeneratif Syngas yang seperti ini, dia bisa digunakan sebagai apa saja. Bisa untuk bahan bakar langsung, kalau ini tidak perlu pemurnian dan peningkatan kandungan hydrogen, atau mau diolah menjadi Regenerative Hydrocarbon seperti bensin,

diesel, jet-fuel, LPG dlsb., maka dia butuh kandungan hydrogen yang lebih tinggi, minimal H₂/CO ratio di atas angka 2.

Untuk menjadi bahan bakar cair dari jenis Regenerative Hydrocarbon tersebut, syngas keluaran dari OCCYRE reactor ini selanjutnya akan menjadi feedstock di mesin kedua Water Gas Shift (WGS) reactor dan Fischer-Tropsch Synthesis (FTS) reactor.

Indahnya warna-warni nyala api dari Regenerative Syngas ini seolah memberi inspirasi ke Advancec Renewable Organization (ARO) team, betapa indahnya dunia kedepan, ketika emisi CO₂ bisa kita rubah menjadi energi bersih yang terjangkau - Clean and Affordable Energy, SDGs 7 - yang menjadi cita-cita dunia untuk kudu bisa dicapai paling lambat 2030. InsyaAllah bisa kita capai sebelum itu!



68. Introducing Biofuels 5.0 : Regenerative Oxygenates

Dalam perkembangan biofuels, dunia mengenal Biofuels 1.0 yaitu yang bahan bakunya berebut dengan pangan, 2.0 yang menggunakan limbah seperti lignoselulosa, 3.0 yang menggunakan tanaman non pangan yang tumbuh sangat cepat seperti microalgae, 4.0 yang menggunakan biomassa dari tanaman hasil rekayasa genetika yang dikhususkan untuk biofuels feedstock. Lantas apa itu Biofuels 5.0?

Biofuels 5.0 yang kami kenalkan ini adalah yang menggunakan bahan baku dari kombinasi limbah biomassa dan emisi CO₂. Kelebihannya dibandingkan empat generasi biofuels sebelumnya adalah ada pada siklus CO₂-nya. Emisi CO₂ dari biomassa itu sendiri adalah carbon-neutral, maka bila yang carbon-neutral inipun tidak kita lepas ke atmosfer bumi melainkan kita tangkap dan gunakan kembali untuk produksi bahan bakar, tiga manfaat sekaligus kita peroleh.

Pertama kita akan memiliki sumber carbon yang tiada habisnya, karena setiap kali digunakan sebagai penghasil energi, emisi CO₂-nya ditangkap dan digunakan kembali. Kedua pertumbuhan ekonomi dan kebutuhan energi dunia tdak harus serta merta diikuti dengan pertumbuhan emisi. Dan ketiga, semua negara, semua daerah dan bahkan masyarakat daerah terpencil-pun harusnya bisa memproduksi energinya sendiri dari bahan baku setempat. Inilah demokratisasi energi - dimana semua pihak sudah seharusnya memilki akses yang sama terhadap energi.

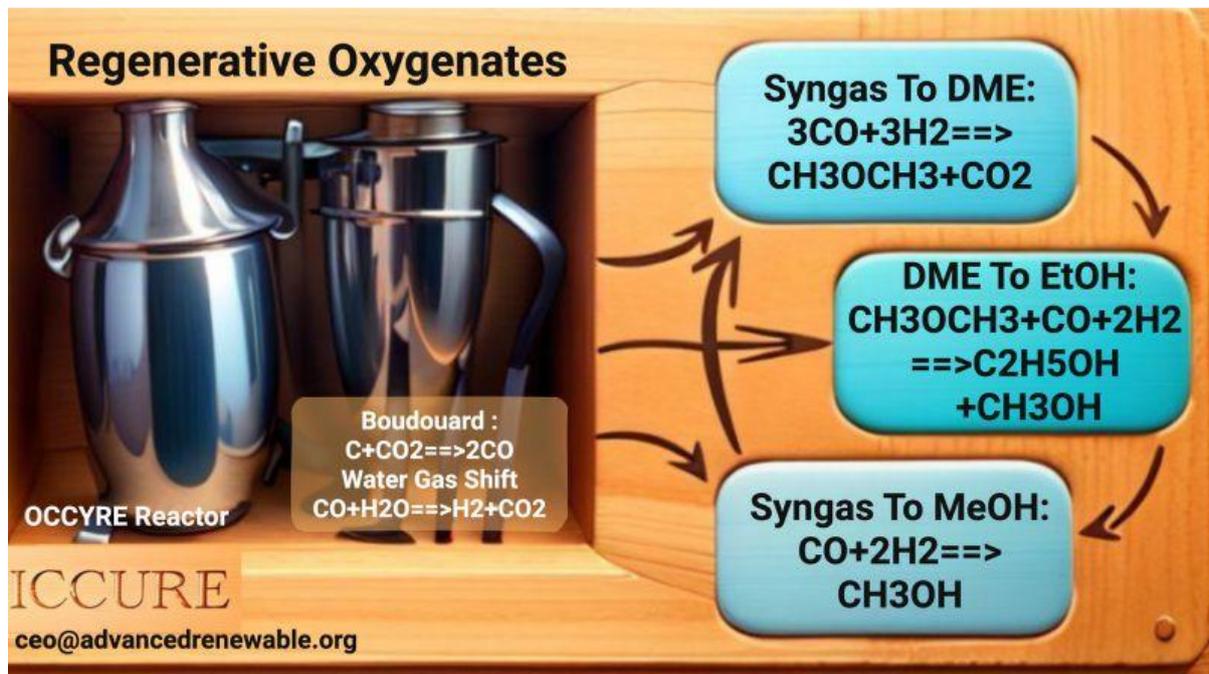
Lantas bagaimana kita bisa memproduksi Biofuels 5.0 ini? Yang dari jenis Regenerative Hydrocarbon, formulasinya sudah saya unggah sebelumnya di sini : <https://lnkd.in/g2SDKvCG> , sedangkan yang ada pada ilustrasi di bawah adalah yang dari jenis Regenerative Oxygenates (RO), apa sesungguhnya RO ini?

Dia adalah bahan bakar yang mengandung oksigen, yang produksinya melibatkan pemanfaatan CO₂ yang disirkulasikan kembali. Saya ambil tiga contoh yang paling umum adalah Ethanol, Methanol dan DME - yang ketiganya bisa diproduksi dari kabinasi limbah biomassa dengan CO₂.

Dibandingkan dengan produksi oxygenates generasi sebelumnya ada pada awal proses produksinya, yaitu ketika CO₂ dan Carbon dari biomassa direaksikan menjadi komponen utama syngas yaitu gas CO. Reactor yang kami buat untuk ini menggunakan formulasi Boudouard Reaction, sedangkan untuk memproduksi H₂ dari CO menggunakan Water Gas Shift (WGS). Reakator-nya sedniri kami sebut sebagai OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy).

Keluaran OCCYRE berupa gas CO dan H₂ inilah yang bisa digunakan untuk memproduksi segala macam jenis oxygenates. Yang paling sederhana Methanol, bisa langsung diproduksi dari 1 molekul CO dan 2 molekul H₂, dua molekul Methanol yang dikeringkan akan menjadi DME, DME juga bisa diproduksi langsung dari masing-masing 3 molekul CO dan H₂.

Ethanol dan Methanol bisa diproduksi sekaligus dari 1 molekul DME, 1 molekul CO dan 2 molekul H₂, dan seterusnya. Intinya Affordable Clean Energy yang dicita-citakan dunia dalam SDGs no 7 mestinya kudu bisa segera dicapai!



69. Regenerative Environmental and Social Actions

Perusahaan-perusahaan publik, emiten, bank, asuransi dan lembaga-lembaga keuangan lainnya di dunia saat ini sudah wajib menerapkan keuangan berkelanjutan dalam laporan mereka. Di Uni Eropa bahkan standard pelaporan yang lebih ketat mulai berlaku tahun ini untuk perusahaan-perusahaan besar dan lembaga keuangan, bahkan ini juga akan berlaku bagi perusahaan kecil dan menengah mulai tahun 2027.

Ini adalah hal yang baik yang dilakukan otoritas keuangan global untuk mendorong agar insan keuangan dan korporasi berbuat nyata dalam ikut serta memperbaiki kualitas lingkungan dan sosial. Tiga hal sebenarnya yang diwajibkan dalam kaitan pelaporan ini, yaitu tentang Environmental, Social dan Governance (ESG). Namun yang terakhir ini umumnya sudah tidak masalah bagi perusahaan-perusahaan yang sudah terkena peraturan tersebut, dua yang pertama yaitu isu lingkungan dan sosial yang masih perlu pekerjaan besar.

Karenanya produk layanan think tank kami di Advanced Renewable Organization (ARO) fokuskan pada program aksi terkait isu lingkungan dan sosial ini, Environmental and Social Actions (ESA) Force kami bentuk untuk bisa mendampingi perusahaan-perusahaan dalam aksi nyatanya pada dua isu penting ini.

Kita bisa mulai dari masalah energi misalnya, sumber masalah lingkungan itu berawal dari sini. Emisi CO₂ dari pembakaran energi yang dibiarkan terlepas ke angkasa menjadi penyebab global warming, climate change, cuaca ekstrim dlsb. Maka di program energi, yang kami usung adalah menangkap CO₂ dan merubahnya menjadi energi kembali, atau yang kita sebut Regenerative Energy.

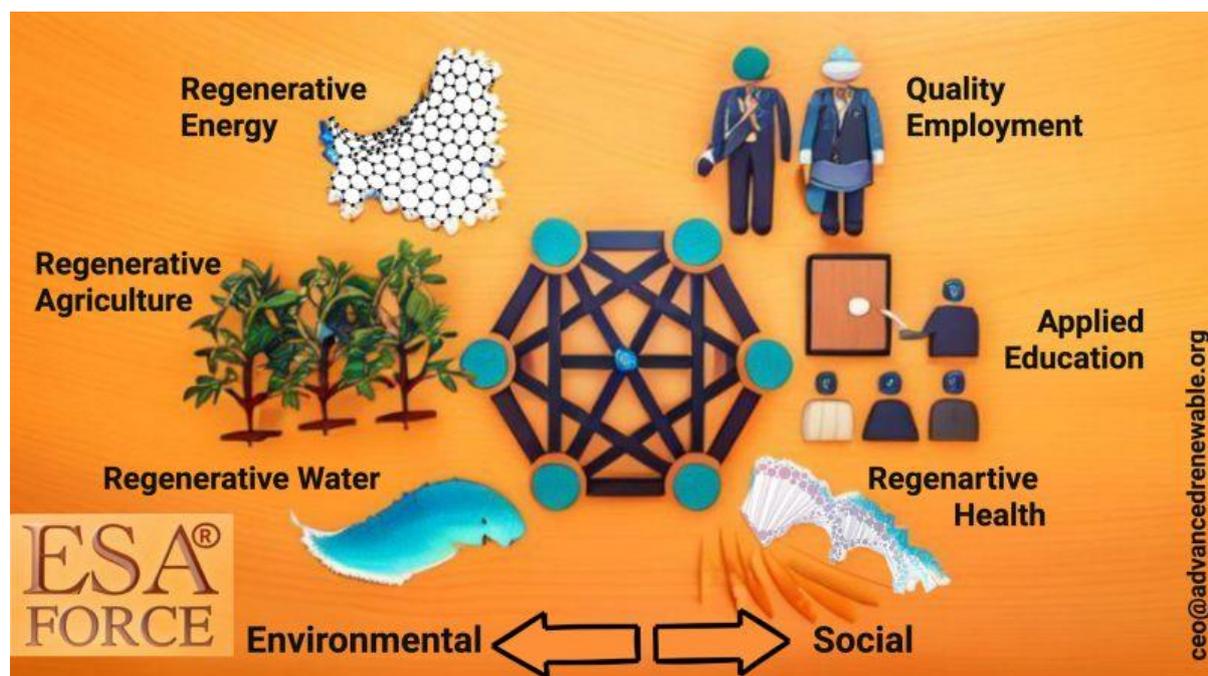
Tetapi CO₂ hasil pembakaran energi ini juga tidak mungkin bisa ditangkap secara onboard

semua, pasti masih sangat banyak yang terlepas - terutama dari sektor transportasi. Maka CO2 yang terlepas ke atmosfer bumi ini juga harus ditangkap secara offboard - melalui cara alami, yaitu menanam pohon sebanyak mungkin, utamanya di daerah-daerah yang sekarang gersang - bahkan sampai gurun sekalipun.

Untuk yang kedua ini kami kenalkan apa yang kami sebut Regenerative Agriculture, pertanian yang bahkan bisa menghidupkan tanah mati - bukan sebaliknya - mematikan lahan-lahan yang semula subur dengan berbagai pupuk kimia, insektisida dan pestisida.

Dampak dari Regenerative Agriculture ini juga akan memperbaiki simpanan air di dalam tanah, bahkan jangka panjangnya dia juga mengundang hujan untuk turun di daerah yang semula gersang melalui perbaikan albedo - mengurangi pantulan sinar matahari, ujungnya mata air-pun bisa muncul di gurun sekalipun - inilah yang kami sebut Regenerative Water.

Rekayasa yang senada dengan ini juga bisa dilakukan di bidang sosial, melalui Regenerative Health yang sudah saya kenalkan sebelumnya, melalui pendidikan terapan yang terkait dengan isu lingkungan dan sosial ini semua, dan ujungnya juga lapangan-lapangan kerja yang semakin berkualitas - yang dirancang untuk perbaikan lingkungan dan sosial, bukan sebaliknya.



70. Penampilan Perdana Regenerative Generator

Kalau Anda mencari mesin seperti di dalam foto ini, dijamin belum ada di pasaran, bahkan gambarnya-pun ini yang pertama dan belum ada duanya. Yang merancang mesin ini juga bukan manusia sepenuhnya, tetapi manusia yang dibantu kecerdasan buatan - Artificial Intelligence atau AI. Namun secerdas-cerdas AI, tetap butuh manusia yang memberinya parameter-parameter masukan yang dibutuhkannya.

Maka ketika kami inginkan mesin pembangkit listrik masa depan yang super efisien dalam bahan bakar, dan menggunakan bahan bakar yang pasti ada di seluruh belahan dunia - dimana di situ ada manusia tinggal - pasti di situ ada bahan bakar untuk ini. Maka inilah hasil rekayasa para insinyur di Advanced Renewable Organization (ARO) dengan bantuan AI itu.

Mesin ini berbahan bakar utama carbon atau arang, karena arang selalu bisa dibuat dari sisa-sisa makanan dan aktivitas kita lainnya. Arang juga mengandung energi tinggi, sekitar 30 MJ/kg atau 2/3 dari bahan bakar diesel. Arang mudah disimpan dan sangat stabil bahkan dalam rentang ribuan tahun.

Dari arang inilah ketika ketemu oksigen dia akan bisa menjadi bahan bakar gas berupa gas CO. Gas CO kalau kita reaksikan dengan uap panas maka dia akan menghasilkan hydrogen, dan keluaran hasil sampingnya adalah CO₂ (Water Gas Shift Reaction). Agar CO₂ tidak mencemari atmosfer bumi, maka CO₂ ditangkap kembali dan direaksikan dengan arang, hasilnya CO lagi (Boudouard reaction). CO yang direaksikan dengan uap panas hasilnya hydrogen kembali, begitu seterusnya.

Jadi bahan bakar utama yang harus ada adalah arang dan air, sedangkan CO₂ bisa dari luar mesin atau dari mesin itu sendiri. Inilah yang menurut AI, mesin pembangkit listrik yang paling efisien dan paling murah biaya produksinya di masa depan, dan bisa dihadirkan di seluruh permukaan bumi, di mana ada manusia tinggal dan hidup di situ - di situ pula energi pasti ada.

Bila Anda insinyur atau investor yang tertarik untuk mewujudkan mesin ini, maka Anda bisa menjadi bagian dari kami yang berusaha mewujudkan cita-cita dunia, agar energi bersih yang terjangkau - Affordable Clean Energy (SDGs 2030) itu bisa benar-benar diwujudkan jauh sebelum 2030, InsyaAllah!



71. Regenerative Hydrocarbon Micro Refinery

Berbeda dengan era fosil dimana sumber-sumber energi itu datang dalam skala besar dan supply secara kontinyu berpuluh-puluh tahun, energi yang berbahan baku biomassa sumbernya relatif kecil-kecil dan menyebar, ada sentra-sentra produksi yang hanya panen di musim-musim tertentu. Selain itu energi biomassa juga bulky, volumenya besar dengan kandungan energi yang rata-rata rendah.

Maka ketika kita mau mengolah biomassa menjadi regenerative fuels yang sudah saya sering unggah sebelumnya, dibutuhkan pendekatan industri yang berbeda. Akan lebih ekonomis bila kilang-kilangnya yang dibuat mobile dalam skala mikro, sehingga bisa hadir di sentra-sentra produksi biomassa pada musim yang sesuai.

Di bawah adalah kilang mikro yang kami sebut Regenerative Hydrocarbon Micro Refinery (RHMR), yang kami rancang - dengan bantuan AI, berdasarkan formulasi Hydrocarbon Equation yang sudah saya kenalkan sebelumnya di sini : <https://lnkd.in/g2SDKvCG>

Selain menggunakan arang biomassa dan air yang menjadi feedstocks utama RHMR ini, dia juga bisa diberi feedstock dari emisi CO₂, baik yang keluar dari system RHMR ini sendiri maupun dari sumber emisi CO₂ lainnya. Jadi selain bisa mendekati sentra produksi biomassa, unit RHMR - yang kita padatkan dalam satu container ukuran 40 ft ini bisa juga dipasang di lingkungan industri yang mengeluarkan emisi CO₂.

Karena reaktor-reaktor untuk seluruh prosesnya harus bisa masuk dalam satu kontainer, design masing-masing reaktor harus kita sesuaikan, demikian pula sarana penunjangnya - banyak sekali yang harus kita rancang ulang atau bahkan butuh teknologi yang berbeda. Untuk distilasi produk akhir misalnya, kita tidak bisa menggunakan distillation tower karena tidak akan muat dalam container, gantinya kita gunakan teknologi Fuzzy Logic Distillation - yang kita daftarkan patennya.

RHMR ini autonomous plant yang bahkan tidak butuh sumber energi dari luar, listrik untuk prosesnya dihasilkan dari limbah panas OCCYRE reactor yang beroperasi pada suhu di atas 800 derajat Celsius. OCCYRE reactor sendiri untuk penyalaan hanya butuh blower yang bisa dijalankan dari sistem kelistrikan truck yang menarik RHMR ini, selanjutnya limbah panas tinggi OCCYRE yang dikonversi menjadi listrik melalui Organic Rankine Cycle (ORC) Reactor. Sumber panas untuk OCCYRE sendiri diperoleh dengan mengorbankan sedikit charcoal untuk panas proses, selbihnya diolah menjadi produk.

Feedstocks untuk RHMR ini adalah arang dan air, dan sebagai opsinya bisa juga ditambah CO₂. Selain CO₂ menjadi sumber tambahan C, juga untuk memastikan system ini tidak mengeluarkan emisi - bahkan bisa untuk menyerap emsisi dari sumber emisi lainnya. Spesifikasi detil ada di garmbar di bawah.

Berapa harga unit RHMR ini? well, yang serius mau mengaplikasikannya bisa kami buat kajian detil bukan hanya masalah harga tetapi juga financial performance projection-nya secara keseluruhan.



72. Mesin-Mesin Peradaban

Sejak revolusi industri abad 18, peradaban teknologi telah berkembang dengan sangat pesat meliputi segala aspek kehidupan. Tentu banyak sekali kebaikan yang hadir bersama teknologi ini, tinggal perbaikan di sana-sini yang kurang baik, seperti dampaknya terhadap lingkungan.

Hal inipun sudah disadari oleh para pemimpin dunia paling tidak sejak 32 tahun lalu, ketika lebih dari 100 pemimpin dunia berkumpul di Rio de Janeiro dalam Earth Summit 1992. Namun hingga kini setelah 32 tahun berlalu, dunia belum bertambah baik, suhu bumi masih terus meningkat, perubahan iklim masih memburuk, cuaca ekstrem masih terus memecahkan rekor baru dst.

Maka butuh tipping point yang bisa merubah secara drastis dari arah pemburukan menjadi perbaikan, tetapi apa yang bisa menjadi tipping point ini? Kembali kita ke akar masalahnya, yaitu apa yang dunia luput sejak era industri. Salah satu yang luput dan belum kita perbaiki adalah konsep energi yang dibakar habis.

Semua mesin yang terlahir sejak era revolusi industri hingga kini mengkonsumsi bahan bakar yang sangat banyak dan semua dibakar habis - menyisakan akumulasi CO₂ di atmosfer bumi. Tentu mesin-mesin modern yang terlahir sekarang menjadi semakin efisien, tetapi masih tetap dengan konsep membakar energi sekali pakai dan masih menambah akumulasi CO₂ di atmosfer bumi.

Maka di sinilah kami dari Advanced Renewable Organization (ARO) melihat tipping point yang sebenarnya bisa kita capai, suatu titik dimana perubahan drastis, mendasar dan

berdampak luas bisa dilakukan dengan cepat. Yaitu ketika kita tidak berhenti pada point dimana energi hanya sekedar dibakar, tetapi juga ditangkap kembali limbah pembakarannya yang mayoritasnya adalah CO2.

Ilmuwan Perancis akhir abad 19 Octave Leopold Boudouard sebenarnya sudah menemukan hal yang sangat mendasar, yang bisa digunakan untuk mengolah CO2 menjadi energi itu. Yaitu ketika CO2 direaksikan dengan carbon, dia akan menjadi gas CO - yang merupakan komponen utama syngas. Dari syngas inilah segala bahan bakar modern bisa dilahirkan, juga termasuk untuk menghasilkan listrik.

Foto-foto di bawah adalah mesin-mesin energi yang kami rancang dengan bantuan AI, berdasarkan Boudouard reaction tersebut. Mulai dari pembangkit listrik, kilang untuk menghasilkan bahan bakar hydrocarbon - yang keduanya sudah saya unggah penjelasannya detailnya dalam dua unggahan sebelumnya, dan yang terakhir ini adalah micro plant untuk memproduksi bahan bakar baru yang kami sebut Regenerative Oxygenates, khususnya methanol, ethanol dan DME.

Benang merahnya adalah seluruh mesin-mesin energi ini dapat mengolah emisi CO2 menjadi energi kembali melalui Boudouard reaction tersebut di atas, kami wujudkan dalam bentuk reaktor yang kami sebut OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy). Dengan OCCYRE inilah kita akan bisa berhenti membuang CO2 ke atmosfer bumi, dan pada saat bersamaan menjadikannya sebagai sumber energi baru yang sudah ada secara melimpah di depan mata kita.





73. Penampakan Jantung Regenerative Energy

Dalam serangkaian unggahan sebelumnya telah saya share berbagai mesin energi untuk menghasilkan Regenerative Electricity, Regenerative Hydrocarbons dan Regenerative Oxygenates. Benang merah dari seluruh mesin-mesin yang kompleks tersebut ada di 'jantung-nya', yaitu reaktor yang merubah CO2 dan Carbon menjadi gas CO - komponen utama dari synthetic gas atau syngas.

Karena salah satu bahan-bakunya yang dari gas buang CO2 inilah listrik atau bahan bakar yang dihasilkan menyandang nama Regenerative - yang maknanya mampu tumbuh kembali

dari yang semula dibuang. 'Jantung' dari mesin-mesin Regenerative Energy inilah yang kami beri nama sesuai fungsinya - yaitu reaktor OCCYRE (Onboard Carbon Cycle for Regenerative Energy).

Tampilan baru reaktor OCCYRE yang digambar oleh asisten baru saya yang bernama AI (Artificial Intelligence) seperti pada foto di bawah, namun bentuk fisik yang sudah kami buat di lapangan sedikit lebih kasar dari karya AI ini, ada di sejumlah unggahan saya sebelumnya.

Seperti jantung pada tubuh kita, reaktor OCCYRE inilah yang memberi inputan energi bersih berupa gas CO untuk berbagai mesin yang sudah saya kenalkan tersebut di atas. Gas CO ini sudah bisa digunakan sebagai bahan bakar langsung untuk gas engine, diesel engine maupun gasoline engine. Hanya saja kalorinya yang masih rendah, di kisaran 10 MJ/kg atau kurang dari 1/4 dari kalori bahan bakar minyak pada umumnya.

Maka idealnya bila digunakan langsung dia digunakan untuk pembangkit listrik yang menggunakan generator khusus, atau digunakan untuk memproduksi bahan bakar yang berkalori lebih tinggi baik berupa hydrocarbons atau oxygenates - yang semua rancangan mesinnya sudah saya unggah sebelumnya seperti tersebut di atas.

Keluaran dari reaktor OCCYRE yang unsur utamanya adalah gas CO ini juga ideal untuk memproduksi gas hydrogen yang low cost, karena bisa diproduksi di tempat dia digunakan dan pada saat dia akan digunakan - in-situ dan in-time. Hal ini akan mengeliminir problem logistik hydrogen yang sangat mahal, karena bila hydrogen hendak ditransportasikan atau disimpan butuh tekanan 700 Bar atau suhu minus 253 derajat Celsius.

Untuk menjadikan gas CO tersebut sebagai basis produksi low-cost hydrogen, selain reaktor OCCYRE ini butuh satu reaktor lain lagi yang kami sebut Extra High Hydrogen (XH2) reactor, seperti apa penampakan XH2 ini - insyaAllah akan kami share dalam unggahan berikutnya, InsyaAllah.



74. Enabler for Green Hydrogen Economy

Hydrogen adalah bahan bakar paling bersih yang diidolakan dunia saat ini, bahkan puluhan perusahaan raksasa dunia menjaminkannya dengan apa yang disebut Green Hydrogen Pledges. Hanya saja hydrogen hingga kini masih mengalami dua kendala utama, yaitu produksi dan logistiknya.

Untuk produksi hydrogen saat ini setidaknya ada 4 teknologi, pertama menggunakan elektrolisa air - ini belum efisien secara energi, baru feasible bila listrik itu bersih dan sangat murah. Kedua dengan steam reforming dari fosil, selain tergantung fosil juga prosesnya mengeluarkan emisi CO₂ sangat besar. Cara lain menggunakan energi nuklir dan energi surya untuk memisahkan H₂ dari air, teknologinya belum bisa massal.

Masalah kedua adalah logistik, butuh tekanan sangat tinggi hingga 700 Bar atau suhu sangat rendah minus 253 derajat Celsius untuk menyimpan dan mentransportasikan hydrogen. Maka atas dua masalah besar tersebut, reaktor yang kami rancang di bawah ini bisa mengatasi keduanya sekaligus.

Reaktor yang kami sebut Extra High Hydrogen (XH₂) ini bisa menjadi enabler untuk produksi green hydrogen secara massal. Bahan bakunya sendiri adalah syngas - khususnya CO yang diproduksi oleh reaktor sebelumnya yaitu OCCYRE (<https://lnkd.in/ga6KcnzT>). Karena bahan bakunya carbon dari biomassa dan CO₂, maka hydrogen yang dihasilkan oleh teknologi ini selain green juga bersifat regenerative - bisa ditumbuhkan lagi dari hasil pembakaran sebelumnya.

Inti dari XH₂ ini adalah dua tabung reaktor yang saling melengkapi. Tabung yang kanan menerima inputan CO dari OCCYRE dan steam dari pemanfaatan limbah panasnya, keduanya direaksikan untuk memproduksi H₂ dan menghasilkan limbah CO₂. Karena CO₂ harus dipisahkan dari H₂, maka CO₂ ini diserap oleh oxide (XO) yang kami manfaatkan sebagai adsorbent. Setelah mengikat CO₂, XO akan berubah menjadi carbonate (XCO₃) dan dikirim ke tabung reaktor sebelah kiri.

Di reaktor sebelah kiri XCO₃ akan dibersihkan untuk menjadi XO kembali dengan melepaskan CO₂ keluar dari XH₂ - yang ditangkap kembali dengan teknologi FlueTrap dan diolah menjadi CO lagi melalui reaktor OCCYRE tersebut di atas. Maka kedua hasil dari reaktor ini bermanfaat, H₂-nya adalah energi bersih yang ditunggu-tunggu, sedang CO₂-nya menjadi bahan baku regenerative energy - untuk bahan bakar apapun termasuk untuk menjadi H₂ kembali.

Karena XH₂ beserta OCCYRE-nya ini bisa ditempatkan langsung di belahan dunia manapun, maka tidak perlu menyimpan atau mentransportasikan hydrogen yang mahal, dia bisa diproduksi in-situ dan in-time, di tempat dan pada saat dibutuhkan saja, sedangkan yang disimpan dan ditransportsaikan hanya arang - yang mudah dan murah logistiknya.

Dengan XH₂ dan reaktor sebelumnya OCCYRE inilah green hydrogen akan bisa diproduksi

secara murah dan massal untuk menjawab kebutuhan energi bersih dunia - yang bisa hadir dimana saja dan kapan saja karena arang, CO2 dan air sebagai bahan bakunya ada di mana-mana.



75. Introducing Regenerative Hydrogen Equation

Dalam unggahan sebelumnya, saya telah share persamaan untuk menghasilkan bahan bakar hydrocarbon dengan apa yang saya sebut Regenerative Hydrocarbon Equation (RHCE), persamaan tersebut diturunkan dari tiga ilmuwan dari tiga abad sebelumnya yang detailnya bisa dilihat di sini : https://lnkd.in/g_-vxi9b .

Persamaannya sendiri adalah $nC+(n+1)H_2 \Rightarrow C_nH_{(2n+2)}$, dan dari sinilah semua jenis bahan bakar kita yang kita gunakan saat ini seperti diesel, bensin, jet-fuel, LPG dlsb. bisa diproduksi. Unsur C-nya bisa dari sampah dan limbah biomassa apapun, lantas dari mana unsur H₂-nya? Apa yang membedakannya dengan renewable fuels atau advanced biofuels?

Maka di sinilah Regenerative Hydrocarbon itu bedanya, hydrogenya dihasilkan dari proses regenerasi CO₂, bersama C menjadi gas CO, dan sebagian CO digunakan untuk menghasilkan hydrogen. Dalam proses menghasilkan hydrogen ini akan dihasilkan CO₂ juga, tetapi CO₂-nya ini ditangkap kembali untuk siklus produksi hydrogen berikutnya.

Dari sini sifat regenerative itu disematkan pada hydrogen yang kita produksi melalui cara ini, setiap satu molekul CO₂ dipakai berulang kali menghasilkan sejumlah molekul hydrogen yang beranak pinak. Maka produk turunannya-pun menyandang sifat regenerative ini seperti contoh Regenerative Hydrocarbon tersebut di atas.

Proses mengasilkan Regenerative Hydrogenya sendiri dapat di lihat di ilustrasi di bawah. Kami menggunakan tiga teknologi yang saling terkait untuk memproduksi Regenerative

Hydrogen ini. Yang pertama adalah FlueTrap, yaitu untuk menangkap CO2 dengan adsorbent, kemudian menyimpan CO2 hasil tangkapannya dalam bentuk adsorbate - yaitu CO2 yang terikat pada adsorbent.

Teknologi kedua adalah OCCYRE (Onboard Carbon Cycle for Regenerative Energy), fungsinya untuk mereaksikan CO2 hasil tangkapan FlueTrap dengan unsur C dan hasilnya gas CO - persamaan 1, atau Boudouard Reaction. Molekul gas CO ini kemudian direaksikan dengan H2O dalam bentuk steam, untuk menghasilkan H2 dan CO2 - persamaan 2 atau Water Gas Shift (WGS).

Bila persamaan 1 dan 2 kita integrasikan, hasilnya adalah persamaan ke 3, yaitu $C + 2H_2O \Rightarrow 2H_2 + CO_2$, yang saya beri nama Regenerative Hydrogen Equation (RHE). Dari RHE inilah kita bisa melihat dengan mudah bahwa Regenerative Hydrogen itu dihasilkan dari unsur C dan air, dan limbahnya CO2 - ditangkap dan digunakan kembali untuk menghasilkan hydrogen berikutnya.

Untuk eksekusi RHE inilah teknologi FlueTrap, OCCYRE dan XH2 yang sudah saya unggah sebelumnya dibutuhkan. Dengan gas CO yang dihasilkan OCCYRE dan H2 dari XH2, bahan bakar apapun baik kategori oxygenates, hydrocarbon maupun carbon-free - semuanya bisa diproduksi dari keduanya.

Ini adalah kabar baik bagi masyarakat dunia, karena dimanapun Anda berada bisa diproduksi bahan bakar yang Anda butuhkan - meskipun di tempat Anda tidak ada minyak bumi, gas maupun batubara, karena yang Anda butuhkan hanya carbon dari limbah/sampah biomassa dan air!



76. GTX Reactor, Bahan Bakar Untuk Memakmurkan Kita-Kita

Realitanya hingga beberapa dasawarsa yang akan datang kebutuhan energi kita masih akan berasal dari hydrocarbon. Jalan-jalan masih akan dipenuhi dengan kendaraan Internal Combustion Engines (ICE) baik dari bensin ataupun diesel, kebutuhan untuk masak dan pemanasan lainnya masih akan tergantung pada LPG dan gas alam dlsb.

Penggunaan hydrocarbon berupa bahan bakar cair maupun gas yang kita kenal selama ini selain berdampak buruk pada lingkungan dengan emisi yang sangat tinggi, juga buruk pada perekonomian negara-negara yang tidak memiliki sumbernya sendiri. Impor energi umumnya termasuk salah satu impor terbesar bagi negara non penghasil minyak dan gas. Sedangkan impor ini merupakan faktor pengurang bagi GDP suatu negara, jadi impor energi menjadi faktor pemiskin bagi negara yang tidak memiliki sumbernya sendiri secara cukup.

Mengganti mesin-mesin pemanas, kendaraan atau transportasi, pembangkit listrik dlsb. dari bahan bakar minyak atau gas ke bahan bakar baru juga tidak mudah, karena akan membutuhkan investasi yang sangat besar. Maka solusi yang kami tawarkan adalah tetap menggunakan semua mesin-mesin yang ada, baik yang menggunakan gas maupun bahan bakar cair - hanya bahan bakar hydrocarbon-nya saja yang diganti, tidak lagi menggunakan minyak bumi dan gas alam, melainkan semuanya disintesa dari arang dan air.

Seluruh rangkaian reaktor yang dibutuhkan untuk ini sudah selesai kami rancang, bahkan sebagiannya juga sudah kami buat prototype-nya. Rancangan terbaru kami adalah seperti yang ada pada gambar di bawah, yang kami sebut GTX Reactor. Fungsinya untuk merubah gas CO - dari reaktor OCCYRE (<https://lnkd.in/ga6KcnzT>) dan gas H₂ dari reaktor XH₂ (<https://lnkd.in/gnwS-Nrt>) yang keduanya sudah kami unggah sebelumnya, menjadi bahan bakar hydrocarbon yang kita butuhkan.

Feedstocks reaktor ini adalah gas (CO dan H₂) dan produknya bahan bakar hydrocarbon apapun yang kita butuhkan, nama GTX diambil dari Gas To X - dimana X-nya bisa berupa D untuk diesel, G untuk gasoline, J untuk Jet-Fuel, L untuk LPG, M untuk methane dst. Dengan feedstocks dan reaktor yang sama, perbedaan produk akhir ini dikendalikan dengan 4 parameter yaitu tekanan, suhu, katalis dan residence time.

Karena bahan baku di OCCYRE dan XH₂ yang menjadi precursor untuk GTX ini hanyalah carbon dari arang dan H₂ dari air, dengan opsi hasil tangkapan CO₂ - baik dari proses system ini sendiri ataupun CO₂ dari luar system, maka seluruh bahan bakar yang dihasilkan oleh GTX ini juga bersifat regenerative, bisa ditumbuhkan kemabli dimana saja ada C, CO₂ dan H₂O.

Dengan bahan bakar yang bisa diproduksi sendiri secara penuh di dalam negeri, otomatis kita tidak perlu kehilangan devisa yang besar untuk mengimpor minyak dan gas yang kita butuhkan. Kemandirian energi inilah jalan untuk memakmurkan kita-kita. Bila negara Arab bisa kaya raya karena mereka punya minyak dan gas, kita juga harus bisa karena kita punya arang, CO₂ dan air!

**GTX Reactor for
Regenerative Syngas
to Hydrocarbon Fuels**

$$n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \Rightarrow \text{C}_n\text{H}_{(2n+2)} + n\text{H}_2\text{O}$$

Specifications

Feedstocks:
CO & H₂
(Min H₂/CO > 2)

Temperature :
200^o - 350^o C

Pressure :
10 - 30 Bar

Products :
Alkanes/Paraffins

C Length :
C1 - C22

Capacity :
On Request

ICCURE

ceo@advancedrenewable.org

77. CO₂? Kalengkan Saja!

Inspirasi untuk sebuah inovasi itu bisa dari apa saja dan kapan saja munculnya, inovasi yang satu ini contohnya. Apa yang terjadi ketika kita membuka minuman kaleng bersoda? Muncul sensasi suara dan rasa yang saya belum ketemu kata-kata yang pas untuk menggambarkan dalam bahasa Indonesia. Dalam bahasa Jawa suara yang muncul tersebut disebut 'krinyis-krinyis', dan ketika kita minum sensasi di mulut rasanya 'sengkring-sengkring'.

Sensasi suara dan rasa dari minuman kaleng inilah yang menjadi sumber inspirasi kami, dia berasal dari CO₂ yang sama dengan CO₂ yang menghebohkan dunia dengan pemanasan global, perubahan iklim, cuaca ekstrem dlsb. Bahkan sumber CO₂ di minuman kaleng ini juga dari cerobong asap industri atau pembangkit listrik, yang dimurnikan sedemikian rupa sehingga dia menjadi foodgrade dan dijual ke industri pengalengan minuman dlsb.

Bila sumber emisi ini bisa menjadi feedstocks untuk industri minuman bersoda, mengapa tidak untuk berbagai industri lainnya? Yang kita butuhkan hanyalah mengalengkan saja semua gas buang dari industri, pembangkit listrik dan nantinya juga kendaraan bermotor. Maka kami rancang kaleng untuk mengalengkan CO₂ tersebut seperti pada gambar di bawah.

Bahkan ini lebih baik dari CO₂ yang ada di kaleng minuman kita. Bila kaleng minuman dibuka, sensasi suara dan rasa tersebut di atas adalah dari CO₂ yang akan terbang kembali ke atmosfer bumi - artinya di industri minuman, CO₂ itu ujungnya dilepas kembali ke udara.

Pada kaleng CO₂ yang untuk selanjutnya saya sebut CO₂Can ini, CO₂ yang ditangkap tidak untuk dilepas kembali ke atmosfer, dia tetap di bumi meskipun tutup kalengnya dibuka.

Bagaimana bisa? Di dalam CO2Can ini kami isi dengan media untuk mengikat CO2 agar tidak terbang lagi.

Jenis mediana tergantung dari penggunaan CO2 yang ditangkap tersebut. Menggunakan adsorbent bila CO2 akan dijadikan Regenerative Energy, kita ganti reactant bila CO2 akan dijadikan slow release fertilizer, kita ganti solvent bila untuk industri minuman tersebut di atas, dan kita ganti dengan elektrolit bila CO2 tersebut akan digunakan untuk industri material canggih seperti Carbon Nanotubes (CNTs), dst.

Agar inovasi ini benar-benar efektif dalam menurunkan emisi CO2, CO2Can hadir dalam ecosystem yang lengkap mulai dari supply carbon capture media-nya, hingga pemanfaatan hasil tangkapan CO2-nya. Untuk industri Regenerative Energy misalnya, CO2 dari CO2Can bisa langsung menjadi feedstock OCCYRE reactor (<https://lnkd.in/ga6KcnzT>) untuk menghasilkan gas CO, yang merupakan building block untuk segala bentuk Regenerative Energy berikutnya.

Setelah menjadi gas CO, dia bisa diumpankan ke XH2 reactor untuk produksi hydrogen (<https://lnkd.in/gnwS-Nrt>), atau diumpankan ke GTX reaktor untuk menjadi berbagai bahan bakar hydrocarbon yang kita gunakan saat ini (<https://lnkd.in/gXhsCdVq>). Jadi dimana saja ketemu CO2, kalengkan saja!



78. Regenerative Energy Ecosystem

Ini adalah ekosistem lengkap dari reaktor-reaktor yang sebelumnya saya unggah satu per satu detilnya, yang diunggah ini adalah integrasinya untuk menjadi solusi yang kami sebut Integrated Carbon Capture and Utilization for Regenerative Energy (ICCURE).

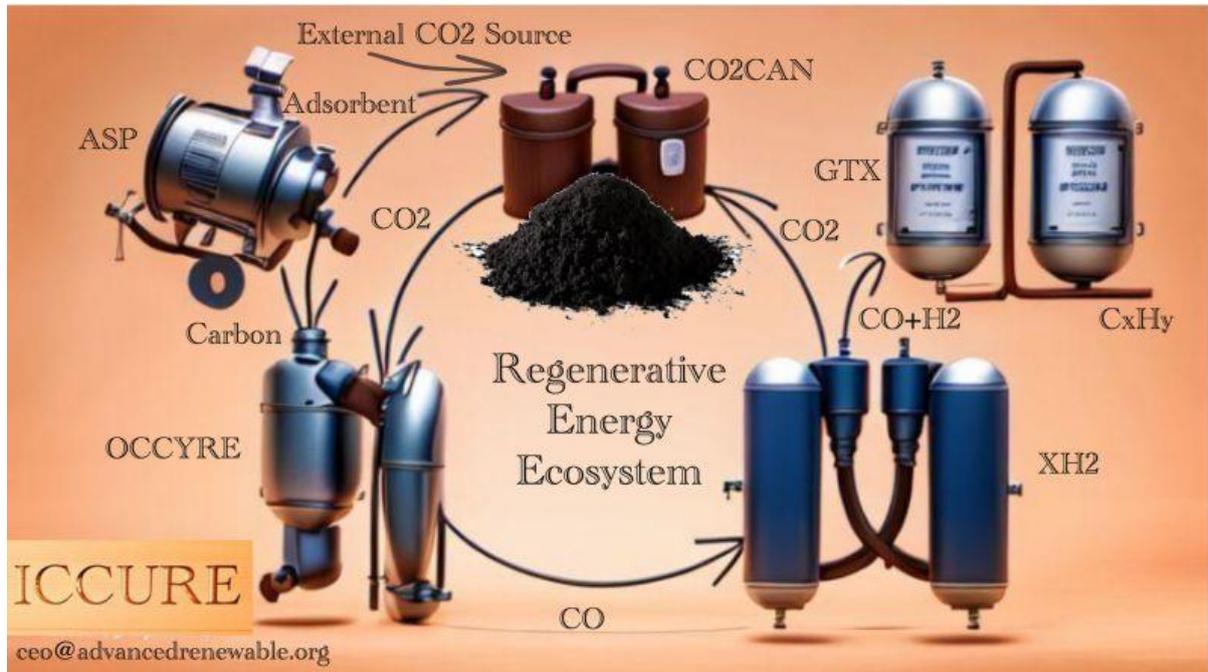
Pertama adalah di pojok kiri atas, Autothermal Slow Pyrolysis (ASP) - yaitu untuk proses karbonisasi biomassa menjadi arang. Arang ini setelah menjalani proses aktivasi dan fungsionalisasi pada reaktor yang sama - akan siap untuk menjadi adsorbent di reaktor CO2CAN, dan menjadi reactant di reaktor OCCYRE.

Kedua adalah reaktor CO2CAN, yang fungsinya menangkap dan mengikat CO₂, baik dari dalam ekosistem ICCURE sendiri maupun CO₂ dari sumber emisi lainnya. CO₂ akan disimpan oleh CO2CAN dalam bentuk adsorbate - yaitu CO₂ yang dalam kondisi terikat ke adsorbent. Ikatan ini baru dilepas ketika CO₂ hendak dipakai diproses berikutnya.

Ketiga adalah reaktor OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy), yaitu reaktor dimana CO₂ dalam bentuk adsorbate - dilepas ikatannya dengan panas dan dipertemukan dengan arang yang dihasilkan oleh reaktor ASP. Melalui Boudouard reaction, $C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO$, hasilnya berupa gas CO ini yang merupakan komponen utama syngas dan building blocks untuk segala bentuk energy regeneraive berikutnya.

Keempat adalah reaktor XH₂ (Extra High Hydrogen), yaitu mengolah gas CO dari OCCYRE melalui Water Gas Shift (WGS) reaction, $CO + H_2O \rightleftharpoons H_2 + CO_2$, hasil utamanya hydrogen (H₂), dengan limbah berupa CO₂. Limbah CO₂ ini yang kemudian ditarik kembali masuk CO2CAN untuk disimpan dalam bentuk adsorbate lagi, untuk menjadi bahan baku proses produksi gas CO berikutnya.

Kelima adalah reaktor GTX (Gas To X), yaitu mengolah sebagian syngas dan H₂ dengan rasio minimal H₂/CO > 2, untuk menjadi bahan bakar hydrocarbon seperti bensin (GTG), diesel (GTD), jet-fuel (GTJ) dan LPG (GTL). Meskipun bahan bakar hydrocarbon ini sama persis dengan hydrocarb n fossil, tetapi yang ini bersifat regenerative - bisa ditumbuhkan kembali, yaitu melalui CO₂ yang diregenerate menjadi gas CO melalui OCCYRE tersebut di atas.



79. Environmental and Social Actions

Tahun ini adalah tahun yang kritis bagi sejumlah kota di Indonesia, krisis penanganan sampah sudah sampai ke ubun-ubun. Sejumlah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah sudah harus ditutup karena over capacity, sementara sampah yang dihasilkan oleh penduduk kota pasti tidak bisa berhenti. Apa solusinya?

Korporasi besar, perusahaan publik, emitten dan lembaga keuangan lainnya mestinya bisa berbuat. Otoritas Jasa Keuangan (OJK) telah mewajibkan mereka membuat Sustainability Report atau yang dikenal luas sebagai ESG. Selain korporasi yang terkena peraturan ini harus melaporkan kegiatannya yang terkait dengan ESG ini, mereka bahkan juga harus mencadangkan dana yang sesuai untuk kegiatan ini.

Laporan pencadangan dana bisa dibuat dengan mudah, tetapi apa aksi nyatanya yang benar-benar berdampak pada lingkungan dan sosial? Disinilah tawaran kami untuk memanfaatkan dana ESG ini, khususnya ES-nya, untuk menangani sampah yang sudah tidak terbandung di kota-kota kita.

Prinsipnya sampah jangan dibiarkan sebagai sampah yang kemudian sekedar dipindahkan ke tempat lain dan tetap menjadi sampah. Tetapi sampah yang merupakan beban atau liability tersebut secepatnya dikonversi menjadi aset, yang paling sederhana berupa arang.

Ketika sampah biomassa berubah menjadi arang, dua manfaat sekaligus bagi lingkungan. Pertama volume sampah sudah otomatis turun tinggal 1/3-nya dari volume sampah semula. Kedua adalah sampah yang semula liability - kini telah mejadi aset, yaitu menjadi carbon-neutral energy ketika digunakan sebagai bahan bakar, dan bahkan menjadi carbon sink bila digunakan untuk treatment lahan pertanian dan digunakan sebagai materials.

Dampak sosialnya akan dasyat, masyarakat akan menghargai sampah - karena dia adalah calon aset. Masyarakat tidak akan butuh lagi TPA karena calon aset ini pasti dipertahankan oleh pemiliknya. Lantas aset seperti apa yang bisa dihasilkan dari sampah ini? bisa menjadi regenerative energy yang sering saya unggah di media ini, bisa menjadi penyubur lahan, bisa menjadi material canggih masa depan seperti Carbon Nanotubes dlsb.

Tetapi ini semua perlu dimulai dengan contoh dan dikampanyekan secara terstruktur, sistematis dan masih (TSM), salah satunya melalui penggunaan armada pemungut dan pengolah sampah yang keren seperti pada foto ini. Sampah dipungut dari tempat kemunculannya dan segera setelah kemunculannya, kemudian dia diproses mejadi arang selama perjalanan menuju pool carbon - untuk proses berikutnya.

Barangkali ada korporasi yang mau memulainya dulu dalam bentuk kegiatan ESG-nya? Team kami dari ESA Force siap mengeksekusinya di lapangan. InsyaAllah.



80. Green Hydrogen Carrier, Deliver More Than It Can Carry

Reaktor karya team Advanced Renewable Organization (ARO) yang kami beri nama XH2 (Extra High Hydrogen) ini ternyata memiliki fungsi lain yang tidak kalah menariknya. Bila fungsi yang pertama untuk memproduksi hydrogen dan sekaligus memisahkan limbahnya berupa CO2 (<https://lnkd.in/gnwS-Nrt>), kita bisa memanfaatkan pula XH2 ini hanya sebagai hydrogen delivery yang sangat efektif.

Kita ketahui logistik hydrogen yang konvensional - sangat mahal karena bila hendak disimpan atau ditransportasikan butuh tekanan 700 Bar atau suhu minus 253 derajat Celsius, itupun hanya bisa menyimpan sekitar 42 kg hydrogen untuk setiap m3

containernya.

Dengan memanfaatkan XH₂ ini hydrogen bisa disimpan dalam bentuk methanol atau ethanol yang dalam suhu dan tekanan standar atmosfer sudah berupa cairan. Atau kalau mau dalam bentuk gas bisa menggunakan DME (Dimethyl Ether) yang untuk kebutuhan logistiknya hanya butuh tekanan sekitar 5 Bar.

Bukan hanya handling cairan yang murah dan mudah, atau tekanan rendah pasti lebih murah dan mudah ketimbang tekanan sangat tinggi, delivery hydrogen menggunakan ethanol ataupun DME memiliki kelebihan lainnya. Yaitu hydrogen yang di-deliver akan berlipat 2 ketika ethanol atau DME di-reform! Dari mana kelebihan hydrogen ini? hydrogen dari air yang digunakan untuk mereform ethanol atau DME menjadi hydrogen tersebut.

Bila media yang digunakan methanol, yang didelivery hanya 1.5 kali dari hydrogen yang dibawa oleh methanol itu sendiri, inipun sudah sangat efektif karena dia tetap bisa men-deliver lebih besar dari yang dibawanya sendiri. Lihat formulasi reaksi reforming untuk masing-masing carrier ini pada gambar di bawah.

Maka reaktor XH₂ ini akan bisa benar-benar menjadi enabler hydrogen economy, karena baik produksi maupun delivery green hydrogen bisa menjadi jauh lebih murah dari yang ada sekarang. Era energi bebas carbon itu bisa jadi juga sudah ada di depan mata kita, karena dari reaksi di bawah kita bisa lihat, produksi CO₂ dari XH₂ ini akan terpusat di mesin ini - jadi mudah untuk ditangkap dan digunakan kembali untuk men-generate hydrogen-hydrogen berikutnya, tidak ada lagi CO₂ yang berlebihan di alam bebas.



Hydrogen Delivery & More

XH₂

Via DME Carrier

$$\text{CH}_3\text{OCH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 6\text{H}_2 + 2\text{CO}_2$$

Ethanol Carrier

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 6\text{H}_2 + 2\text{CO}_2$$

Methanol Carrier

$$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow 3\text{H}_2 + \text{CO}_2$$

ceo@advancedrenewable.org

81. Oily Waste Solution

Limbah minyak sudah banyak yang mengolah, demikian pula limbah biomassa. Masalahnya di industri, kompleks komersial dan juga di tempat-tempat sampah keduanya ini bercampur. Meskipun keduanya bisa dengan susah-payah dipisahkan karena limbah minyak dan limbah biomassa tidak bisa benar-benar menyatu, tetapi effort dan biaya untuk ini tidak feasible di pengolahan sampah. Lantas bagaimana solusinya?

Agar keduanya bisa diolah serentak dalam proses yang sama tanpa perlu pemisahan, maka harus dicari unsur persamaan produk yang bisa diperoleh dari keduanya. Biomassa ketika direform dengan steam akan menjadi CO dan H₂, pun demikian dengan minyak - dia juga menjadi CO dan H₂ bila direform dengan steam.

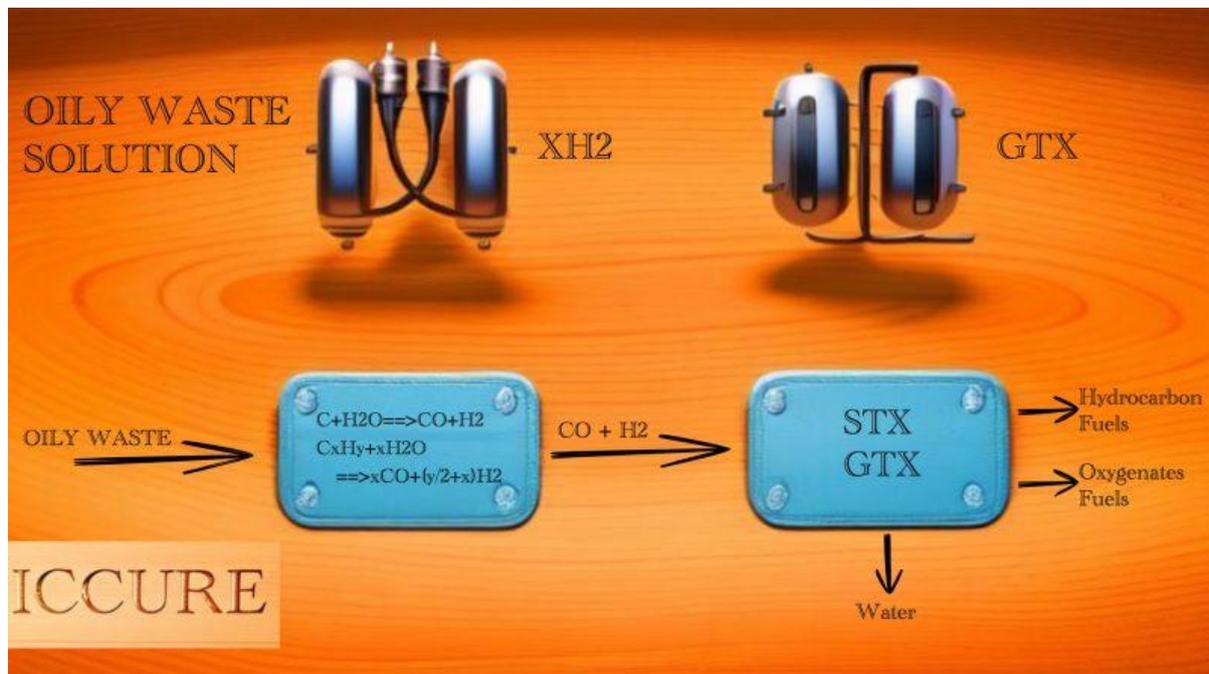
Bila keduanya kita masukkan reaktor yang sudah saya kenalkan sebelumnya, Extra High Hydrogen atau XH₂, maka keduanya sama- sama menghasilkan CO dan H₂, inilah yang kita sebut syngas. Syngas dari limbah berminyak cenderung memiliki kalori yang tinggi, jadi sudah bisa digunakan untuk energi pengganti bensin, diesel maupun LPG, khususnya untuk mesin-mesin statis.

Akan lebih bernilai lagi bila syngas ini dijadikan bahan bakar untuk transportasi, untuk ini dia bisa dijadikan bahan bakar oxygenates seperti ethanol, methanol dan DME, reaktornya kami sebut STX, dari Syngas to X, dimana X = M untuk methanol, X=E untuk ethanol dan X=D untuk DME.

Lebih tinggi lagi kalori dan nilainya bila syngas ini kita proses menjadi bahan bakar hydrocarbon seperti diesel, gasoline, jet-fuel dan LPG. Reaktor yang sudah kami kenalkan sebelumnya kami beri nama GTX, dari Gas To X, dimana X=D untuk diesel, X=G untuk gasoline, X = J untuk Jet-fuel, dan X=L untuk LPG.

Bahkan lebih dari itu, limbah berminyak yang umumnya menjengkelkan ini bisa kita proses menjadi carbon-free fuels yaitu hydrogen. Reaktor yang dibutuhkan hanya satu yaitu XH₂ tersebut di atas, hanya hasilnya yang berupa CO di looping untuk menghasilkan H₂ lagi melalui Water Gas Shift (WGS) reaction.

Walhasil, apapun industri Anda, berupa apapun limbahnya, sangat bisa jadi tetap bisa menjadi bahan baku untuk industri berikutnya, khususnya industri energi yang kami sebut Regenerative Energy ini, yaitu energy yang dilahirkan kembali dari sampah, limbah dan emisi. Sungguh tidak ada yang sia-sia dari ciptaanNya ini!



82. Distributed Energy Resources, Regenerative DME Micro Plant

Era transisi energi, khususnya dalam memeberdayakan biomassa, pendekatan industrinya memang harus berbeda dengan era fosil. Karakternya yang menyebar, dengan energy density dan juga specific gravity yang rendah - membuat transportasi raw materials menjadi tidak ekonomis bila prosesnya dibuat terpusat.

Dengan membuat proses dari bahan baku hingga produk akhir menyebar akan memiliki hikmah yang banyak. Diantaranya menurunkan carbon foot-print dari sisi transportasi selain energi dasarnya yang memang sudah carbon-neutral, menumbuhkan ekonomi lokal, juga efektif untuk mengatasi kebutuhan energi setempat.

Di negeri kepulauan seperti kita, bahan bakar seperti diesel yang sangat dibutuhkan untuk pembangkit listrik dan transportasi kapal, dan LPG yang sudah membuat keterganungan masyarakat kita dalam dua dasawarsa terakhir, keberadaannya sangat bergantung subsidi yang sangat besar. Selain biaya transportasi, ironinya subsidi ini untuk sesuatu yang sebagian besarnya kita impor - yaitu minyak dan gas - bahan baku diesel dan LPG.

Kabar baiknya adalah baik diesel maupun LPG sebenarnya bisa digantikan sepenuhnya oleh bahan bakar lokal yang bisa diproduksi dimanapun di wilayah negeri ini, pulau-pulau dan daerah paling terpencil-pun bisa memproduksi bahan bakar yang multiguna ini. Bahan bakunya biomassa yang selalu ada, bahkan bila digunakan di perkotaan atau kawasan industri bisa menggunakan bahan baku emsisi CO2 hingga sekitar 80%.

Inilah bahan bakar yang disebut Dimethyl Ether (DME), yang bisa langsung menggantikan LPG tanpa ada perubahan apapun - termasuk tabung-tabung dan system distribusi atau

pengisian ulangnya, dan bisa juga menggantikan diesel hingga 97% - selebihnya yang 3% adalah untuk bahn pelumasannya.

Peoses produksi DME ini juga relatif sederhana, gambar di bawah adalah rancangan kompak yang muat dalam 1 container 20 ft agar bisa dikirim kemanapun secara mudah, sehingga bisa dipakai untuk mengatasi kebutuhan energi dimanapun, pulau/daerah terpencil ataupun project-project di remote area.

Karena bahan bakunya adalah biomassa dan CO₂ - yang berlebih diana-mana, apa saja yang kita bakar pasti menghasilkan CO₂, unit yang kita sebut Regenerative DME Micro Plant (RDMP) ini juga bisa untuk mengatasi kebutuhan energi di daerah bencana, baik bencana alam maupun bencana perang dlsb.

RDMP dalam kontainer ini memiliki kapasitas produksi sekitar 1.5 ton per jam, bila menggunakan bahan bakar biomassa sepenuhnya - butuh 3 ton biomassa per jam, atau kalau dalam bentuk arang butuh sekitar 1 ton arang per jam. Atau bisa diganti dengan 0,6 ton arang plus 2,4 ton CO₂ per jam.

Bila menggunakan kombinasi bahan baku arang dan CO₂ ialah DME akan menjadi Regenerative DME, yaitu DME yang ditumbuhkan kembali dari limbah dan emisi. Sambil mengatasi masalah energi, kita juga bebersih emisi CO₂ dari atmosfir bumi.

Unit ini insyaAllah sudah bisa dipesan untuk wilayah manapun di dunia yang membutuhkannya.



83. Compact Enabler for Carbon Capture and Utilization

Meskipun antusiasme dunia untuk menekan emisi carbon sudah sangat kuat, dunia masih terus memanas, perubahan iklim masih menuju pemburukan, cuaca ekstrem masih terus memecahkan rekor. Mengapa setelah 32 tahun diniatkan untuk perbaikan - sejak Earth Summit di Rio de Janeiro 1992 - sustainability dunia masih memburuk?

Hasil riset kami menunjukkan bahwa urusan sustainability ini mayoritas masih dipandang dari satu sisi saja oleh industri - yaitu beban, belum dipandang sebagai potensi untuk memperbaiki bottom-line. Carbon capture masih sebatas konsep yang harus dianggarkan, sedangkan utilizationnya - masih di awang-awang.

Maka inilah solusi yang kami tawarkan ke industri, penurunan emisi yang berpeluang menjadi profit centre dan bukan lagi cost center. Emisi carbon ditangkap, sekaligus dikonversi menjadi energi dalam satu sistem yang kompak yang kami beri nama Compact Carbon Capture and Utilization (C3U).

Dengan adanya C3U ini, mudah sekali bagi industri yang mengeluarkan emisi untuk menangkap sekaligus memanfaatkan emisinya sebagai sumber energi baru yang kami sebut Regenerative Energy.

Ada empat teknologi yang kami integarsikan secara kompak dalam ruangan seukuran container 20 ft ini - agar mudah ditransportasikan dan di-install di lokasi manapun. Pertama adalah teknologi FlueTrap, untuk menangkap langsung CO₂ dari sumbernya, bisa di industri apapun dan bahkan juga di kapal laut.

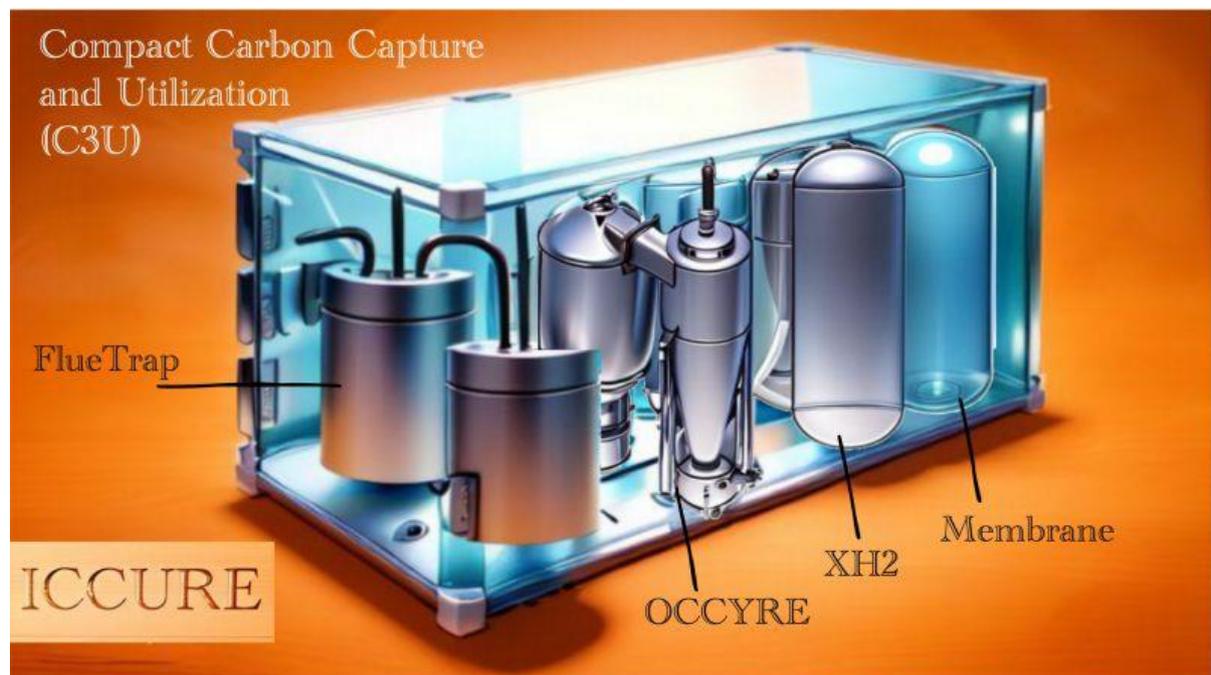
Setelah CO₂ ditangkap dengan adsorbent, sebagian disimpan dalam bentuk adsorbate untuk menjadi stok carbon, sebagian direaksikan dengan carbon di reaktor OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy) untuk menjadi gas CO. Gas CO sudah bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar, atau diproses lebih lanjut menggunakan reaktor XH₂ (Extra High Hydrogen).

Melalui XH₂ inilah kualitas syngas yang semula kaya CO ditingkatkan menjadi kaya H₂, meskipun masih berupa syngas - bila rasio H₂/CO ditingkatkan hingga kisaran 4-6, kalori per satuan beratnya sudah berada di kisaran kalori minyak dan gas bumi, bisa sangat efektif menggantikan diesel, LPG dlsb. Bahkan bila dikehendaki H₂-Rich Syngas(HRS) ini bisa dimurnikan lebih lanjut melalui reaktor keempat yaitu membrane reactor - untuk produksi hydrogen murni.

Dengan inilah C3U berfungsi ganda, menangkap emisi CO₂ sekaligus menjadi sumber energi baru yang bersih bagi industri. Satu unit C3U ini mampu menangkap CO₂ sekitar 2 ton per jam atau setara emisi yang dikeluarkan oleh diesel genset dengan kapasitas 2 MW.

Setelah dikonversi menjadi HRS dan digunakan kembali sebagai bahan akar untuk mesin yang sama, penghematan energi-nya akan berkisar antara 50 - 77%. Dari sinilah program CCU menggunakan C3U ini bukan lagi cost centre, tetapi sudah langsung berdampak pada peningkatan bottom-line perusahaan.

Unit C3U ini sudah bisa dipesan untuk seluruh dunia, bahkan para pengguna awal system ini di setiap negara bisa menjadi business partner kami di negara yang bersangkutan.



84. Race Towards Green Hydrogen Delivery

Energi bersih yang ditunggu-tunggu oleh dunia itu salah satunya adalah green hydrogen. Berbagai teknologi untuk produksi hydrogen yang benar-benar hijau sudah banyak yang proven, seperti penggunaan renewable energi dari hydropower, angin dlsb. untuk elektrolisa air.

Masalahnya adalah setelah hydrogen diproduksi secara hijau sekalipun, pengirimannya ke pengguna akhir tidak mudah dan tidak murah. Hydrogen yang diangkut dalam tangki dengan tekanan 700 bar, hanya bisa mengangkut hydrogen murni sekitar 40 kg per m³. Bila dengan suhu extra rendah minus 253 derajat Celsius menjadi hidrogen cair-pun, hanya bisa mengangkut sekitra 70 kg/m³.

Maka muncullah berbagai teknologi hydrogen carrier yang lebih murah, grafik di bawah adalah pilihan-pilihan teknologinya yang ada saat ini. Ada yang menggunakan ammonia, dengan kapasitas 107 kg/m³. Menggunakan padatan magnesium dalam bentuk MgH₂, dengan kapasitas 134 kg/m³.

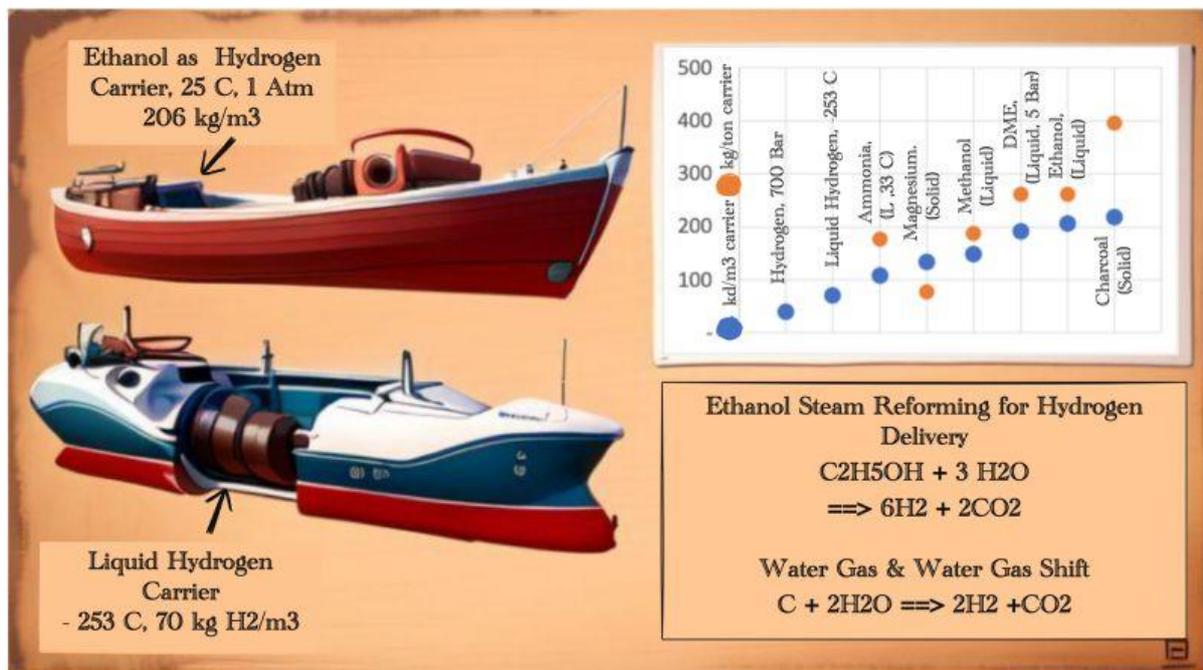
Teknologi berikutnya adalah menggunakan oxygenates sebagai carrier yang bisa mendeliver lebih banyak hydrogen dari yang dibawanya sendiri. Pilihannya adalah methanol , ethanol dan DME. Ketiganya akan mendapatkan tambahan hydrogen dari steam yang digunakan untuk reforming oxygenates tersebut. Sepeti contoh fomula reforming ethanol di bawah. Methanol , ethanol dan DME mampu mendeliver H₂ masing2 hingga 149 kg/m³, 206 kg/m³ dan 192 kg/m³ .

Dari sini kita bisa lihat bahwa oxygenates seperti methanol, ethanol dan DME sangat berpeluang menjadi H₂ carrier yang jauh lebih efektif dari carrier lainnya seperti ammonia dan magnesium, apalagi dibandingkan dengan hydrogen murni dalam tekanan 700 Bar ataupun suhu minus 253 derajat Celsius.

Di atas itu semua, hasil riset kami menunjukkan ada carrier lain yang jauh lebih efektif dan lebih murah bahkan dibandingkan dengan carrier dari jenis oxygenates. Carrier yang baru ini kami gunakan arang dengan treatment khusus. Arang yang pada umumnya sudah membawa hydrogen di kisaran 3 - 6 %, bisa ditingkatkan hingga 40% dari berat arang melalui dua proses, yaitu Water Gas (WG) dan Water Gas Shift (WGS) reaction.

Persamaan reaksi kimia yang kami turunkan dari WG dan WGS tersebut menjadi apa yang kami sebut reaksi Carbon To Gas (CTG), dengan formula $C + 2H_2O \Rightarrow 2H_2 + CO_2$. Bisa kita lihat di sini dari carbon langsung menjadi hydrogen dengan bantuan steam, dari reaksi inilah kemampuan arang untuk mendeiver hydrogen jauh lebih besar dari hydrogen carrier lainnya.

Dengan carrier dari arang ini pula, hydrogen sejatinya bisa diproduksi in-time dan in-situ, pada saat dan di tempat dia dibutuhkan saja. Selain hydrogen bisa menjadi sangat murah, carbon foot-print bisa ditekan ke titik terendahnya. Yang dibutuhkan untuk sistem CTG ini adalah reaktor khusus untuk dua proses WG dan WGS tersebut di atas, plus FlueTrap untuk carbon capture-nya. Design reaktornya insyaAllah akan saya share di unggahan berikutnya.



85. Carbon for Hydrogen Production and Delivery

Dalam unggahan sebelumnya (<https://lnkd.in/gJCWHDuM>) telah saya share bahwa arang bisa menjadi hydrogen carrier dengan potential delivery paling tinggi dibandingkan carrier-carrier lainnya, apalagi dibandingkan dengan hydrogen murni.

Dibandingkan dengan sesama solid carrier yang ada, yaitu magnesium, arang memiliki kapasitas delivery 5x lebih tinggi. Dibandingkan ammonia dan methanol, dia 2 x lebih tinggi, dan dibandingkan dengan ethanol dan DME, arang memiliki kapasitas delivery 1,5 kali lebih tinggi. Biaya logistik arang juga pasti jauh lebih murah dari seluruh jenis hydrogen carrier tersebut di atas.

Dengan memanfaatkan arang sebagai hydrogen carrier, pola produksi hydrogen juga diubah. Dari diproduksi di secara terpusat kemudian dikirim dengan sangat mahal ke lokasi pengguna, menjadi diproduksi secara in-situ dan in-time, di tempat dan pada saat hendak digunakan pengguna.

Karena akan dibutuhkan unit produksi hydrogen berbahan baku arang yang kecil-kecil tetapi sebanyak pengguna, maka unit produksi hydrogen ini yang harus dibuat dalam bentuk yang kompak dan scalable sesuai kebutuhan pengguna. Design kami dengan bantuan AI, seperti dalam gambar di bawah.

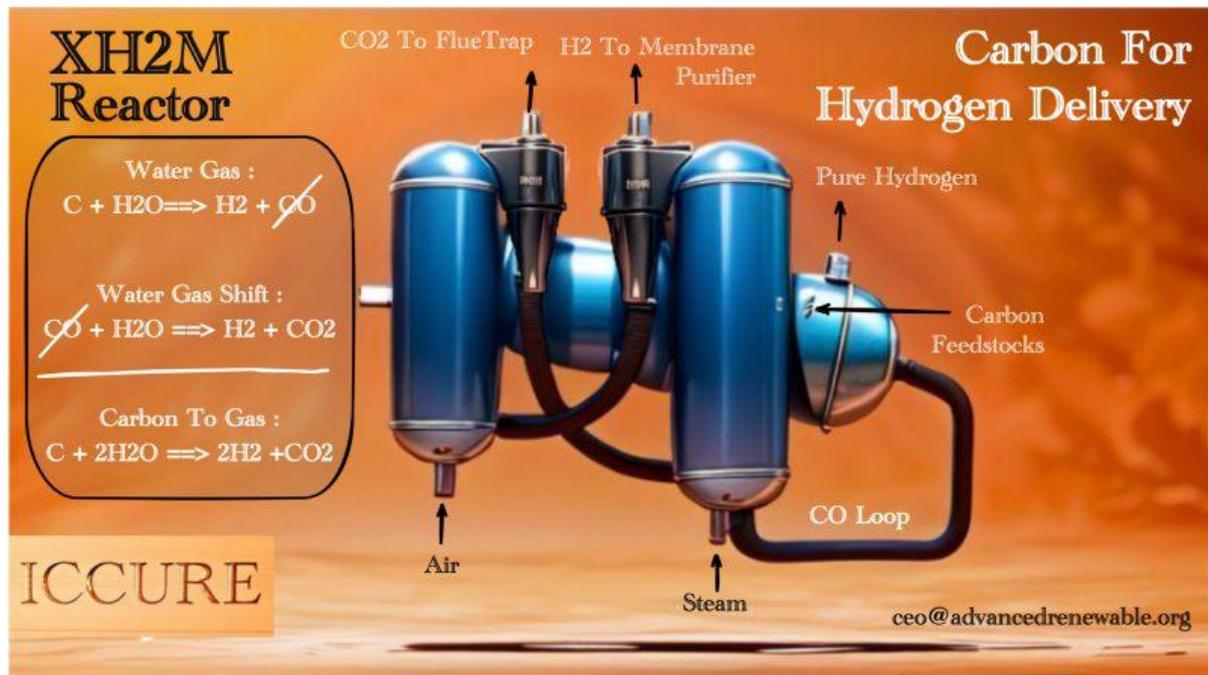
Mirip dengan reaktor sebelumnya yang kami sebut XH2, bedanya - reaktor untuk produksi hydrogen ini sudah dilengkapi reaktor membrane. Inti dari prosesnya adalah gabungan antara reaksi Water Gas (WG) dan Water Gas Shift (WGS), plus pemurniannya.

Dua reaksi kimia tersebut saya turunkan menjadi formula yang lebih sederhana yang saya sebut Carbon To Gas (CTG) karena setelah reaksi ini dua produknya semuanya gas, $C + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_2 + CO_2$. Hydrogen (H₂) adalah produk yang kita kehendaki, sedangkan CO₂ adalah emisi yang kita tangkap kembali menggunakan teknologi FlueTrap dan OCCYRE untuk menjadi gas CO. Gas CO-nya bisa digunakan untuk meningkatkan produksi Hydrogen lagi menggunakan reaktor yang sama dengan reaksi WGS.

Secara keseluruhan reaksi CTG tersebut di atas sangat hemat energi karena reaksinya hanya sedikit endothermic, 90 kJ/mol C. Untuk memproduksi 1 kg H₂ misalnya hanya butuh energi sekitar 6 kWh dengan hasil kandungan energi H₂ sebesar 34 kWh/kg. Bandingkan ini dengan H₂ melalui proses elektrolisa, yang butuh energi listrik 53 kWh untuk menghasilkan energi yang sama sebesar 34 kWh.

Jadi bukan hanya ongkos penyimpanan dan pengiriman H₂ yang akan sangat drop dengan menggunakan H₂ on demand yang diproduksi ins-situ dan in-time ini, tetapi juga dari sisi kebutuhan energi untuk prosesnya yang sangat rendah dibandingkan dengan proses produksi hydrogen lainnya.

Reaktor-reaktor ini sudah bisa diproduksi atas dasar pesanan, dan kami mencari mitra untuk produksi massalnya agar lebih murah per satuan unitnya. Bila reaktor-reaktor ini bisa diproduksi dengan murah, maka Clean and Affordable Energi (SDGs no 7) insyaAllah akan benar-benar bisa dicapai jauh sebelum tahun SDGs 2030!



86. Regenerative Energy Building Blocks

Seperti sebuah bangunan, bila kita bisa memproduksi batu bata yang baik - maka kita akan bisa membangun bangunan apapun yang kita kehendaki. Demikian pula dengan konsep Regenerative Energy yang kami usung ini, bila kita sudah bisa memproduksi building blocks-nya yang baik - maka Regenerative Energy dalam bentuk apapun juga bisa kita produksi.

Building blocks dari Regenerative Energy ini intinya adalah tiga unsur, yaitu C, H dan O. Namun untuk kemudahan produksi dan penanganannya diwujudkan dalam bentuk dua molekul yaitu CO dan H₂, gabungan keduanya yang disebut synthetic gas atau syngas. Bagaimana memproduksi keduanya?

Keduanya bisa diproduksi dari fosil berupa minyak bumi, batu bara dan yang paling umum dari gas alam, namun karena fosil ini tidak sustainable - kita bisa memproduksinya secara sustainable dari gas buang apa saja. Umumnya gas buang ini mengandung CO₂ sekitar 95%, maka CO₂ inilah yang kita bisa manfaatkan untuk memproduksi building blocks tersebut.

Dengan melakukan ini, dua manfaat kita bisa peroleh sekaligus - yaitu emisi CO₂ akan teratasi, dan kedua kita akan memperoleh bahan baku energy yang tiada habisnya. CO₂ sendiri bisa dielektrolisa menjadi C dan O₂, namun untuk ini butuh energi yang mahal sehingga kami memilih jalur yang lain.

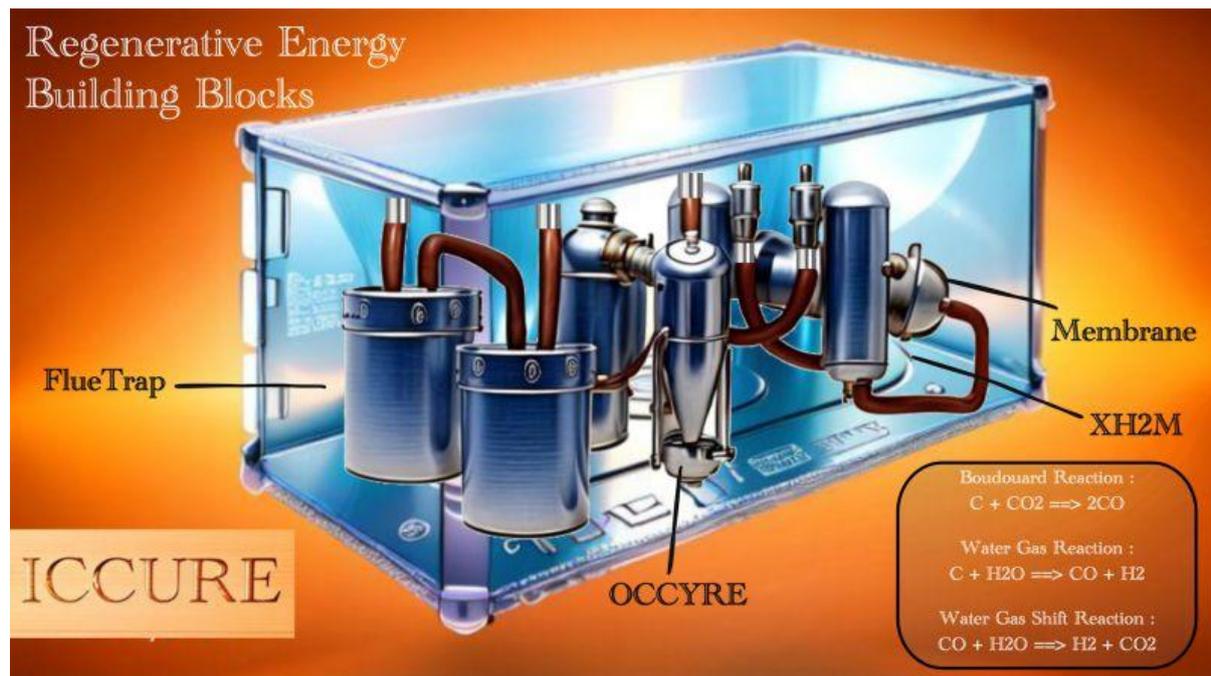
Jalur yang kami pilih adalah mereaksikan CO₂ dengan C melalui reaksi yang disebut Bourdouard reaction, $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$. Bisa kita lihat dari satu reaksi ini saja bahwa CO₂ yang semula beban yang dibuang, berubah menjadi aset berupa satu dari dua molekul Regenerative Energy building blocks tersebut di atas. Bagaimana memperoleh satu molekul

yang lainya yaitu H2?

Molekul H₂ bisa diperoleh melalui satu reaksi juga yang disebut Water Gas reaction, $C + H_2O \Rightarrow CO + H_2$. Bila dikehendaki produksi H₂ yang murni, CO-nya pun bisa dijadikan H₂ lagi dengan Water Gas Shift reaction, $CO + H_2O \Rightarrow H_2 + CO_2$. Yang terakhir ini (CO₂) kemudian ditangkap kembali menjadi bahan baku untuk produksi CO dan H₂ berikutnya. Begitu seterusnya proses produksi Regenerative Energy building blocks ini akan berlangsung secara sustainable, terus-menerus.

Tentu untuk ini butuh inputan untuk energi yang dibutuhkan dalam proses maupun sebagai reactant di tiga reaksi tersebut, inputan ini adalah C dan H₂O. C-nya bisa diperoleh dari biomassa setempat, butuh C sekitar 27% dari berat CO₂ yang diproses. Sedang H₂O juga selalu ada di belahan bumi manapun, jadi Regenerative Energy ini bisa dihasilkan di belahan bumi manapun asal ada tiga resources yang dibutuhkannya tersebut, yaitu CO₂, C dari biomassa dan air!.

Untuk prosesnya sendiri sudah kami sederhanakan dalam susunan reaktor yang kompak, seukuran kontainer 20 ft, yang bisa memproses CO₂ hingga 2 ton per jam. Sudah bisa dipesan dan kami mencari mitra untuk produksi massalnya di seluruh dunia, agar Clean and Affordable Energy - SDGs no 7 bisa tercapai sebelum tahun SDGs 2030.



87. Advanced Waste Valorization

Darurat sampah masih terus menghantui kota-kota kita, di saat yang bersamaan beban berat pengadaan energi yang sebagiannya masih harus diimpor secara masif - terus menjadi faktor pengurang GDP kita yang significant, artinya masih menjadi faktor pemiskin bagi kita

yang masih terus mengimpor energi ini.

Solusi masalah pertama untuk mengatasi masalah yang kedua, sampah menjadi energi, juga sudah dilakukan, hanya masih terlalu kecil dibandingkan dengan tumpukan sampah yang ada, dan belum berdampak pada pengurangan impor bahan bakar baik berupa minyak maupun gas. Apa penyebabnya?

Sampah dan limbah biomassa sebenarnya adalah sumber carbon yang sangat murah, kandungan carbon atau C ini di biomassa berkisar antara 50% (biomassa asal) hingga 85% (biomassa yang diolah menjadi arang). Sedangkan dari C inilah segala macam bahan bakar dan energi yang kita butuhkan bisa diproduksi.

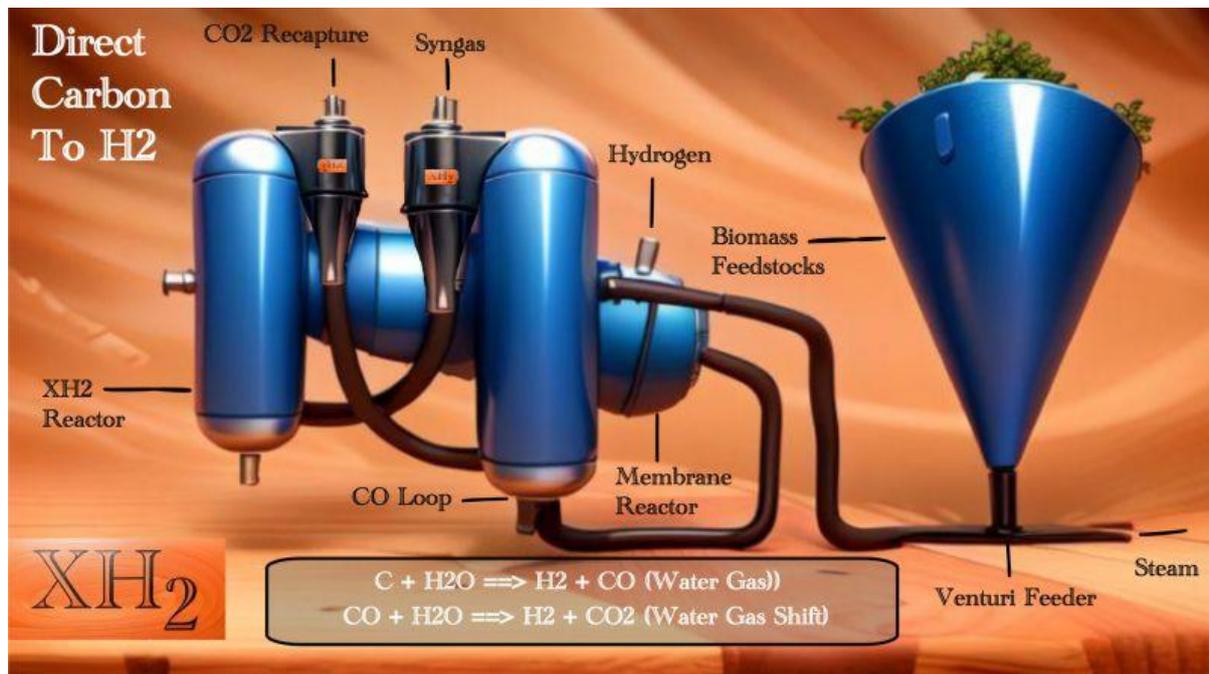
Namun ketika sampah hanya dibakar untuk menjadi listrik misalnya, harga jual listrik yang hanya di kisaran US\$ 0.1/kWh menjadi barriernya. Dengan harga jual produk akhir ini, maka 1 kg sampah yang sudah menjadi RDF (Refused-Derived Fuel) sekalipun paling banter harganya hanya di kisaran 40% dari produk akhir, atau US\$ 0,04/kg. Pada tingkat harga jual RDF seperti ini, pengolahan sampah menjadi RDF belum menjadi solusi yang sustainable - karena pasti masih harus disubsidi dari sumber dana lain.

Masih butuh solusi lain agar masyarakat tertarik untuk mengolah sampahnya hingga tuntas, dan ini hanya bisa dilakukan bila model bisnisnya sustainable. Untuk ini sampah dan limbah harus sedapat mungkin diarahkan menjadi produk yang bernilai jual paling tinggi. Dan di sektor energi, nilai jual tertinggi itu saat ini adalah hydrogen - di atas US\$ 6/kg, berikutnya bahan bakar hydrocarbon seperti benisn dan diesel - di kisaran US\$ 1.1 /kg , dan bahan bakar oxygenates seperti ethanol dan methanol di kisaran US\$ 0,5/kg.

Dari angka-angka pembanding tersebut, kalau kita bisa mengolah sampah dan limbah kita menjadi salah satu bahan bakar tersebut di atas, bisnis mengolah sampah akan sangat menjanjikan. Bila secara ekonomi menarik, dengan sendirinya sampah-sampah akan menghilang dari kota-kota kita.

Mesin di bawah adalah salah satu karya engineering kami untuk mengolah sampah apapun menjadi hydrogen dan syngas. Bisa diberi feedstocks berupa arang, maupun biomassa asalnya. Butuh 2.5 kg arang untuk memproduksi 1 kg hydrogen, butuh 7.5 kg sampah kering untuk 1 kg hydrogen yang sama, sedangkan bila dari sampah basah tergantung kadar airnya - bisa di kisaran 15 - 25 kg sampah basah.

Jalur manapun yang dipilih, tetap sangat menarik karena 1 kg hydrogen harga jual saat ini di kisaran US\$ 6,- tersebut di atas. Masih sangat cukup ruang untuk membuat mesin-mesin yang canggih, merekrut orang-orang terbaik dan memberi return yang menarik bagi para investor yang mau berinvestasi megolah sampah menjadi hydrogen, bahan bakar hydrocarbon maupun oxygenates ini.



88. Introducing Regenerative Energy Equation

Karena manusia tumbuh secara regenerative, dari 2 manusia turun ke dunia menjadi lebih dari 8 milyar saat ini dan masih terus tumbuh, semua kebutuhan untuk hidupnya juga ditumbuhkan dengan cara yang sama oleh Sang Maha Pencipta. Makanan kita dari jenis tanaman maupun ternak, tumbuh dengan cara yang sama dengan kita yaitu regenerative.

Maka sudah seharusnya demikian pula kebutuhan energi kita dipenuhi, bukan dari sesuatu yang habis tetapi dari sesuatu yang tumbuh. Energi biomassa adalah contohnya, hanya saja karena kebutuhan energi kita jauh lebih cepat dari tumbuhnya biomassa, maka dari setiap biomassa yang kita gunakan sebagai energi - kita juga harus bisa menumbuhkan kembali energi baru dari limbah atau emisinya.

Dari sinilah kita usung konsep Regenerative Energy (RE) kita itu. Sama dengan manusia, tanaman dan ternak yang tidak akan habis hingga akhir zaman, maka demikian pula supply kebutuhan kita lainnya yaitu energi. Dengan konsep RE inilah semua manusia yang tinggal di planet ini akan bisa terus memenuhi kebutuhannya, tanpa bergantung pada yang punya sumber minyak, batubara dan gas bumi.

Konsep RE ini sebenarnya sederhana, konsep ini bisa dijelaskan dengan detil bahkan secara sains-nya cukup dengan satu slide saja seperti di bawah. Asumsinya kita mulai dari awal, sejak ribuan tahun lalu manusia sudah bisa menggunakan arang sebagai bahan bakarnya. Hanya manusia modern ini ingin menggunakan arang untuk mesin-mesin yang canggih, maka arang kita reaksikan dengan air akan menghasilkan H₂ dan gas CO, reaksinya disebut Water Gas (WG).

H₂ adalah energi bersih yang kita idolakan, sedangkan gas CO kita reaksikan kembali dengan

air, hasilnya adalah H₂ lagi dan CO₂ dalam reaksi yang disebut Water Gas Shift (WGS). H₂ yang kedua ini menambah H₂ dari reaksi pertama, tetapi kali ini ada limbah emisi CO₂, bagaimana agar dia tidak mencemari atmosfer bumi?

CO₂ kita reaksikan lagi dengan carbon untuk menghasilkan dua molekul gas CO, reaksinya disebut Boudouard reaction. Gas CO ini bila dikembalikan ke reaksi ke 2 akan menghasilkan H₂ lagi, CO₂ lagi dst. CO₂ akan selalu habis di system RE ini ketika direaksikan dengan carbon - reaksi ke 3. Begitu seterusnya selagi ada carbon atau arang dan air, energi bersih H₂ selalu bisa dihasilkan dan emisinya selalu bisa habis diproses ulang.

Maka ketika ketiga reaksi tersebut saya jumlahkan, hasilnya adalah reaksi ke 4 yang saya sebut Regenerative Energy Equation (REE), REE ini sama dengan 2 kali WG atau reaksi pertama. Dari sinilah konsep energi tumbuh atau Regenerative Energy itu bisa mudah dipahami.

Seperti membelahnya sel pada tubuh kita, tanaman dan ternak, 1 sel membelah menjadi 2, 2 menjadi 4 dst. Demikian pula Regenerative Energy, selama masih ada arang dan air - dia akan bisa terus membelah dan tumbuh. Energi bersih akan terjangkau oleh seluruh umat manusia di seluruh permukaan bumi ini - SDGs No 7!

The Feedstocks

The Reactors

OCCYRE

XH2M

Regenerative Energy Equation (REE)

$C + H_2O \rightleftharpoons H_2 + CO$ (Water Gas)

$CO + H_2O \rightleftharpoons H_2 + CO_2$ (Water Gas Shift)

$C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO$ (Boudouard)

$2C + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_2 + 2CO$ (REE = 2 WG)

The Reactions

89. Introducing Low Cost Hydrogen

Bisa jadi energi bebas carbon itu sudah di depan mata, yaitu green hydrogen. Dua kendala utama yang selama ini menghantui produksi hydrogen - sudah bisa diatasi saat ini. Produksi green hydrogen bisa benar-benar hijau dan murah - baik dari sisi produksi maupun logistiknya.

Bila selama ini mayoritas hydrogen masih diproduksi melalui steam methane reforming (SMR), atau elektrolisa air yang mahal, kini bisa diproduksi langsung dari arang. Melalui dua langkah reaksi dalam reaktor yang kami sebut XH2 - Extra High Hydrogen ini, pellet arang yang ada di photo berubah menjadi hydrogen dengan delivery rate yang jauh lebih tinggi dari hydrogen carrier lainnya - lihat perbandngannya di grafik.

Produksi hydrogen dengan cara ini juga sangat hemat energi, selain energi panas bisa dihasilkan dari mengorbankan sebagian carrier atau arang itu sendiri, kebutuhan energinya juga sangat rendah dibandingkan misalnya dengan kebutuhan energi untuk elektrolisa air menjadi hydrogen dan oksigen.

Dari dua reaksi Water Gas dan Water Gas Shift yang kami gunakan untuk memproduksi hydrogen dari arang ini, total delta enthalpy keduanya hanya +90 kJ/mol. Kalau kita membakar arang saja delta enthalpy ini mencapai - 394 kJ/mol. Artinya untuk menghasilkan energi panas yang dibutuhkan agar reaksi produksi hydrogen ini terjadi, hanya perlu mengorbankan 90/394 bagian arang, atau 23% arang.

Dengan konsep jeruk makan jeruk atau bahasa sainsnya autothermal, kita bisa memproduksi hydrogen dari arang dengan mengorbankan 23% arang sebagai sumber energi panas, sedang 77% arang akan diproses menjadi hydrogen. Selain hanya butuh 6 kWh untuk memproduksi 1 kg hydrogen, 6 kWh ini berupa panas yang bisa dihasilkan oleh sumber panas yang murah - yaitu sebagian bahan itu sendiri.

Dengan proses ini pula logistik hydrogen yang sangat mahal karena butuh tekanan 700 Bar atau minus 253 derajat Celsius bisa dihindari. Caranya adalah hanya memproduksi hydrogen secara in-situ dan in-time, di tempat dan pada saat dibutuhkan saja. Di tempat hydrogen dibutuhkan itulah kita pasang reaktor XH2 tersebut di atas.

Yang sudah butuh green hydrogen, sudah bisa memesan reaktor XH2 ini beserta supply feedstock arangnya seperti pada photo di bawah.



90. Decarbonization and Desulfurization Maritime Industry

International Maritime Organization (IMO) sejak Januari 2020 memberlakukan peraturan yang ketat terkait kandungan sulfur pada bahan bakar kapal yang digunakan, dari yang semula 3.5% menjadi 0.5%. Bahkan di perairan yang termasuk Emission Control Areas (ECAs), batas ini 0.1% yang berlaku sejak 2015.

Salah satu dampak dari peraturan ini adalah kapal-kapal harus menggunakan bahan bakar dari kategori minimal very low sulphur fuel oil (0.5% VLSFO), bahkan ultra-low sulphur fuel oil (0.1% ULSFO) atau Marine Gas Oil (0.1% MGO), tentu semuanya menjadi lebih mahal ketimbang bahan bakar kapal sebelumnya.

Cara lain adalah dengan memasang scrubbers atau exhaust gas cleaning system agar gas buang kapal menjadi memenuhi batas ketentuan IMO tersebut meskipun bahan bakarnya bukan VLSFO atau ULSFO. Di luar ketentuan tentang sulfur ini, industri maritime tentu juga harus berkontribusi dalam menekan emisi CO₂ yang menjadi fokus dunia saat ini.

Sejalan dengan apa yang sudah dilakukan oleh industri maritime ini, para insinyur di Advanced Renewable Organization (ARO) melihat peluang lain yang juga bisa dilakukan untuk industri maritime - yang menjadi tulang punggung dari perdagangan dunia ini. Yaitu bukan hanya menurunkan sulfur dan carbon, tetapi juga menurunkan kebutuhan akan bahan bakar kapal secara keseluruhan.

Dasar pemikirannya adalah, bila bahan bakar kapal bisa dihemat 50-77%, maka biaya pengiriman barang antar pulau dan antar negara akan bisa menjadi jauh lebih murah, lebih dari itu pulau-pulau terpencil di muka bumi ini akan lebih mudah dijangkau karena kapal-kapal yang melayani pulau ini terjamin ketersediaan bahan bakarnya.

Dengan apa bahan bakar bisa dihemat secara significant tersebut di atas? Dengan konsep Regenerative Energy (RE) yang sudah sering saya unggah di media ini. Dengan konsep RE ini, emisi kapal sepenuhnya ditangkap, unsur sulfur dan nitrogen dipisahkan untuk menjadi bahan baku pupuk, sedangkan CO₂ yang merupakan mayoritas kandungan gas buang kapal diproses ulang menjadi RE tersebut.

Karena ukuran kapal ini umumnya cukup besar, sangat mungkin memasang OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy) reactor, XH₂ (Extra High Hydrogen) reactor dlsb. di dalam kapal, yang dengan reaktor-reaktor ini CO₂ dapat dimanfaatkan kembali menjadi bahan bakar kapal itu sendiri.

Dengan cara ini emisi kapal akan hilang sama sekali, tidak ada CO₂, SO_x, NO_x dan VOC, dan kapalpun akan menjadi sangat hemat bahan bakar. Gambar di bawah adalah karya para insinyur di ARO dibantu AI, untuk rancangan kapal yang bebas emisi tersebut, termasuk mesinnya yang sesuai.



91. Regenerative Fuels Family

SDG no 7, Affordable Clean Energy yang disepakati dunia untuk dicapai pada tahun SDGs 2030 itu seharusnya sangat mungkin bisa benar-benar dicapai, bila seluruh tapak jalan yang memungkinkan untuk itu benar-benar dilakukan. Diantara tapak jalan yang bisa dilalui ini, kami dari Advanced Renewable Organization (ARO) mengusung tapak jalan Regenerative Energy (RE).

Dalam hal bahan bakar - Regenerative Fuels (RFs) yang merupakan bagian dari RE, seluruh jenis bahan bakar yang kita butuhkan saat ini bisa diproduksi melalui jalur RE ini. Tiga bahan baku utamanya untuk ini yang pasti ada di seluruh dunia - sehingga SDGs no 7 juga merata di seluruh dunia, adalah emisi CO₂, carbon dari biomassa dan air. Diagram dibawah adalah jalan tapak untuk masing-masing bahan bakar yang kita butuhkan, bila diproduksi dari tiga bahan baku tersebut.

Emisi CO₂ bisa direaksikan langsung dengan arang dalam reaktor OCCYRE, hasilnya adalah syngas yang kaya akan CO, bila ada sedikit H₂ dalam kandungan syngas yang pertama ini - itu berasal dari H₂ bawaan arang - yang rata-rata arang memang masih mengandung H₂. Syngas yang kaya akan CO ini bisa diupgrade untuk menjadi kaya akan H₂ menggunakan reaktor XH₂.

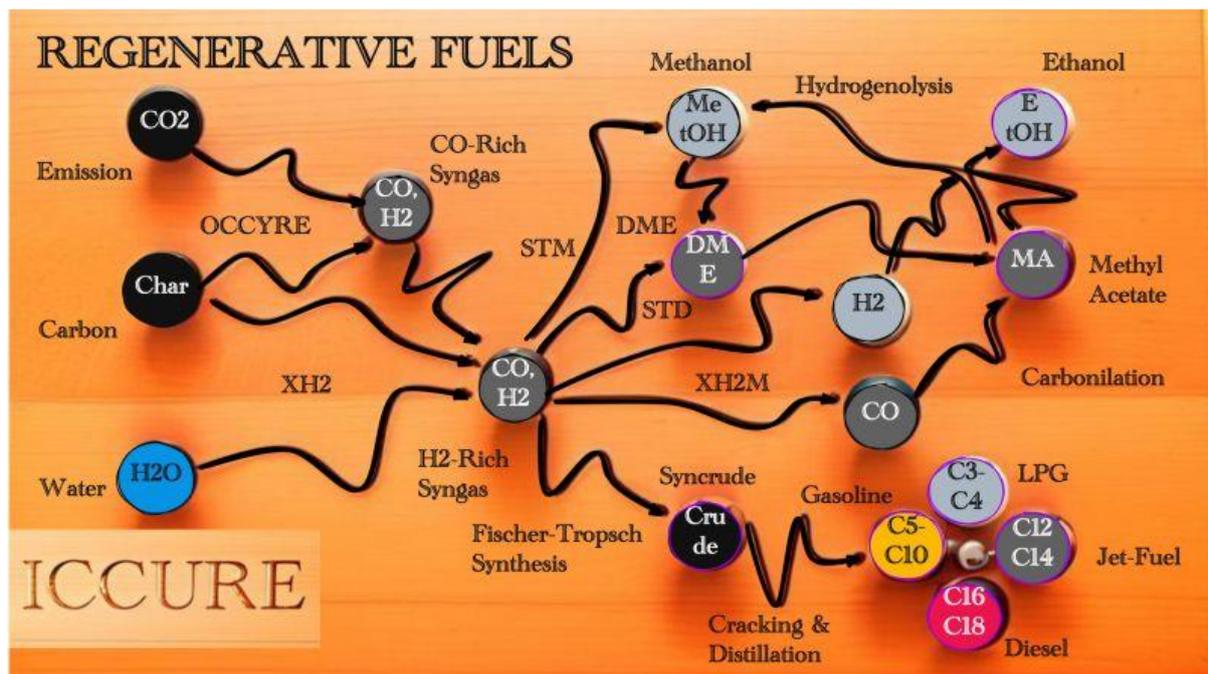
Reaktor XH₂ juga bisa diberi inputan berupa arang atau bioamssa dengan air, hasilnya langsung H₂-Rich Syngas. H₂-Rich syngas ini bisa diatur rasio H₂/CO-nya dan bahkan bisa dipisahkan antara H₂ dan CO dengan reaktor Membrane atau XH₂M. Rata-rata butuh rasio H₂/CO >2 dalam satuan molekul, untuk bisa diproses menjadi bahan bakar berikutnya secara efektif.

Di kelompok bahan bakar oxygenates, DME (Dimethyl Ether) dan methanol bisa diproduksi langsung dari syngas yang sudah diupgrade kandungan H₂-nya ini. DME bisa juga diproduksi dari methanol yang didehidrasi. Sedangkan ethanol bisa diproduksi melalui dua kali proses DME, yaitu melalui karbonilasi untuk merubah DME menjadi Methyl Acetate (MA), dan kemudian hidrogenolisis untuk merubah MA menjadi ethanol dengan hasil samping methanol.

Bahan bakar lain dari kelompok hydrocarbon seperti bensin, diesel, jet-fuel dan LPG, bisa diproduksi juga dari syngas yang sudah diperkaya H₂-nya tersebut. Proses utamanya adalah Fischer-Tropsch Synthesis, dan hasilnya adalah synthetic crude atau syncrude. Syncrude ini mirip sekali dengan crude oil dari minyak bumi - hanya asal usulnya saja yang berbeda.

Syncrude melalui proses cracking dan destilasi akan bisa menghasilkan seluruh jenis bahan bakar hydrocarbon yang kita butuhkan tersebut di atas. Seluruh proses yang ada di diagram di atas secara terpisah bagian per bagian - telah proven karena sudah dilakukan di industri sejak tiga abad terakhir.

Yang kita butuhkan sekarang hanyalah menggunakan semua teknologi yang sudah matang tersebut untuk menyelesaikan masalah kekinian, yaitu emisi carbon khususnya dan keterjangkauan energi bersih bagi seluruh penduduk bumi ini, atau SDGs no7 yang saya sebut di awal tulisan ini di atas.



92. The Oxygenates

Idealnya bahan bakar itu adalah hydrogen karena limbah pembakarannya hanya berupa air. Namun karena logistik hydrogen ini sangat mahal, butuh tekanan 700 Bar atau suhu minus 253 derajat Celsius, maka bila harus disimpan atau dikirim, hydrogen bisa 'disimpan' secara

alami dengan arang - karena dia paing murah dari sisi logistik dan produksi hydrogenya.

Tetapi bila karena satu dan lain hal orang enggan menggunakan arang karena berbagai sebab, carrier hydrigen berikutnya yang sangat efektif adalah oxygenates, yaitu bahan bakar yang mengandung oksigen. Selain sebagai hydrogen carrier, oxygenates ini mempunyai kegunaan yang sangat luas.

Di antara oxygenates yang paling populer adalah ethanol, methanol dan DME. Ketiganya bisa menjadi bahan bakar langsung atau diproses lebih lanjut menjadi feedstocks berbagai jenis industri. Sebagai bahan bakar, DME misalnya bisa menggantikan LPG dan diesel sekaligus. Ethanol bisa menjadi campuran bensin hingga 85% (E85), sedangkan methanol bisa hingga 15% (M15).

Karena penggunaannya yang fleksibel tersebut, oxygenates ini bisa menjadi stock energy yang bisa diandalkan untuk daerah-daerah yang selama ini bergantung supply energy-nya dari daerah atau negara lain. Oxygenates bisa menjadi energy security yang sangat bisa diandalkan supply-nya.

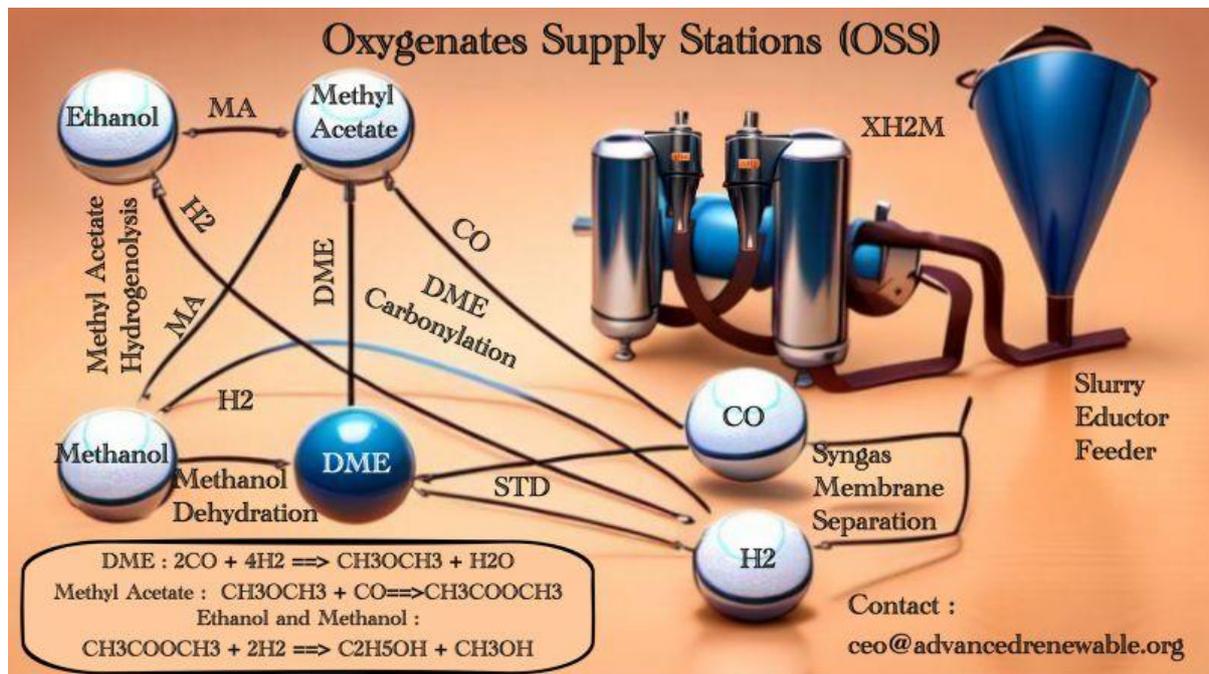
Salah satu karya R&D dari Advanced Renewable Organization (ARO) adalah microplant untuk produksi 3 jenis oxygenates tersebut di atas yaitu DME, Ethanol dan Methanol. Ketiganya saling terkait dan bisa dibuat dalam satu paket microplant yang kompak.

Bahan baku yang kami pilih adalah mixed waste, yaitu sampah yang tidak harus dipilah - antara organik dan non-organik, yang perlu diambil hanya bahan yang tidak terurai pada suhu 1000 derajat Celsius seperti logam, kaca dan tanah. Sampah juga tidak harus dikeringkan - karena system ini bisa mengolah sampah basah maupun kering.

Inti prosesnya adalah sampah dihancurkan hingga menjadi tepung atau bubur bila basah, kemudian dengan feeder khusus yang diebut Slurry Eductor Feeder, tepung atau bubur sampah dijadikan slurry yang dikirim ke dalam reactor XH2 (Extra High Hydrogen). Di dalam XH2 inilah sampah dirubah menjadi H2-Rich Syngas yang siap dijadikan basis produksi oxygenates.

Yang paling mudah rutenya menjadi DME (Dimethyl Ether) dahulu. Dari DME ini ethanol dan methanol bisa diproduksi sekaligus melalui dua tahap, yaitu carbonylation DME menjadi Methyl Acetate, kemudian hydrogenolysis Methyl Acetate untuk menjadi ethnanol dan methanol sekaligus. Dengan microplant yang kami sebut Oxygenates Supply Systems (OSS) ini, pemerintah kota, industri, kompleks komersial maupun perumahan - tidak perlu lagi membuang sampah apalagi menimbunnya!

Gambar di foto hanya menunjukkan unit XH2 beserta feeder system dan product separation-nya, adapun unit untuk reaktor DME, methanol dan ethanol-nya ada di unggahan sebelumnya.



93. Bahan Bakar Dari Sampah Kita Kemarin!

Suka atau tidak suka, faktanya bahan bakar yang paling banyak digunakan di dunia hingga saat ini masih berupa bahan bakar fosil, khususnya minyak bumi dan gas. Sayangnya minyak bumi dan gas ini tidak menyebar secara merata dan persediaannya terbatas. Akibatnya beberapa negara menjadi sangat kaya karena memiliki lebih dari yang dibutuhkannya, sedangkan yang lain sangat bergantung pada supply dari negara-negara kaya tersebut.

Tetapi minyak dan gas ini dahulunya - jutaan tahun silam - juga dari biomassa asalnya, dari tanaman, hewan dan microorganism. Bisakah kita memproduksi minyak dan gas seperti minyak bumi dan gas alam, tetapi dari biomassa yang segar? biomassa dari sampah kita yang kita buang kemarin?

Jawabannya bisa! Dan di laboratorium kami, di Advanced Renewable Organization (ARO) seluruh rangkaian prosesnya sudah selesai dirancang, mayoritas bagian per bagian sudah diuji coba. Penampakan rangkian microplant-nya seperti pada gambar di bawah, ini untuk kapasitas sekitar 750 liter bahan bakar per jam.

Intinya ada 4 tahapan proses dari sampah basah atau kering, organic maupun non- organic untuk menjadi bahan bakar hydrocarbon seperti yang kita gunakan sekarang, diesel, bensin, jet-fuel atau minyak tanah dan LPG. Tahapan pertama sampah atau limbah dijadikan tepung bila kering atau bubur bila basah, inilah feedstocks yang kita taruh di penampungan paling ujung kanan.

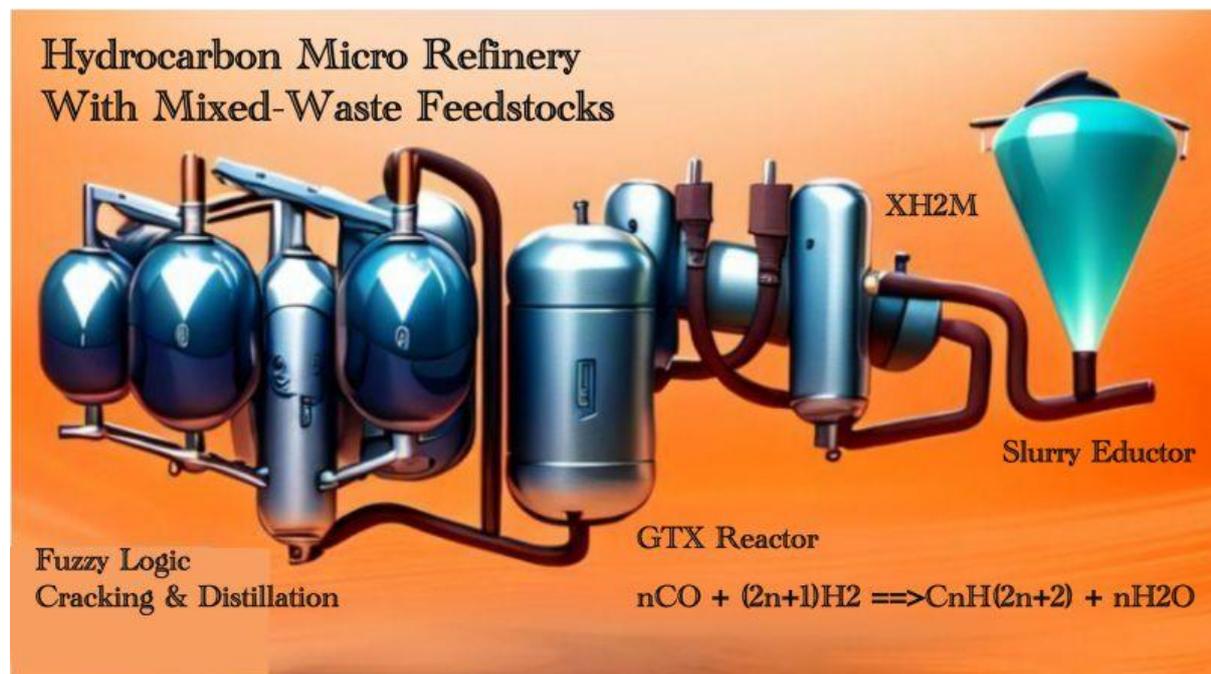
Dengan teknis khusus yang disebut slurry eductor, tepung atau bubur tersebut ditekan oleh

uap untuk masuk ke ruang reaktor XH2M, keluarannya akan berupa H2-Rich Syngas, yaitu syngas dengan rasio H2/CO >2.

Dari sini syngas akan ditekan lagi masuk ke reaktor berikutnya yang kami sebut GTX, Gas To X, dimana X=D bila untuk diesel, X=G untuk gasoline, X=J untuk jet-fuel dan X = L untuk LPG. Huruf-huruf ini bukan sekedar nama untuk produk yang diinginkan, tetapi juga terkait parameter proses yang dibutuhkan. Setiap huruf tersebut setidaknya mewakili 4 parameter yang berbeda, yaitu suhu operasi, residence time, tekanan dan katalis yang sesuai.

Setelah dikendalikan dengan parameter yang sesuai-pun tidak ada jaminan kalau keluaran dari XH2M adalah bahan bakar yang kita kehendaki. Bisa saja kepanjangan rantai C-nya, atau kependekan dlsb. Maka keluaran dari XH2M kita masukkan reaktor satu lagi yang kita sebut Fuzzy Logic Reactor - selain melakukan cracking, reaktor ini sekaligus memilah-milah produk akhir agar sesuai dengan yang kita butuhkan.

Dengan rangkaian Hydrocarbon Micro Refinery ini, affordable and clean energy seperti target SDGs no 7 harusnya bisa dicapai di seluruh dunia jauh sebelum tahun SDGs 2030. Karena bahan bakunya dari sampah dan limbah yang kemarin kita buang!



94. Regenerative Fuels, How Much Does It Cost?

Sejak kami di Advanced Renewable Organization (ARO) memperkenalkan konsep Regenerative Energy, pertanyaan yang menghaantui kami dan tidak langsung bisa dijawab adalah berapa harga jual Regenerative Energy atau khususnya yang mendesak adalah Regenerative Fuels (RF) ini nantinya. Sebab bila ujungnya harga ini masih lebih mahal dari fossil fuels, orang tetap prefer menggunakan fossil fuels selagi dia masih ada.

Padahal fossil fuels tetap akan ada di bumi hingga beberapa dasawarsa yang akan datang, artinya emisi dari pembakaran fosil akan terus ada. Jalan yang paling efektif agar orang mau meninggalkan fossil fuels ini adalah bila kita bisa hadirkan bahan bakar yang bukan hanya lebih bersih, tetapi juga harus lebih murah.

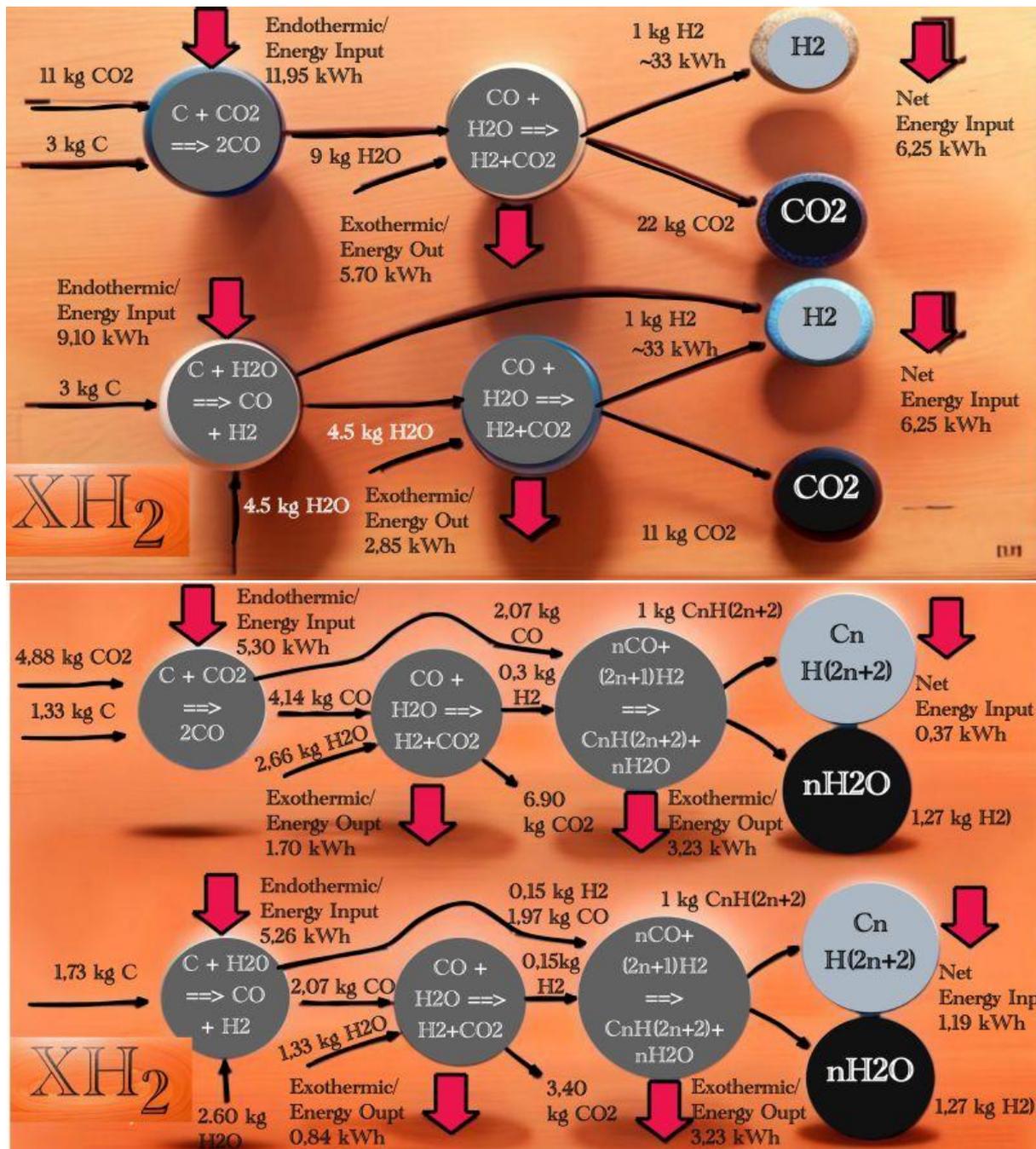
Pertanyaan terkait harga jual RF ini baru bisa kami jawab setelah serangkaian uji coba dan modelling kita lakukan, termasuk mass and energy balance untuk proses produksi RF ini. Ada setidaknya 4 model yang kami kembangkan dan sarikan dalam dua grafik di bawah, pertama adalah produksi hydrogen - dengan 2 bahan baku yang berbeda, yaitu arang saja dan arang plus CO₂. Yang kedua adalah bahan bakar hydrocarbon, untuk model ini kami pilih bensin, khususnya C₁₀H₂₂ - yang berada di tengah sebaran bahan bakar Hydrocarbon, bahan bakunya juga dibuat 2 pilihan, arang saja dan arang plus CO₂.

Dari hasil modelling inilah kita baru bisa memperkirakan secara relatif akurat perkiraan harga RF ini nantinya. Untuk Hydrogen, baik yang menggunakan bahan baku arang saja ataupun arang plus CO₂, hasilnya kurang lebih sama - karena unsur C baik yang dari arang maupun yang dari CO₂ hanya digunakan sebagai carrier untuk men-deliver H₂. Per 1 kg hydrogen, dibutuhkan 3 kg arang dan 11 kg CO₂ (bila pilihannya juga menggunakan CO₂), dengan kebutuhan energi sama yaitu 6,25 kWh.

Untuk bahan bakar hydrocarbon, bila hanya menggunakan arang sebagai bahan bakunya, per 1 kg produk bahan bakar, dibutuhkan 1.730 kg arang dan 1,18 kWh energy. Bila menggunakan bahan baku arang dan CO₂, kebutuhan arang menjadi 1,33 kg dan kebutuhan energinya turun menjadi 0,39 kWh.

Dengan asumsi harga arang adalah US\$ 200/ton, listrik US\$ 0,1/kWh dan 2 komponen ini merupakan 40% dari harga jual bahan bakar RF ini, maka harga jual hydrogen di lokasi produksi akan sekitar US\$ 3/kg. Harga jual RF dengan bahan bakar arang saja, sekitar US\$ 0,90/liter, dan apabila bahan bakunya gabungan anantara arang dan CO₂, harga jual akan turun tinggal US\$ 0,60/liter.

Jadi tanpa subsidi-pun bahan bakar bersih ini akan sangat bisa bersaing dengan bahan bakar dari fossils, tinggal siapa atau negara mana yang akan lebih dahulu mengembangkan RF ini. Selain akan mandiri energi lebih dahulu, energy security-nya akan melonjak karena bahan bakunya pasti ada di setiap negara. Negara tersebut juga akan menjadi sangat bersaing di industrinya - karena ongkos bahan bakar inilah yang hingga saat ini menjadi salah satu penentu daya saing dari industri di setiap negara.



95. Opportunities In Energy and Emission (E&E) Market

Ada pasar yang sangat besar yang tumbuh pesat dalam beberapa dekade kedepan, pasar ini adalah pasar Energy dan Emission reduction (E&E). Untuk pasar energi, driver-nya adalah pertumbuhan ekonomi, dan kebutuhan dunia akan energi bersih yang carbon-free atau carbon-neutral. Sedang pasar penurunan emisi driver-nya adalah Nationally Determined Contribution (NDC) masing-masing negara hingga 2030, dan net-zero pada tahun 2050.

Untuk Indonesia sebagai contoh, pasar E&E itu pada tahun 2030 akan mencapai US\$ 170 Milyar, terdiri dari US\$ 80 Milyar pasar tenaga listrik, US\$ 56 Milyar pasar bahan bakar dan

US\$ 34 Milyar untuk pasar penurunan emisi, dimana Indonesia harus menurunkan emisi sebesar 912 juta ton per tahun pada tahun 2030 dari Business As Usual (BAU)-nya.

Bukan hanya di Indonesia, pasar E&E di seluruh dunia juga akan tumbuh dengan sangat cepat dalam beberapa dasawarsa kedepan. Pertanyaannya adalah untuk siapa peluang pasar ini? Utamanya adalah para pemain energi bersih yang bebas carbon atau carbon-neutral, dan para jawara penakluk emisi CO2.

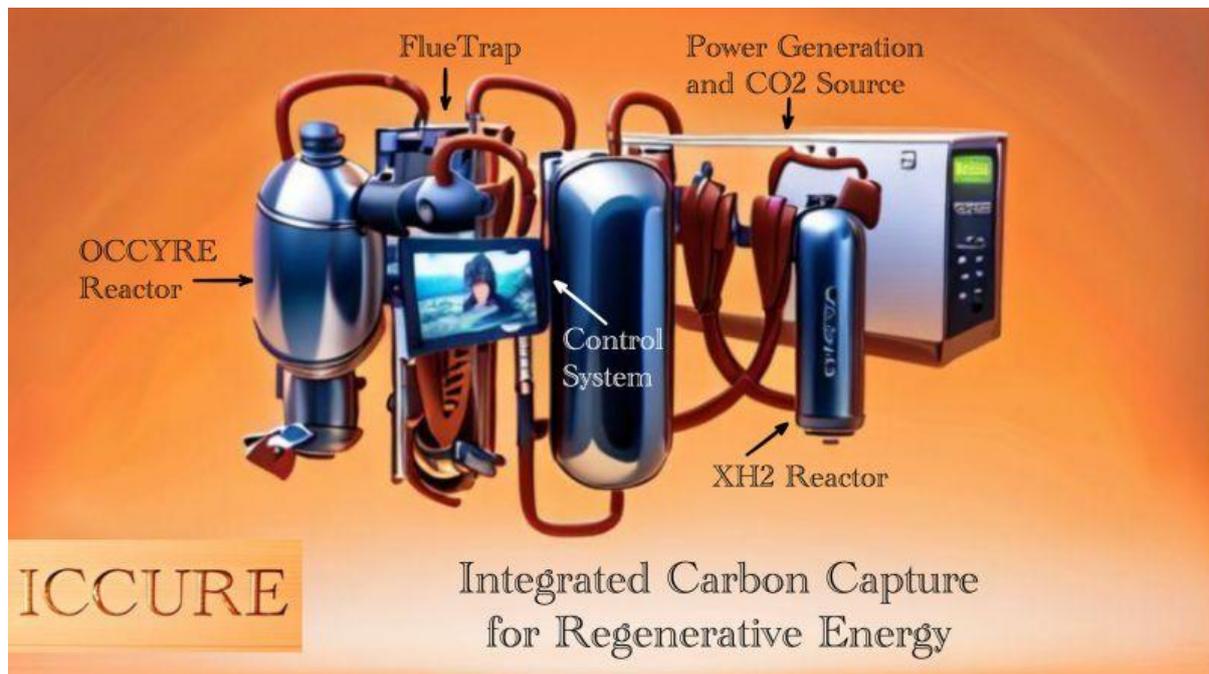
Dan di dua bidang ini sekaligus konsep energi baru yang kami sebut Regenerative Energy (RE) menyoar. Dengan RE kita bisa menyoar pasar energi yang bebas carbon maupun yang carbon neutral karena kita bisa memproduksi green hydrogen yang murah, demikian pula dengan renewable hydrocarbon, oxygenates dan Regenerative Electricity.

Bersamaan dengan itu karena bahan baku energi yang kami gunakan adalah CO2 yang ditangkap dari sumber emisinya dan carbon dari arang atau biomassa, maka solusi teknologi RE yang sama bisa digunakan untuk menggarap pasar penurunan emisi.

Unit-unit small commercial scale yang sekaligus bisa diarahkan untuk marketing demo units, training and education, saat ini sudah bisa dipesan. Konfigurasi mesinnya kurang lebih seperti pada foto di bawah. Meskipun kecil, dia mampu memproduksi listrik hingga kapasitas 100 kW, dan menyerap CO2 hingga 200 ton per jam.

Unitnya sendiri terdiri dari gas atau diesel genset untuk menghasilkan listrik sekaligus sumber emisi, FlueTrap untuk menangkap flue gas yang mayoritas isinya adalah CO2, OCCYRE reactor untuk merubah CO2 menjadi energi baru berupa gas CO, XH2 reactor untuk meningkatkan rasio H2/CO agar syngas yang dihasilkan memiliki kalori tinggi dan bisa digunakan untuk feedstocks berbagai jenis bahan bakar bila dibutuhkan, dan tidak ketinggalan AI-based control system untuk mengelola system secara keseluruhan.

Dengan kemampuan yang multiguna tersebut, unit yang kita sebut sebagai Integrated Carbon Capture and Utilization for Regenerative Energy (ICCURE) ini, bisa menjadi solusi ideal bagi korporasi, institusi dan industri yang membutuhkan program nyata dalam Environmental and Sosial Governance (ESG)-nya. Kami juga mencari mitra di seluruh dunia untuk menggarap bareng E&E market ini, serta produksi massal dari teknologi ICCURE ini dalam berbagai ukuran yang dibutuhkan pasarnya.



96. Local LPG, A Non-Petroleum LPG

Bahan bakar untuk rumah tangga yang paling populer di dunia adalah LPG, maka sudah dua dasawarsa ini penduduk negeri kepulauan ini juga kecanduan LPG. Masalahnya adalah LPG ini mayoritas bukan produk dalam negeri, sekitar 80%-nya masih harus diimpor dalam bentuk bahan baku propane dan butane-nya.

Selain harus disubsidi dengan sangat beratnya, dampak konsumsi LPG impor ini juga menjadi faktor pemiskin negeri ini karena setiap sen devisa yang kita pakai untuk membayar produk impor, sejumlah itu pula GDP kita berkurang. Mungkinkah LPG diproduksi sepenuhnya dalam negeri?

Selama LPG itu adalah singkatan dari Liquid Petroleum Gas, kecil sekali peluangnya bisa sepenuhnya diproduksi dalam negeri - karena di unsur petroleum atau minyak ini kita juga masih mengimpornya. Tetapi bila kita mau berlepas diri dari minyak, dan merubah LPG kita menjadi LPG yang kembali ke fitrahnya, yaitu P-nya diganti dengan propane, maka propane ini sangat mungkin diproduksi di dalam negeri.

Jadi singkatan LPG-nya yang kita rubah menjadi Liquid Propane Gas, yang tetap LPG juga. Pertanyaan berikutnya adalah dari bahan apa LPG yang baru ini akan kita produksi, dan bagaimana memproduksinya?

Propane bisa diproduksi dari sumber carbon yang melimpah ruah yang hingga kini masih menjadi masalah di hampir seluruh negeri ini, yaitu sampah dan limbah. Sains dan teknologinya juga sudah ada sejak tiga abad lalu, mulai dari Water Gas (WG) dan Water Gas Shift (WGS), temuan ilmuwan Italy Felice Fontana dari abad 18. Dengan reaksi WG dan WGS inilah kita bisa memproduksi bahan baku propane dari sumber carbon apa saja, bisa

sampah, limbah dan bahkan juga dari emisi CO₂.

Kemudian setelah bahan baku berupa syngas yang baik diperoleh, yaitu syngas dengan karakter rasio H₂/CO>2, bahan bakar apapun bisa dibuat dari syngas ini. Termasuk untuk memproduksi propane yang merupakan kompoen utama LPG. Teknologinya temuan Ilmuwan abad 20 lalu yaitu Franz Fischer and Hans Tropsch, yang kemudian dikenal dengan Fischer-Tropsch Synthesis (FTS). Dan FTS inilah yang hingga kini digunakan di sejumlah negara untuk produksi bahan bakar dan chemical.

Tetapi karena sumber yang akan kita olah sampah dan limbah, yang karakternya menyebar di seluruh penjuru negeri, tidak ekonomis mengangkut sampah dan limbah ke pengolahan yang terpusat, maka unit-unit pengolahnya yang harus dibuat dalam skala kecil, mini atau bahkan micro plant - yang bisa hadir dimana saja sentra-sentra biomassa atau sampah ada.

Gambar di bawah adalah rancangan untuk LPG Micro Plant dengan bahan baku biomassa dari sampah dan limbah. Micro plant ini bisa dibuat untuk setiap kota atau bahkan kecamatan, sehingga LPG yang sudah menjadi kebutuhan dasar kita itu bisa dipenuhi oleh produk lokal.

Selain meningkatkan energy security, menurunkan carbon footprint, pasti juga memakmurkan karena menjadi pendorong pertumbuhan ekonomi lokal, dan tidak ada lagi yang harus dibayar dengan devisa kita yang mahal!



97. Tiga Garis Depan Peradaban Berkelanjutan

Dalam tiga dasawarsa terakhir sejak Earth Summit di Rio de Janeiro 1992, dunia sebenarnya sudah berniat untuk berubah, dari yang semula merusak alam menuju perbaikannya - paling tidak ini yang dicita-citakan lebih dari 100 pemimpin dunia yang berkumpul saat itu.

Namun realitanya hingga kini 32 tahun kemudian belum ada tanda-tanda perbaikan itu, masyarakat perkotaan umumnya, masih menghadapi 3 masalah besar ini, yaitu sampah kota, emisi CO₂ dan energy security. Yang terakhir ini menjadi semakin serius dengan krisis perang di sejumlah regions saat ini.

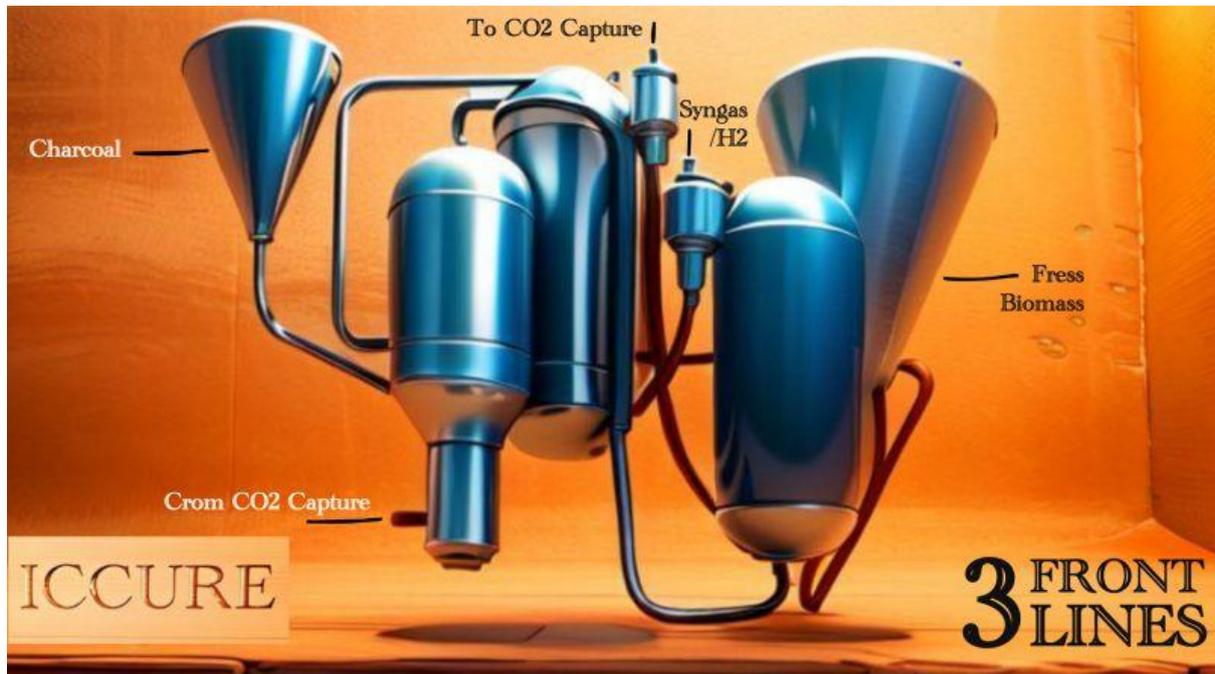
Namun sesungguhnya tiga masalah besar tersebut bisa saling meng-offset satu sama lain, masalah yang satu menjadi solusi bagi yang lain. Sampah kota misalnya, dia adalah sumber carbon yang paling murah, dia bisa dirubah menjadi energi bersih yang sustainable - karena penduduk kota pasti terus mengeluarkan sampah. Ketika energi fosil digantikan dengan carbon yang berasal dari sampah kota - yang mayoritasnya organic, otomatis penambahan CO₂ di udara akan berkurang.

Bila kita bisa menangkap CO₂ dengan efektif dan murah, dia juga sumber C yang tidak ada habisnya, dengan ini masalah CO₂ teratasi dan demikian pula masalah energi. Ketika kita fokus untuk mandiri energi dan berhenti bergantung pada energi yang kita impor, sumber terbaik kita akan kembali ke sampah dan emisi CO₂ yang melimpah dan murah.

Intinya ketika kita mulai dari sisi manapun dari tiga masalah ini, kita akan bisa mengatasi dua sisi lainnya sekaligus. Tetapi untuk ini butuh sosisi teknologi yang murah, bisa dibuat di mana saja - sehingga peradaban yang berkelanjutan itu bisa merata di seluruh dunia.

Salah satu reaktor rancangan kami dibawah yang kami sebut 3 Front Lines, bisa menjadi titik awal untuk mengatasi tiga masalah tersebut di atas sekaligus. Reactor ini bisa diberi inputan berupa sampah basah, kering, organik, unorganik, arang maupun CO₂. Semuanya bisa dirubah menjadi syngas atau bahkan juga H₂ murni.

Dengan ini masalah sampah dan CO₂ teratasi, dan otomatis ennergy security akan melonjak. Sekali merangkuh dayung, tiga pulau terlampaui.



98. Regenerative Energy : Materials, Energy and Financial Balances

Pertanyaan detil yang sangat umum ketika kami memperkenalkan konsep Regenerative Energy (RE) adalah seputar kebutuhan material, kessimbangan energi dan feasibility RE ini dari sisi keuangan. Maka satu slide di bawah bisa menjelaskan semuanya secara sekaligus.

Yang kami gunakan model perhitungan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan kapasitas 1 MW. Dengan asumsi efisiensi konversi energi diesel ke listrik 30%, maka pembangkit ini butuh bahan bakar diesel 259 kg/jam atau sekitar 6.2 ton diesel/day, dengan harga diesel industri sekarang US\$ 1,374/ton biaya bahan bakar sekitar US\$ 8,545/day. Namun dalam konsep RE, PLTD ini sebenarnya juga memiliki sumber energi barunya sendiri, yaitu dari emisi CO₂-nya, yang dikeluarkannya sekitar 816 kg/jam.

CO₂ tersebut bisa dirubah menjadi energi baru dengan mereaksikannya dengan arang atau carbon. Butuh 229 kg arang untuk mengolah 816 kg CO₂. Dalam konsep RE, CO₂ direaksikan dengan C menjadi 2CO, dan kemudian dibakar kembali menjadi energi plus CO₂ lagi, maka akan ada akumulai CO₂ ini di bumi. Inilah yang bisa dijadikan sumber energi terus menerus secara sustainable.

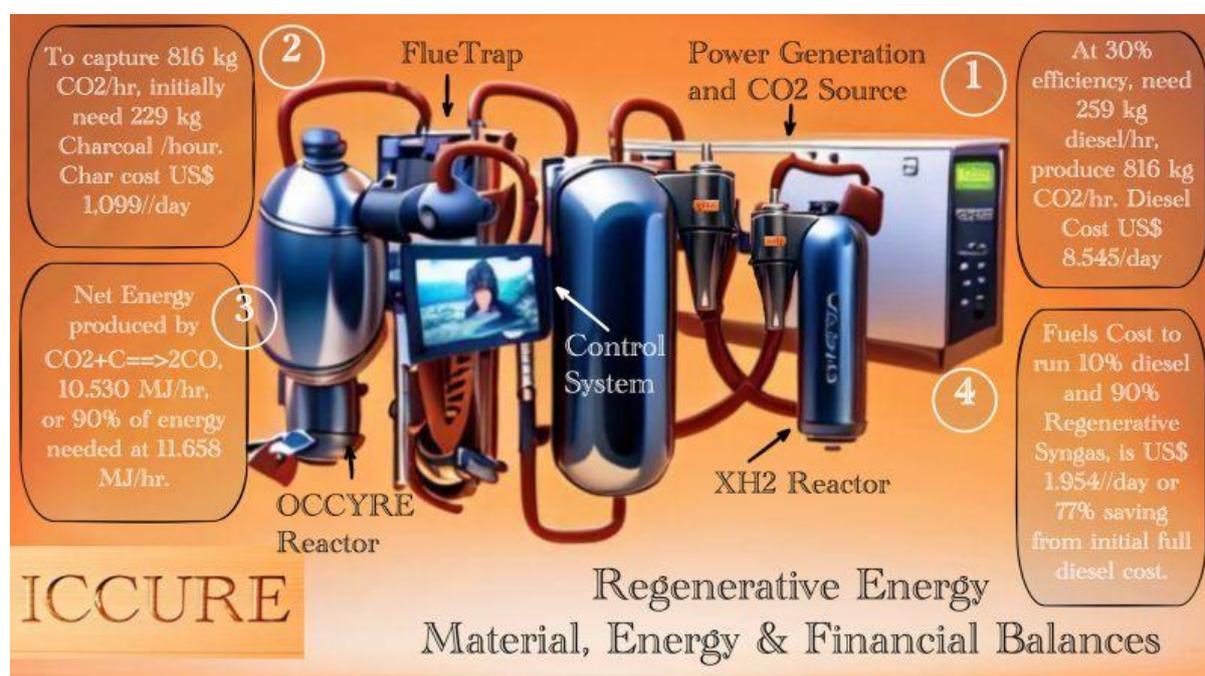
Hanya saja tetap butuh tambahan arang dan diesel 10% karena di compression engine butuh ignition, yang tidak bisa diberikan oleh gas CO kecuali suhunya sangat tinggi. Jadi pada konsisi stabilnya, operasi PLTD yang semula 100% diesel, dan butuh 6.2 ton diesel/day, menjadi butuh 620 kg diesel/day dan 5.5 ton arang per day. Tetapi harga arang ini murah hanya sekitar US\$ 200/ton.

Maka total biaya bahan bakar untuk menghasilkan energi yang sama menjadi hanya US\$

1,954/day. Artinya dengan memanfaatkan CO2 dan arang, biaya bahan bakar untuk PLTD 1 MW ini bisa turun sebesar 77% dibandingkan dengan bila menggunakan diesel sepenuhnya.

Untuk ini tentu butuh investasi, yaitu reaktor-reaktor yang memungkinkan seluruh rangkaian konversi dari CO2 menjadi syngas yang layak menggantikan bahan bakar diesel hingga 90%, atau yang kita sebut S90 ini! Hitungan kasarnya, team kami siap membangun seluruh rangkaian reaktor ini dengan biaya setara 10 bulan penghematan biaya bahan bakar tersebut di atas.

Ada peluang pendapatan lain dengan konsep RE ini, yaitu carbon credit. Pada waktunya harga carbon credit melonjak menjelang tahun 2030, pendapatan dari carbon credit ini bisa menjadi sangat significant dalam menurunkan biaya operasi pembangkit yang bebas carbon seperti dengan penggunaan teknologi RE ini. Menjadi clean and green tidak harus mahal, bahkan bisa menjadi cost saving leadership centre!



99. Things To Do With Our Waste

Krisis sampah di sejumlah kota sudah sampai ubun-ubun, sejumlah pejabat daerah yang sempat diskusi dengan kami - tone-nya sama, kalau bisa menghilangkan sampah ini saja dari kota mereka - itu sudah akan menjadi prestasi. Bahkan ada anggaran besar untuk bisa membuang sampah ini dari wilayah mereka. Pertanyaannya adalah apakah sampah-sampah ini harus dibuang?

Maka grafik di bawah adalah pilihan-pilihan solusi yang bukan hanya menghilangkan sampah, tetapi merubah sampah menjadi high value products, di sini tidak saya masukkan sampah yang diolah menjadi RDF (Refuse Derived Fuel) misalnya - karena dia tidak termasuk high value products.

Mulai nomor dua dari kiri, itulah posisi sampah, nilainya negatif - karena kita harus membayar orang untuk mau menerimanya, tetapi kandungan energinya lumayan tinggi. Tiga ton sampah yang kami jadikan benchmark disini, kandungan energinya sekitar 42 GJ. Pengolahan paling sederhana adalah dirubah menjadi arang, dari 3 ton sampah massa akan susut menjadi tinggal 1 ton, energinya-pun turun karena ada yang terbuang, tinggal sekitar 30 GJ. Tetapi arang nilainya sudah positif, dari semula sampah yang negatif menjadi positif 1 ton arang senilai \$ 200,-.

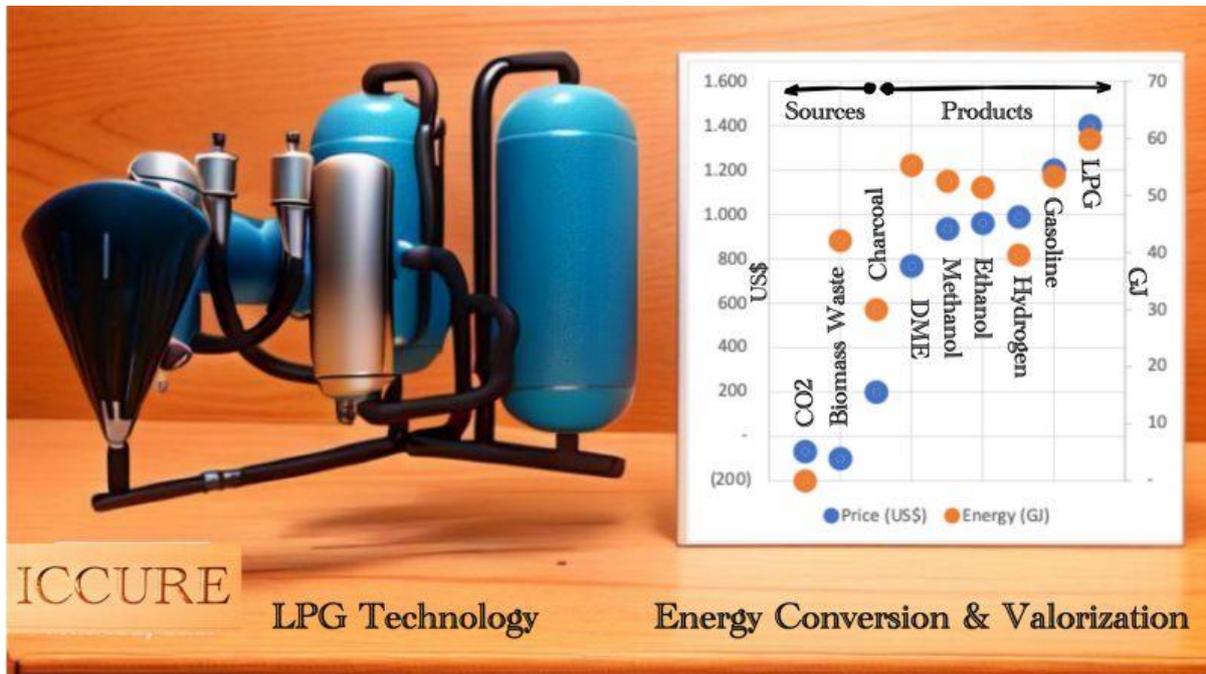
Dari sampah atau arang yang sama, bisa kita tingkatkan kembali energinya - yaitu ketika carbon kita panaskan dan pertemukan dengan uap panas, reaksi water gas, hasilnya CO dan H₂ atau yang disebut syngas, dari syngas bisa dibuat DME, 1 ton arang bisa menjadi 1.92 ton DME dengan total kandungan energi 55 GJ, di pasaran harga jualnya sekitar US\$ 737,-

Bila dijadikan methanol, akan menjadi 2,67 ton methanol dengan total energi 53 GJ, nilai jualnya sekitar US\$ 933,-. Atau menjadi 1,92 ton ethanol dengan kandungan energi 51 GJ, total harganya naik sedikit menjadi US\$ 958,-. Bisa juga untuk produksi hydrogen murni, massanya tinggal 0,33 ton, dan energi-nya tinggal 40 GJ, tetapi harganya naik menjadi total US\$ 990,-

Yang menarik adalah bila produk akhir yang kita tuju adalah bahan bakar regenerative hydrocarbon seperti bensin dan LPG - keduanya dibutuhkan sangat masif di seluruh dunia. Dengan jumlah 3 ton sampah yang sama atau 1 ton arang, dapat dihasilkan 1.18 ton gasoline, dengan total energi 53 GJ dengan harga jual sekitar US\$ 1,200,-.

Dan yang paling menarik adalah ketika sampah tersebut diolah menjadi LPG, 3 ton sampah tersebut di atas dapat menghasilkan 1,22 ton LPG dengan total energi 60 GJ, tanpa subsidi harganya sekitar US\$ 1,400,- Karena dia paling menarik inilah maka rancangan reaktornya kami selesaikan lebih dahulu seperti pada gambar di bawah.

Dengan begitu banyaknya pilhan ini, masihkan kita akan terus berjuang keras untuk sekedar memusnahkannya? Tentu untuk menghasilkan produk-produk tersebut butuh investasi, tetapi dapat dipastikan investasinya hanya beberapa persen saja dari biaya yang dibutuhkan untuk terus membuat TPA baru.



100. 3 Steps Regenerative Energy

Bahwa energi itu bisa dilahirkan kembali dari hasil pembakaran atau emisi CO₂, formula dari reaksi-reaksi kimianya sudah ditemukan sejak tiga abad lalu. Hanya formula-formula ini perlu diurutkan secara proper agar energi yang dilahirkan kembali tersebut atau yang kita kenalkan sebagai Regenerative Energy (RE) ini bisa optimal hasilnya dan dengan kebutuhan energi untuk proses yang minimal.

Maka 3 langkah berikut adalah open sources process yang bisa dilakukan kelompok masyarakat, korporasi, institusi atau negara manapun untuk memproduksi energi bersihnya sendiri, sehingga target SDG no 7 - Affordable Clean Energy, dapat benar-benar tercapai sebelum 2030,

Pertama seluruh sumber emisi gas buang dari cerobong-cerobong asap apapun ditangkap dahulu, mayoritas kandungan gas buang ini adalah CO₂. Selain membersihkan langit dari cemaran CO₂, CO₂ inilah yang akan menjadi bahan baku kita untuk memproduksi RE itu. Dari reaksi-reaksi di bawah, kita akan tahu sumber C yang akan kita gunakan untuk produksi RE ini 1 bagian dari CO₂ dan 1 bagian dari carbon atau arang.

Untuk bisa memperoleh 1 bagian C dari CO₂ tersebut, kita gunakan adsorbent dari carbon juga, yaitu arang yang sudah diaktivasi dan difungsionalisasi atau yang kita sebut AFC (Activated and Functionalized Carbon). Jumlah AFC yang dibutuhkan kurang lebih sebesar 1/3.7 dari jumlah CO₂ yang hendak kita tangkap. Hasil tangkapan ini akan berupa CO₂ sebagai adsorbate yang melekat pada adsorbentnya, yang keduanya menjadi bahan baku langkah ke 2.

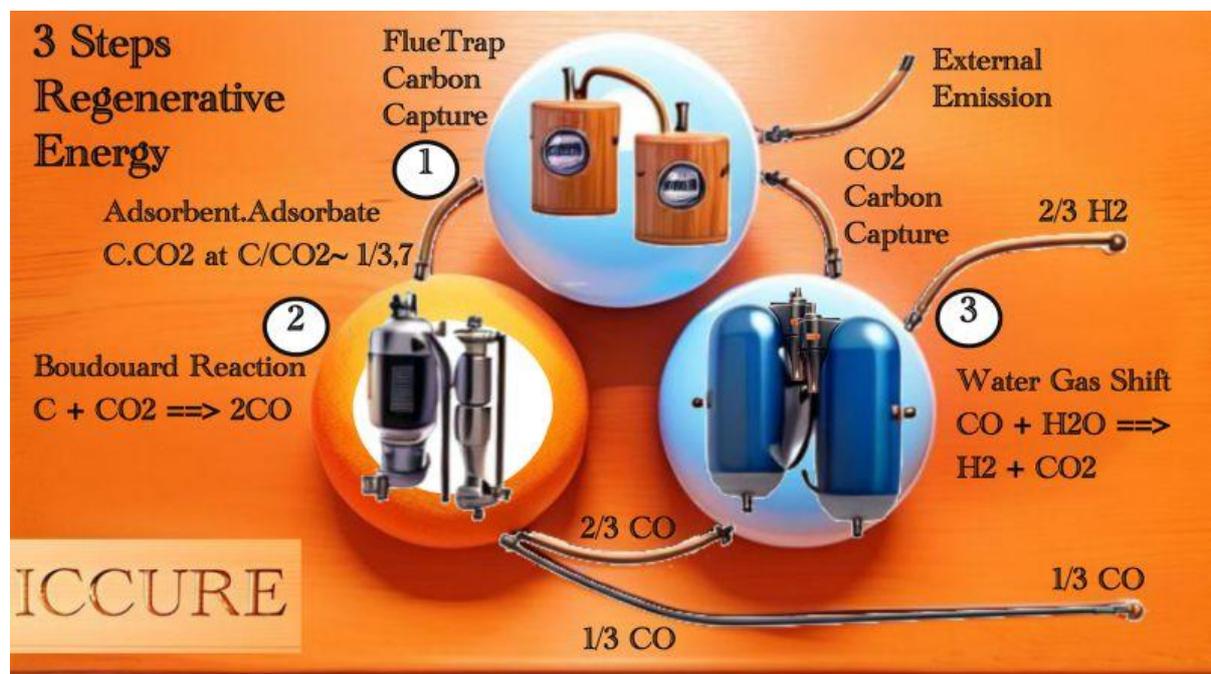
Langkah ke 2 adalah mereaksikan adsorbent dan adsorbatenya dalam reaksi Boudouard, dari reaksi inilah kita akan mendapatkan total 2 bagian CO. Dari 2 bagian CO ini, 1/3 bagian

tetap kita pertahankan sebagai CO, dan 2/3 bagian diproses di reaksi ke 3.

Reaksi ketiga adalah yang disebut Water Gas Shift (WGS) reaction, karena setiap 1 molekul CO dalam reaksi ini akan menghasilkan 1 molekul H₂, maka hasil reaksi 2/3 bagian CO di tahap 2 akan menghasilkan 2/3 bagian H₂ di tahap 3. Bila hasil ini digabung dengan 1/3 bagian CO yang dipertahankan di tahap 2, akan kita peroleh syngas berkualitas tinggi dengan rasio molekul H₂/CO=2:1.

Syngas yang sudah diupgrade komposisi H₂/CO-nya inilah yang selanjutnya bisa diproses mengikuti proses standar yang ada di industri untuk menjadi bahan bakar hydrocarbon, oxygenates maupun carbon-free fuels. Untuk yang terakhir ini, seluruh CO hasil proses 2 dihabiskan di proses 3 untuk menghasilkan H₂ seluruhnya. H₂ ini yang disebut carbon-free energy, atau bisa juga untuk produksi ammonia - yang juga carbon-free.

Tentu butuh reaktor-reaktor yang proper untuk tiga reaksi ini, yaitu reaktor FlueTrap untuk menangkap CO₂, reaktor OCCYRE untuk proses Boudouard reaction, dan reaktor XH₂ atau XH₂M untuk WGS reaction, semuanya kini bisa dipesan di Advanced Renewable Organization (ARO).



101. Aglomerasi Sampah, Emisi dan Regenerative Energy

Hari-hari ini ramai dibicarakan soal aglomerasi Jakarta dengan kota-kota penyangga sekitarnya. Namun yang saya soroti bukan isu politiknya, melainkan terkait 3 masalah besar dan peluang solusinya. Tiga masalah besar itu adalah terkait sampah, emisi dan ketahanan energi.

Untuk sampah, di Jakarta sendiri saat ini mengeluarkan 7.500 - 8.000 ton sampah setiap

hari, bila tidak ada disruption dalam penanganan sampah - problem ketersediaan TPA akan terus menghantui Jakarta. Bila digabung dengan kota-kota sekitarnya volume sampah ini menurut estimasi kami akan melonjak menjadi 12.000 ton sampah per hari.

Untuk emisi, ada sekitar 1.1 GW pembangkit listrik tenaga fosil di wilayah ini. Total emisinya sekitar 26.400 ton CO₂ per hari, murni yang dari pembangkit listrik. Emisi dari sektor transportasi lebih besar lagi, sekitar 2 kali dari emisi pembangkit listrik untuk wilayah ini.

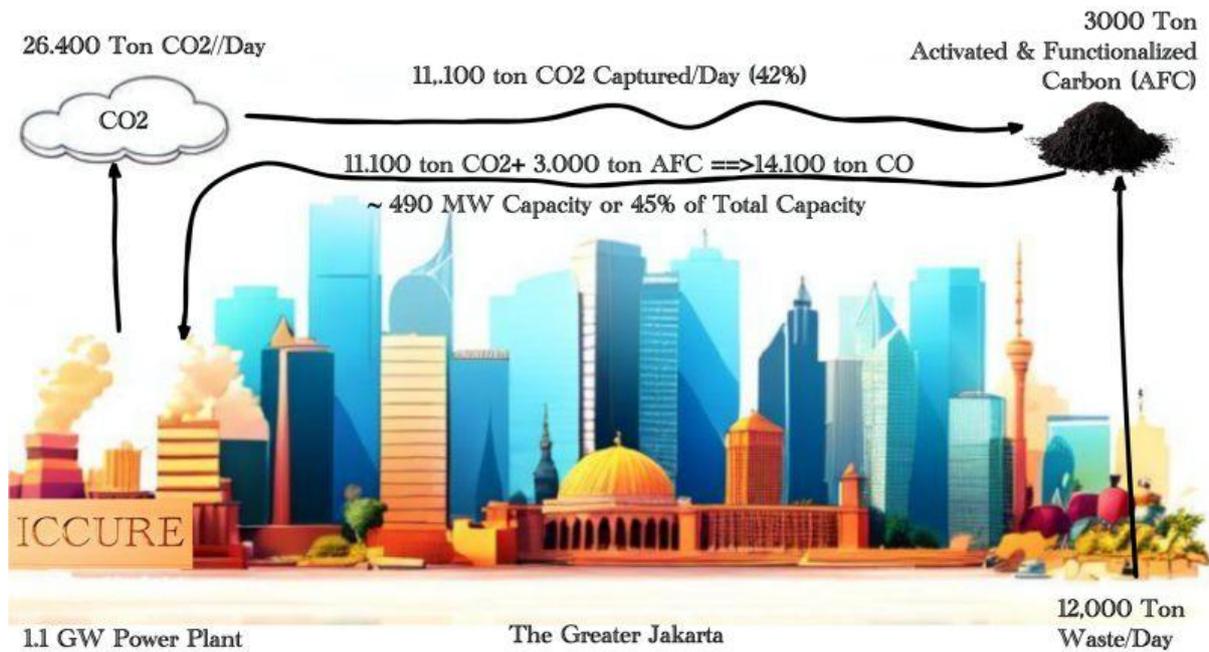
Untuk masalah energi, kebutuhan energi listrik akan melonjak selain untuk mengimbangi pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, juga karena elektrifikasi transportasi, kendaraan listrik, kereta listrik dlsb.

Tiga masalah ini selama ini selalu dipikirkan sebagai tiga masalah yang berbeda, juga oleh team yang berbeda - hasilnya tiga masalah tetap tiga masalah, dibuat aglomerasi ataupun tidak - tiga masalah ini akan sulit teratasi bila ditangani secara terpisah satu sama lain. Lantas apa solusinya?

Yang kami tawarkan adalah satu solusi untuk ketiganya sekaligus, yaitu solusi Regenerative Energy (RE) mindset! Bagaimana kongkritnya? Pertama seluruh sampah dirangkan, dari 12.000 ton sampah per hari, yang bisa dipulung oleh para pemulung hanya sekitar 1/4-nya, selebihnya itulah yang menumpuk di TPA. Yang biasanya berujung di TPA inilah yang semua dikonversi menjadi arang aktif dan terfungsionalisasi (AFC - Activated and Functionalized Carbon). Hasilnya akan menjadi 3.000 ton AFC per hari, lantas untuk apa?

AFC untuk menyerap CO₂ tersebut di atas, 3.000 ton AFC akan dapat menangkap 11.100 ton CO₂ atau 42% dari total emisi pembangkit listrik 1.1 GW. AFC ini plus CO₂ bila direaksikan dalam Boudouard reaction akan menjadi 14.100 ton gas CO, yang kalau digunakan sebagai bahan bakar pembangkit akan cukup untuk setara 490 MW capacity, atau 45% dari kebutuhan bahan bakar 1.1 GW pembangkit.

Dari rangkian ini kita bisa lihat, masalah emisi teratasi 42%, masalah kebutuhan energi listrik teratasi 45%, dan sampah teratasi 100%. Nice proble to have, seluruh sampah di aglomerasi Jakarta habis dan bahkan tidak cukup untuk menangkap CO₂ yang dikeluarkan oleh pembangkit yang ada, ada peluang daerah-daerah lain yang punya problem sampah yang sama - nimbrung ke solusi ini, ubah sampah Anda menjadi AFC, karena dari sinilah solusi ini berawal!



102. Penampakan Regenerative Energy Reactor

Diantara reaktor-reaktor yang pernah kami rancang dan buat sebelumnya, yang satu ini yang paling kompak dan njlimet. Sepintas penampakan luarnya mirip reaktor sebelumnya seperti XH2 dan XH2M, namun di dalamnya sangat berbeda. Reactor yang kami sebut Regenerative Energy (RE) reactor ini dirancang untuk bisa mengaktualisasikan seluruh konsep RE secara maksimal, hanya dengan menggunakan satu instalasi reaktor saja.

Di dalam RE reactor ini sudah ada Boudouard reactor atau yang kami sebut OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy), intinya untuk mereaksikan CO dengan C menjadi gas CO, inilah langkah pertama untuk merubah emisi CO₂ menjadi energi kembali, inilah ini dari Regenerative Energy itu.

Dari gas CO ini bisa digunakan untuk memproduksi hydrogen melalui Water Gas Shift (WGS) reaction, maka WGS reactor juga menjadi bagian dari RE reactor ini. WGS reactor butuh supply uap panas, maka di dalam reactor ini sudah ada built-in water evaporator atau boiler dengan memanfaatkan limbah panas tinggi dari OCCYRE.

WGS juga butuh catalyst atau minimal heat carrier bed material yang dari waktu ke waktu perlu di reaktivasi atau regenerasi, maka di dalam reactor ini juga sudah tersedia fungsi catalyst/bed material regenerator. Posisi OCCYRE, evaporator dan regenerator yang ketiganya beroperasi pada suhu tinggi - disatukan dalam 1 tabung induk, agar ketiganya saling bisa memanfaatkan waste heat dari yang lain.

Dengan konfigurasi seperti ini RE reactor ini dapat diberi input CO₂, arang dan biomassa basah maupun kering, bisa juga memproses sampah organik maupun an-organik. Out-putnya berupa syngas dengan berbagai tingkatan kandungan energi yang dikehendaki, ini

bisa dikendalikan dengan mengatur rasio molekul H₂/CO. Bahkan reaktor ini juga bisa diarahkan untuk memproduksi hydrogen murni dari bahan-bahan inputan tersebut di atas.

Sementara masih dibuat satu per satu atas dasar pesanan, namun kami juga mencari mitra domestik maupun global untuk memproduksinya secara massal, agar target SDG no 7 - Affordable Clean Energy bisa segera dicapai sebelum 2030!



103. Interface for Low Cost To High Value Clean Energy

Sumber-sumber energi murah itu sebenarnya melimpah di sekitar kita, dari limbah basah dan cair sudah lama orang dengan mudah bisa memproduksi biogas. Pun demikian dengan limbah kering dan sampah padat perkotaan, synthetic gas itu mudah diproduksi dengan satu reaktor gasifikasi sederhana. Bahkan CO₂-pun direaksikan dengan arang sudah menjadi energi baru berupa gas CO.

Meskipun demikian biogas, gas CO maupun syngas punya masalah yang sama yaitu nilai kalorinya masih rendah. Biogas hanya sekitar 21 MJ/kg, gas CO hanya separuhnya sekitar 10 MJ/kg, dan syngas sangat bervariasi tergantung rasio H₂/CO-nya. Lantas bagaimana meningkatkan nilai jual gas murah dan melimpah tetapi rendah kalori ini?

Cara pertama bisa melalui serangkaian reaktor-reaktor yang saya perkenalkan sebelumnya untuk memproses gas-gas ini menjadi bahan bakar oxygenates seperti ethanol, methanol dan DME, atau merubahnya menjadi bahan bakar hydrocarbon seperti diesel, bensin, jet-fuel atau LPG.

Cara kedua adalah merubah low value gas tersebut di atas menjadi high value product yaitu

hydrogen murni - baik untuk keperluan energi maupun untuk bahan baku industri lainnya. Biogas, gas CO maupun syngas semua bisa dirubah menjadi hydrogen murni melalui satu reaktor saja, yaitu yang disebut Membrane Reactor (MR). MR yang kami rancang penampakan nya seperti pada gambar di bawah.

Ada dua fungsi yang dijalankan di dalam MR ini yaitu fungsi produksi hydrogen dan fungsi pemurniannya. Untuk fungsi produksi bila bahannya adalah biogas - dimana unsur utamanya CH₄ dan CO₂, fungsi produksinya terdiri dari dry reforming dan wet reforming. Hasilnya merupakan syngas, yaitu CO dan H₂, CO-nya melalui Water Gas Shift (WGS) diproses lagi menjadi hydrogen.

Bila bahan bakunya sudah berupa gas CO atau syngas, maka fungsi produksinya tinggal merubah CO menjadi H₂ melalui WGS. Fungsi produksi didalam MR ini akan menghasilkan H₂ yang masih bercampur CO₂, maka dari sinilah membranenya berperan, yaitu untuk memisahkan gas H₂ dari gas CO₂ - yang keduanya sama-sama gas.

Aplikasi MR ini bisa sangat luas, baik di bidang energi maupun industri apapun yang membutuhkan feedstocks berupa hydrogen. Karena bahan gas kualitas rendah seperti biogass, gas CO dan syngas itu ada dimana-mana, maka dimana saja kita bisa memproduksi gas-gas tersebut, dengan tambahan MR ini kita juga bisa memproduksi hydrogen murni. Tinggal menambahkan H₂ Fuel Cells sudah akan menjadi energy listrik dengan efisiensi sangat tinggi.

Pelaku industri akan dapat merubah emisi CO₂nya menjadi hydrogen hanya dengan 2 reaktor saja yaitu OCCYRE yang sudah saya kenalkan sebelumnya dan MR ini. Mobil-mobil canggih bermesin FCEV (Fuel Cells Electric Vehicle), bahkan juga kendaraan terbang jenis Wing In Ground Effect (WIGE) seperti [Tagar#SeaCheetah](#) akan bisa beroperasi dimana saja karena bahan bakar yang butuhnya akan selalu bisa disediakan di belahan bumi manapun.



104. Lowest Cost Highest Efficiency Green Hydrogen

Green hydrogen economy bisa jadi sudah bisa hadir di depan pintu rumah kita setelah dua kendala yang dihadapi selama ini teratasi, yaitu kendala produksi dan logistik. Kendala produksi selama ini karena mayoritas hydrogen masih diproduksi dari reforming gas alam (methane), yang membuatnya tergantung pada fosil.

Produksi hydrogen dengan elektrolisa air kendalanya kebutuhan energi yang masih lebih besar dari kandungan energi hydrogen itu sendiri. Di sisi logistik penyimpanan dan pengangkutan hydrogen adalah tantangan tersendiri, dia butuh tekanan sangat tinggi 700 Bar atau suhu sangat rendah minus 253 derajat Celsius.

Upaya dunia untuk mengatasi dua masalah tersebut hingga kini belum sepenuhnya berhasil untuk menghadirkan solusi yang massal yang bisa men-drive green hydrogen economy. Rata-rata baru sebatas mengatasi masalah logistik, namun belum masalah produksinya sendiri.

Dalam hal logistik-pun belum sepenuhnya menjadi solusi. Memanfaatkan magnesium sebagai hydrogen carrier misalnya - selain mahal harga magnesium-nya (US\$ 6-8/kg), juga hanya mampu mendeliver sekitar 7.7% dari berat carrier itu sendiri. Ammonia lebih baik dari sisi harga (US\$ 0,28/kg), tetapi kemampuan delivery H₂-nya juga masih rendah sekitar 17.6% dari berat ammonia, dan masih butuh tekanan 17 Bar untuk logistiknya.

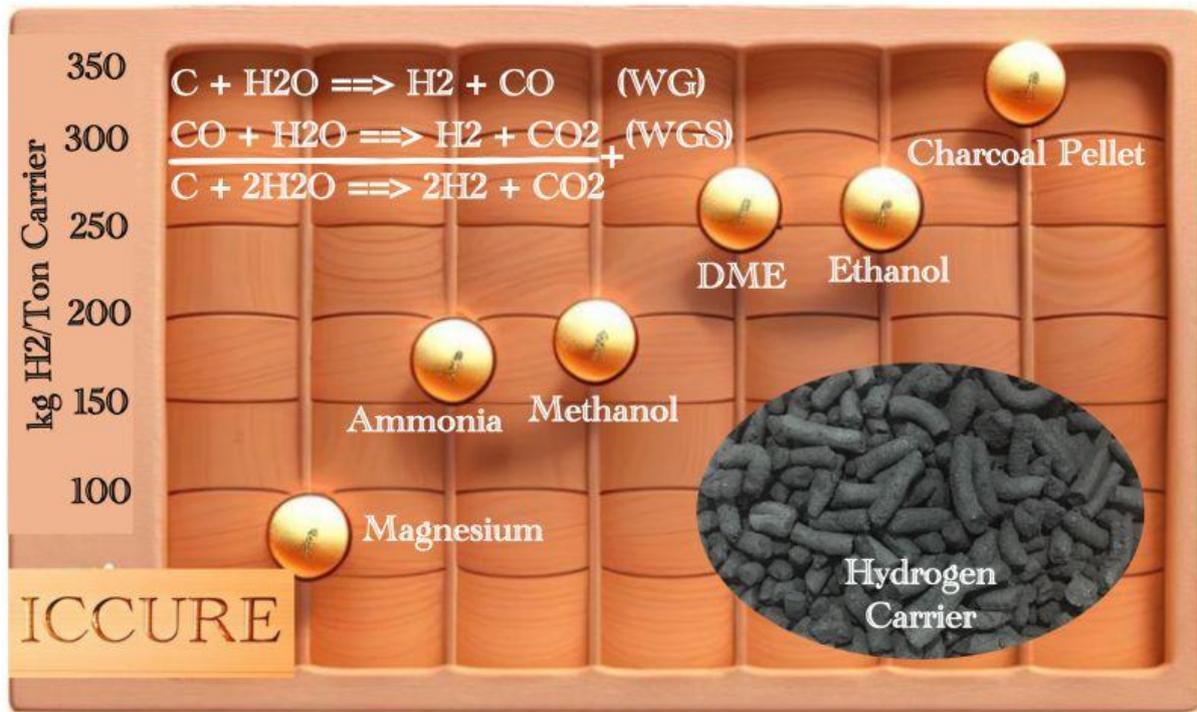
Solusi yang lebih menarik adalah dengan menggunakan oxygenates seperti methanol, DME dan Ethanol untuk H₂ carriernya. Methanol dengan harga US\$ 0,33/kg dapat mendeliver H₂ hingga 18.75% dari berat methanol, yaitu 12.5% dari H₂ yang ada di molekul methanol sendiri dan tambahan 6.25%-nya dari steam yang dipakail untuk reforming.

Dengan pola yang sama, DME dan Ethanol mampu mendelivery hydrogen hingga 26% dari berat masing-masing, separuh dari yang dibawa di molekulnya dan separuh lagi dari steam yang digunakan untuk reforming. Harga DME dan ethanol juga relatif murah yaitu di kisaran US\$ 0,4/kg untuk DME dan US\$ 0,8/kg untuk ethanol.

Di atas itu semua, ternyata yang paling menarik dan menjadi juaranya - paling tidak dari hasil riset kami, adalah material yang sangat mudah diproduksi, disimpan maupun ditransportasikan, itulah arang. Harga arang hanya US\$ 0,2/kg dan mampu mendeliver 33,33% H₂ dari berat arang. Formula di bawah menjelaskan hal ini, setiap 1 atom C, mampu mendeliver 2 molekul H₂ atau 4 atom H.

Untuk merubah arang menjadi H₂ juga mudah, hanya melibatkan dua reaksi utama yaitu Water Gas (WG) untuk merubah C menjadi CO dan 1 molekul H₂, kemudian dilanjutkan dengan reaksi Water Gas Shift (WGS) untuk merubah molekul CO menjadi 1 lagi molekul H₂ dan limbah CO₂. Keseluruhan reaksi ini bisa dilakukan dalam satu reaktor yaitu Regenerative Energy Reactor, atau melalui 2 reaktor OCCYRE dan Membrane reactor, semua reaktor-reaktor ini sudah saya unggah sebelumnya.

Karena arang bisa diproduksi dari biomassa, sampah dan limbah apapun, berarti green hydrogen ini juga bisa dihadirkan dimanapun Anda butuhkan!



105. Who Will Clean Our Sky?

Bagi yang pernah pergi haji ke Baitullah atau umrah di bulan Ramadhan, pasti bisa menyaksikan betapa berjuta orang berkumpul di satu tempat yang tidak seberapa luasnya, namun di tempat itu selalu nyaman antara lain terjaga kebersihannya secara maksimal. Ada pasukan dengan kendaraan khusus yang disebut Haram Raptor yang selalu siap membersihkan dua tempat suci bagi umat Islam itu, yaitu Masjidil Haram di Mekah an Masjid Nabawi di Madinah.

Sebenarnya kita yang tinggal bersama di planet ini juga begitu, lebih dari 8 milyar penduduk bumi tinggal bersama di planet ini - kalau saja ada yang selalu membersihkan atmosfer bumi kita dari cemaran CO₂ yang sudah berlebihan, pastilah planet ini akan tetap nyaman ditinggali hingga anak cucu kita.

Memang sudah ada system pembersihan atmosfer bumi dari cemaran CO₂ ini secara alami, yaitu peohonan dan tanaman. Namun karena jumlah peohonan terus berkurang, apalagi di kota-kota besar - cemaran CO₂ jauh lebih besar dari yang bisa diserap pohon, maka perlu pasukan lain yang siap bebersihkan langit kota-kota kita. Agar kota-kota kita juga tetap nyaman ditinggali berjuta penduduknya.

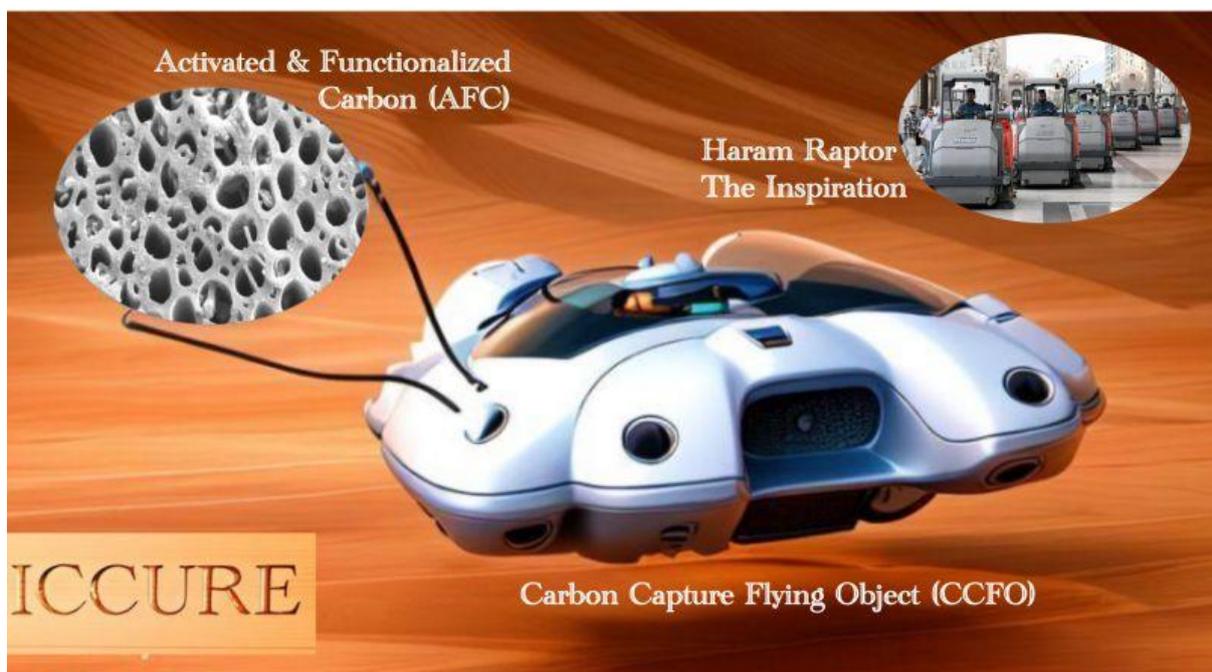
Terinspirasi oleh Haram Raptor tersebut, team Advanced Renewable Organization (ARO) dibantu AI, merancang apa yang kami sebut Carbon Capture Flying Object disingkat CCFO seperti gambar di bawah. CCFO ini berfungsi ganda, selain menjadi transportasi kota yang bebas macet, dia juga sekaligus membersihkan langit kota dari emisi CO₂ dan GHG lainnya.

Untuk fungsi keduanya, CCFO mengandalkan apa yang kami perkenalkan sebagai Activated and Functionalized Carbon (AFC). Riset terbaru untuk AFC ini telah menghasilkan kemampuan menyerap CO₂ hingga 40 kali dari berat AFC atau sekitar 920 mmol/g. Artinya CCFO kecil yang hanya diisi 10 kg AFC akan bisa me'download' CO₂ hingga 400 kg sekali terbang.

Lantas untuk apa CO₂ yang didownload ke bumi dari langit ini?, di bumi dia bisa direaksikan dengan carbon biasa dari sampah atau limbah untuk menjadi gas CO melalui Boudouard reaction, lalu dilanjutkan dengan Water Gas Shift (WGS) untuk menghasilkan hydrogen. Hydrogennya untuk segala kebutuhan energi bersih kita, termasuk untuk memberi energi pada CCFO itu sendiri.

Bayangkan Masjidil Haram dan Masjid Nabawi yang secara rutin dikunjungi jutaan orang setiap waktunya, akan sangat repot menjaga kebersihannya bila tidak dibantu mesin-mesin seperti Haram Raptor tersebut. Pun demikian dengan langit di kota kita, bila berjuta orang hanya mengotorinya dengan CO₂ dan GHG lainnya setiap hari tanpa ada bantuan mesin untuk bebersih, berapa lama kota-kota kita bisa bertahan untuk tetap nyaman dihuni dengan tingkat konsumsi energi yang terus meningkat ini?

Yang tertarik membantu mewujudkan CCFO ini bisa menghubungi kami di AdvancedRenewable.Org (ARO)



106. ASP+ Untuk Aktivasi dan Fungsionalisasi Carbon

Sebelumnya sudah beberapa kali saya unggah mesin yang kami sebut ASP (Autothermal Slow Pyrolysis), yaitu mesin untuk merubah sampah dan limbah yang semula berupa beban, menjadi aset berupa arang. Lantas untuk apa arang ini?

Yang paling mudah adalah digunakan sebagai energi, untuk menghasilkan syngas dan bahkan juga untuk men-deliver green hydrogen. Tetapi arang ini sendiri juga memiliki kegunaan yang sangat beragam, mulai dari menangkap CO₂, menyaring air, membersihkan gas, membersihkan tumpahan minyak, hingga bisa menjadi obat sakit perut. Bendanya sama tetapi memiliki berbagai kegunaan, lantas apa yang membedakannya?

Kemampuan arang untuk memiliki multi fungsi ini utamanya tergantung pada dua hal, yaitu luas permukaannya dan fungsionalisasinya. Luas permukaan carbon bisa ditingkatkan melalui perlakuan panas, melalui perlakuan kimia atau keduanya. Sedangkan fungsionalisasinya bisa melalui reaksi kimia juga atau bisa juga melibatkan material lain yang memiliki kegunaan khusus.

Dengan aktivasi dan fungsionalisasi inilah dari bahan carbon yang sama bisa ditingkatkan kemampuannya secara berlipat-lipat dan mampu untuk menangkap atau memisahkan benda-benda yang saling bertolak belakang sifatnya. Untuk bisa dipakai membersihkan tumpahan minyak misalnya, maka selain diaktifasi, carbon juga difungsionalisasi sedemikian rupa sehingga dia bersifat hydrophobic dan superoleophilic. Sebaliknya untuk membersihkan air dari cemaran yang larut di dalamnya, butuh activated carbon yang superhydrophilic.

Bila activated carbon ditreatment dengan asam, dia akan bisa menangkap zat yang bersifat basa, dan sebaliknya bila ditreatment dengan basa dia akan bisa menyerap zat asam. Intinya dengan perlakuan aktivasi dan fungsionalisasi ini carbon dapat diarahkan untuk menyerap seberapa banyak, dan zat apa yang ingin diserapnya.

Untuk menangkap CO₂ misalnya, karena CO₂ bila bereaksi dengan air akan membentuk asam carbonat (H₂CO₃), maka carbon yang akan digunakan untuk menangkapnya harus difungsionalisasi dengan basa. Seberapa banyak CO₂ hendak ditangkap oleh setiap satuan berat carbon? yang ini adalah tugas proses aktivasi.

Ketika CO₂ hendak kita tangkap dengan carbon dan keduanya akan langsung digunakan untuk memproduksi gas CO (syngas) tanpa tambahan apapun misalnya, maka proses aktivasinya yang diarahkan agar carbon hanya menangkap CO₂ seberat 3.7 kali berat carbonnya. Sebaliknya bila carbon hendak difungsikan untuk menangkap CO₂ sebanyak-banyaknya, maka riset kami menemukan kapasitas tertinggi CO₂ yang bisa ditangkap oleh carbon sejauh ini adalah sekitar 40 kali berat carbon.

Gambar di bawah adalah mesin ASP yang kami lengkapi dengan fungsi aktivasi dan fungsionalisasinya sekaligus, maka kita sebut mesin ini sebagai ASP+, Dengan mesin inilah sampah atau limbah yang semula liability, bisa ditingkatkan nilainya menjadi setinggi mungkin sesuai dengan target penggunaan carbon setelah diaktivasi dan difungsionalisasi.



107. The Sulaiman Ride

Seandainya kendaraan Nabi Sulaiman Alaihi Salam itu dibuat dengan teknologi saat ini, seperti apa kira-kira bentuknya? Yang jelas bukan seperti karpet terbang! gambar-gambar di bawah adalah rancangan berbasis AI untuk kendaraan yang inspirasinya dari kendaraan Nabi Sulaiman AS tersebut.

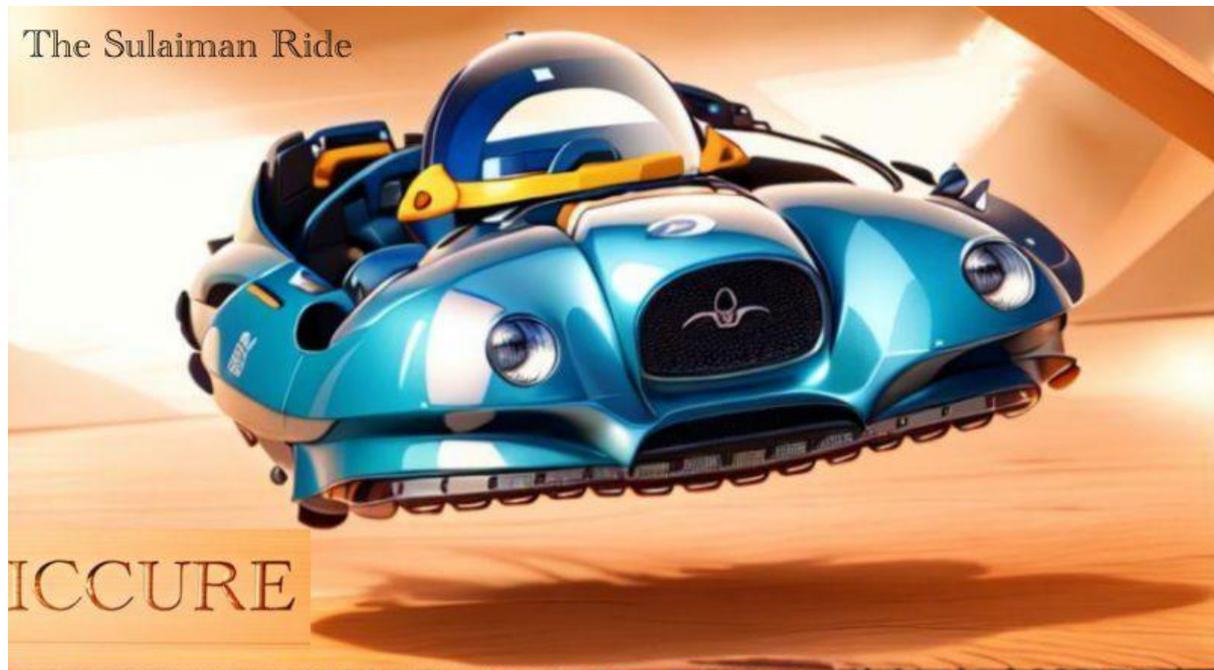
Sumber informasinya adalah Surat Saba ayat 12 : "Dan Kami (tundukkan) angin bagi Sulaiman, yang perjalanannya pada waktu pagi sama dengan perjalanan sebulan dan perjalanannya pada waktu sore sama dengan perjalanan sebulan (pula)1. ..".

Karena pembandingnya adalah perjalanan sebulan zaman itu, untuk sekitar 6 jam jarak tempuh kendaraan Nabi Sulaiman AS, estimasi kami kendaraan itu kecepatannya sekitar 350 km/jam. Kemudian faktor penting lainnya untuk design adalah sumber energinya, disebutkan menggunakan angin yang ditundukkan, yaitu angin yang dimanage.

Dalam rancangan ini angin dimanage melalui apa yang kami sebut Venture Cells, yaitu tabung-tabung venturi kecil yang disusun di bawah kendaraan. Masing-masing Venturi Cell ini menimbulkan low pressure impact yang secara bersama-sama akan menjadi besar. Ini yang menghasilkan daya besar ketika kendaraan melaju dengan kencangnya.

Lantas bagaimana dengan ketika mobil dalam kondisi terbang statis atau melayang , juga pada proses take-off dan landing ketika kekuatan anginnya belum tinggi? Maka design ini kami kaitkan juga dengan inspirasi sebelumnya yang kami sebut CCFO - Carbon Capture Flying Object, yang inspirasinya dari Haram Raptor.

Jadi sumber energi ketika kendaraan terbang perlahan, take-off dan landing menggunakan Hydrogen Fuel Cells, yang hydrogennya diperoleh dari hasil tangkapan CO₂. Melalui rangkaian Boudouard reaction, Water Gas Shift dan pemurnian di Membrane Reactor, CO₂ tersebut dirubah menjadi hydrogen dan digunakan sebagai bahan bakar cadangan untuk kendaraan ini.



108. Most Energy Efficient Green Hydrogen Production

Hydrogen selain sebagai energi yang bersih, bahannya juga melimpah di seluruh dunia, yaitu air. Tantangannya adalah bagaimana memisahkan hydrogen ini dari air dengan biaya energi yang paling murah dan prosesnya benar-benar hijau. Maka riset kami membandingkan lima proses di bawah dan menganalisisnya dari sisi kebutuhan energi.

Yang paling umum dan tentu siap secara teknologi adalah standar elektrolisa air untuk menghasilkan hydrogen dan oksigen, kebutuhan energinya sekitar 53 kWh untuk 1 kg hydrogen. Yang kedua menggunakan Solid Oxide Electrolyser Cells (SOEC), lebih efisien energi tetapi masih butuh sekitar 39 kWh.

Untuk kedua cara tersebut energi yang dibutuhkan untuk proses masih lebih tinggi dari kandungan energi hydrogen itu sendiri, yaitu 33 kWh/kg (LHV, Lower Heating Value). Jadi dua cara ini hanya feasible dilakukan bila ada energi listrik yang berlebih di waktu-waktu low load, sehingga daripada energi listrik terbuang percuma bisa disimpan dalam bentuk hydrogen melalui dua cara ini.

Teknik yang relatif baru adalah pemisahan H₂ dari air dengan menggunakan sinar matahari dengan bantuan Carbon Quantum Dots (CQDs) sebagai catalyst. Dari sisi energy belum

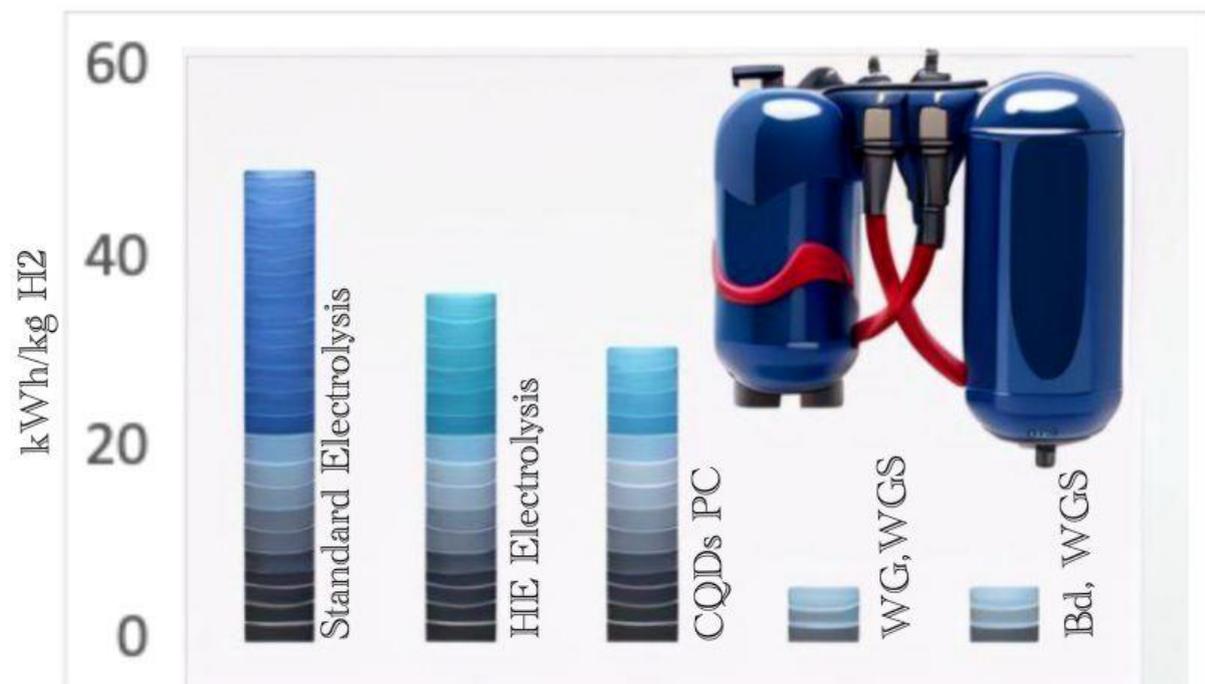
efisien karena proses ini butuh energi yang kurang lebih sama dengan energi yang tersimpan di H₂, yaitu 33 kWh/kg H₂. Namun karena sinar matahari adalah gratis, teknik ini bisa dipakai untuk memproduksi green hydrogen yang feasible juga.

Dua cara yang terakhir ini yang paling menarik, yaitu menggunakan bahan carbon atau arang untuk memproduksi hydrogen in-situ dan in-time, selain energinya sangat efisien hanya butuh 6.26 kWh per kg H₂, juga bisa sekaligus mengatasi masalah transportasi hydrogen yang sangat mahal.

Demikian pula menggunakan CO₂ dan carbon sebagai media untuk memproduksi hydrogen, kebutuhan energinya sama dengan menggunakan carbon saja yaitu 6.26 kWh per kg H₂. Kelebihan cara terakhir ini sekaligus memanfaatkan carbon capture. Dan karena H₂ diproduksi dengan memanfaatkan media emisi CO₂, Hydrogen yang kita hasilkan kita sebut Regenerative Hydrogen.

Dua cara terakhir ini juga sama hijaunya dengan tiga cara sebelumnya, karena ketika kita menggunakan biomassa atau arang sebagai media untuk produksi hydrogen, CO₂ yang keluar dari proses - adalah carbon neutral, karena ter-offset oleh CO₂ yang diserap tanaman untuk proses fotosintesa dimasa pertumbuhannya. Lebih-lebih CO₂ yang sudah carbon neutral inipun tidak kita lepas ke udara kembali, tetapi digunakan secara circular untuk memproduksi hydrogen berikutnya.

Dua penemuan ini insyaAllah akan hadir di forum energi yang bergensi di dunia, yaitu 10th International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024), di Lund, Swedia pertengahan Mei mendatang. Pada event ini team Advanced Renewable Organization (ARO) akan membawakan dua invention kami yaitu tentang Regenerative Energy secara umum dan Low Cost Green Hydrogen secara khusus.



109. High Value Gas From Waste and Emission

Banyak jalan untuk mengkonversi sampah, limbah dan emisi menjadi energi bersih yang sustainable dan murah. Bila limbah itu cair atau mengandung kadar air yang tinggi, konversi menjadi biogas melalui bio-digester sudah lama dilakukan orang. Dari sampah padat dan kering melalui gasifikasi menjadi syngas juga matang teknologinya sejak abad lalu.

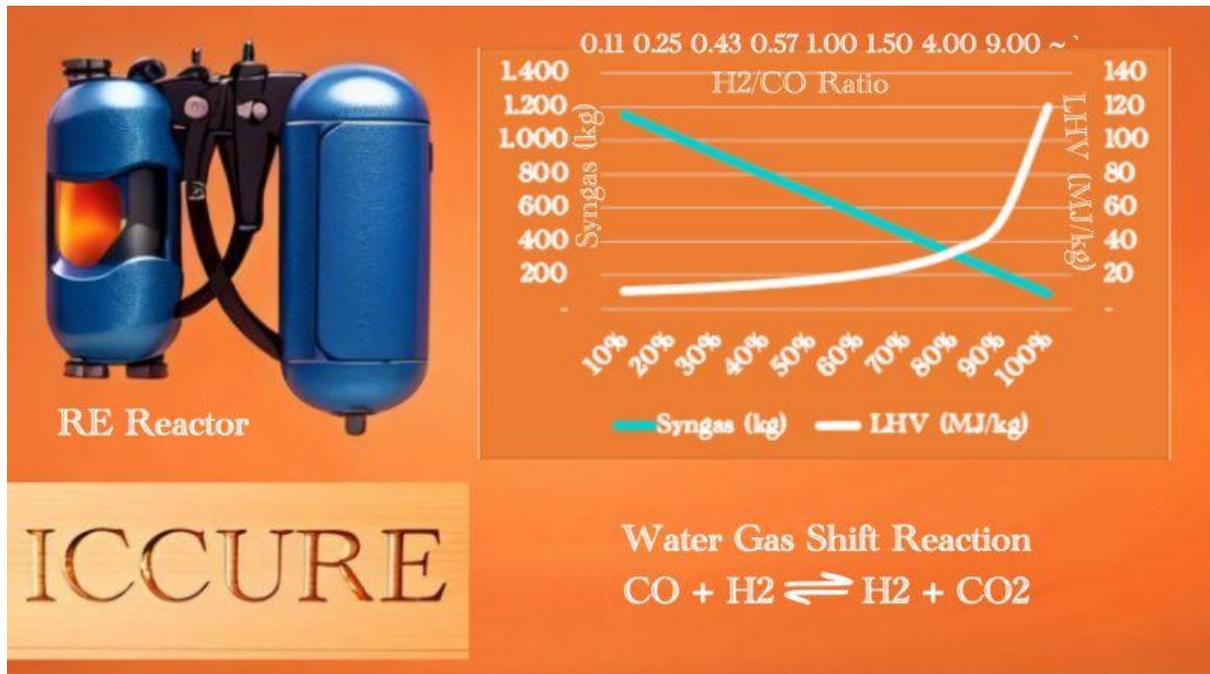
Yang relatif baru meskipun teorinya juga sudah seusia dua abad adalah mengkonversi emisi CO₂ menjadi gas CO yang merupakan unsur utama dari syngas selain H₂. Namun gas CO ini juga memiliki kelemahan yang mirip dengan syngas pada umumnya dan juga biogas, yaitu kalorinya relatif rendah. Keseluruhannya 3 jenis gas tersebut rata-rata kalorinya dibawah 20 MJ/kg atau kurang dari separuh kalori yang ada di bahan bakar minyak (45 MJ/kg) apalagi LPG yang berada di sekitar 49 MJ/kg.

Kabar baiknya adalah semua kelemahan yang ada di biogas, syngas secara umum dan gas CO itu kini mudah diatasi. Selain semua bisa dijadikan bahan baku energi kompleks seperti bensin, diesel, LPG, ethanol dlsb, dalam bentuk syngas-pun bisa dibuat berkalori sangat tinggi hanya dengan satu reaktor saja yang kami sebut Regenerative Energy (RE) Reactor.

Lantas apa keuntungan mengkonversi gas-gas dengan kalori rendah menjadi syngas dengan kalori tinggi? Selain tidak usah repot-repot menjadikannya energi yang kompleks, syngas dengan kalori tinggi ini akan bisa menjadi bahan bakar yang efektif bagi berbagai jenis gas engine maupun boiler tanpa harus mengorbankan performance-nya.

Seberapa tinggi kalori yang ada di gas-gas tersebut bisa ditingkatkan? Sedeehananya begini, bila seluruh CO kita reaksikan dalam reaktor ini menjadi H₂, maka syngas seluruhnya menjadi H₂ dengan kalori 120 MJ/kg atau hampir 3 kali kalori yang ada di BBM pada umumnya.

Tetapi tidak usah samai menjadi H₂ keseluruhannya, bila 90% saja syngas dikonversi menjadi H₂ dan 10%-nya masih berupa CO, kombinasi keduanya menjadi syngas yang berkalori 53 MJ/kg atau di atas LPG. Jadi high quality gas itu bisa diperoleh dari sampah, limbah dan emisi CO₂ hanya dengan melibatkan satu atau dua reaktor saja.



110. Penampakan Low Cost Hydrogen Carrier

Ini kabar baik bagi seluruh industri yang sudah membutuhkan hydrogen, baik untuk power generation, bio-fuels, fuel cells, fertilizer dan berbagai industri lainnya yang dalam prosesnya butuh hydrogen. Hydrogen kini bisa Anda peroleh selain lebih hijau, lebih murah, juga menjadi peluang tersendiri bagi daerah Anda.

Hydrogen carrier yang satu ini bisa Anda produksi dari arang biomassa apapun, bisa dari limbah pertanian, perkebunan, kehutanan, limbah organik perkotaan atau biomassa apapun yang tidak berebut dengan pangan, lahan pertanian dan lahan hutan. Kriteria ini kami adopsi sesuai standard Advanced Biofuels Uni Eropa dalam Renewable Energy Directive II (RED II).

Bahan-bahan yang ada di Annex IX dari RED II tersebut pasti carbon-neutral - yaitu emisi yang keluar ketika advanced biofuels dibakar atau dioksidasi teroffset oleh serapan CO₂ untuk fotosintesa ketika tanaman penghasil biomasnya tumbuh. Selain itu juga tidak akan mengorbankan supply pangan dan tidak mengganggu lingkungan.

Arang biomassa ini juga murah, harga pasarannya hanya di kisaran US\$ 200 - US\$ 300 per ton. Proses menjadikannya hydrogen-pun murah karena hanya butuh 2-3 reaksi dalam 1-2 reaktor tergantung tingkat kemurnian yang dikehendaki. Karena H₂ ini bisa diproduksi secara in-situ dan in-time, di tempat dan saat H₂ dibutuhkan, maka logistik selama pengiriman dan penyimpanan bisa tetap dalam bentuk arang - yang mudah dan murah untuk disimpan atau diangkut.

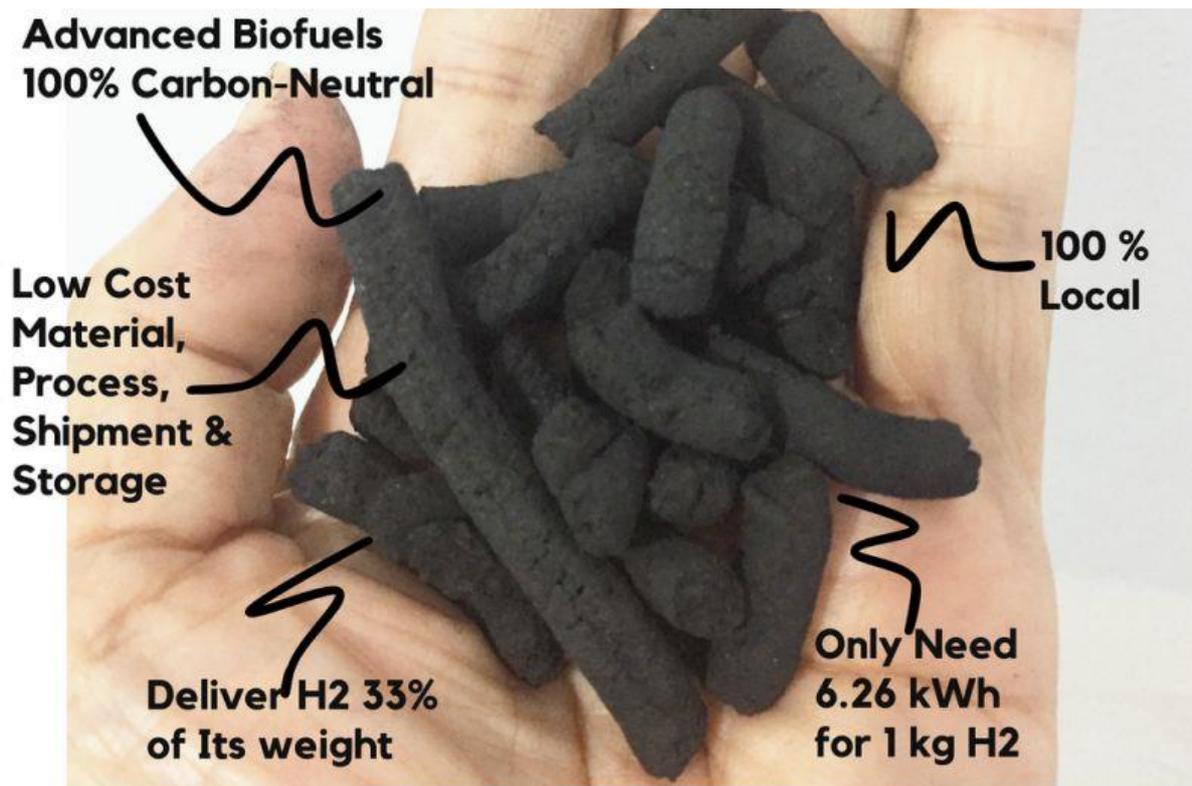
Arang ini bisa men-deliver H₂ di kisaran 33% dari berat arang itu sendiri, ini angka delivery

tertinggi dibandingkan dengan hydrogen carrier lainnya seperti Magnesium, Ammonia, Methanol, Ethanol dan DME. Energi yang dibutuhkan untuk memisahkan H₂ dari air melalui penggunaan arang ini juga yang terendah, yaitu hanya butuh 6.26 kWh untuk per 1 kg H₂ yang diproduksi, bandingkan ini dengan standar elektrolisa yang butuh 54 kWh untuk produksi 1 kg H₂ yang sama.

Dan yang tidak kalah pentingnya adalah feature yang satu ini, yaitu arang selalu bisa diproduksi di mana saja, seluruh daerah atau negara pasti punya bahan-bahan yang disebutkan di Annex IX RED II tersebut di atas, yang bisa digunakan untuk produksi arang sebagai H₂ carrier. Tidak ada negara yang perlu impor bahan baku energi yang satu ini.

Untuk mendukung target dunia untuk mencapai SDGs 2030, khususnya SDG no 7 Affordable Clean Energy, kami mencari mitra produksi di seluruh dunia, baik terkait produksi carrier-nya atau arang ini, maupun reaktor-reaktor yang dibutuhkannya untuk mengkonversi arang ini menjadi green H₂.

Ini juga menjadi kesempatan bagi para produsen mesin-mesin transportasi, power generation dlsb yang membutuhkan bahan bakar hydrogen, kabar baik bagi Anda karena mesin-mesin yang Anda produksi bisa menjadi sangat kompetitif dengan bahan bakar yang bersih, murah dan mudah didapat dimana saja mesin produksi Anda akan digunakan.



111. Micro BTX for Survival Energy Solution (SES)

Bila di dunia digital, komputer notebook kita sudah memiliki kapasitas proses melebihi mainframe tahun 80-an, di dunia proses industri pengecilan ukuran pabrik ini belum lumrah. Akibatnya proses-proses industri yang melibatkan kebutuhan masyarakat luas, masih didominasi oleh oligopoli segelintir pemain tingkat dunia. Pemenuhan bahan bakar di seluruh dunia misalnya, pemainnya masih bisa dihitung dengan jari.

Apakah mungkin kita menyederhanakan proses industri ini sehingga bisa dibuat dalam ukuran kecil? Sangat mungkin. Tujuh tahun lampau ketika kami mulai membuat mesin gasifikasi, yang terkecil beratnya masih 3 ton dan tentu mahal biayanya karena banyaknya material dibutuhkan. Reaktor gasifikasi yang kami buat saat ini ukurannya hanya sekitar 30 kg dengan biaya yang tentu lebih murah, sedangkan kapasitasnya sama dengan yang beratnya 3 ton tersebut.

Sistem gasifikasi yang bisa dikecilkan ini akan menjadi enabler untuk berbagai proses berikutnya yang lebih njlimet. Gambar di bawah misalnya, adalah reaktor Micro BTX, Biomass To X, dimana X-nya bisa berupa gas LPG, bensin, diesel dlsb. Reaktor Micro BTX rancangan AI ini akan memungkinkan pemrosesan sampah tingkat kelurahan - TPS, Tempat Penampungan sampah Sementara, dan hasilnya berupa gas LPG yang murah dan sangat dibutuhkan penduduk di kelurahan tersebut sendiri.

Prosesnya dari depan kurang lebih sebagai berikut, sampah basah atau kering dihancurkan menjadi lembut kemudian dimasukkan ke slurry eductor - yaitu feeder biomass ke system gasifikasi yang bekerja atas prinsip venturi tube, biomass akan disedot masuk ke ruang gasifikasi tanpa perlu pengaduk dan pompa.

Di reactor XH2M (Extra High Hydrogen and Membrane), biomassa digasifikasi dan dikendalikan produk syngasnya dengan parameter $H_2/CO > 2$. Syngas yang memenuhi kualitas inilah yang disalurkan ke reaktor berikutnya yaitu Fischer-Tropsch Synthesis (FTS) reactor.

Untuk tingkat kelurahan produknya diarahkan menjadi 1 atau maksimal 2 produk saja biar sederhana, misalnya menjadi LPG (Liquid Propane Gas) dan bensin. Keduanya bisa beroperasi dengan katalis yang sama, juga suhu dan tekanan, yang sedikit berbeda adalah di residence time.

Jadi kalau reaktor dijalankan dengan turn-over produksi yang cepat hasilnya LPG, kalau prosesnya agak lama sedikit menjadi bensin. Kalau toh bercampur keduanya, mudah dipisahkan karena LPG berupa gas pada STP (Standard Temperature and Pressure), sedangkan bensin berupa liquid.

Micro BTX skala kelurahan ini selain bisa mengakselerasi proses transisi energi, pencapaian SDG no 7 - Affordable Clean Energy, sebelum tahun 2030, make sure pencapaian Net-Zero Emission 2050, juga bisa menjadi Survival Energy Solution (SES) bila peringatan Perang Dunia III yang disampaikan presiden Putin benar-bener terjadi.

Tidak semua negara punya minyak, mayoritasnya harus impor dari negara lain. Selagi adapun sudah harus ditekan untuk penurunan emisi, apalagi bila supply-nya juga terancam!



112. Mandiri Energi Dengan Local LPG

Sudah lebih dari dua dasawarsa negeri 17,500 pulau ini kecanduan LPG hingga daerah dan pelosok pulau terpencilnya. Padahal untuk mengirim tabung isi dan tabung kosong LPG yang lebih berat dari isinya ini butuh biaya yang sangat mahal. Akibatnya LPG untuk masyarakat luas sebagian besarnya disubsidi dengan sangat beratnya.

Karena mayoritas bahan baku LPG yaitu propane dan butane harus diimpor, maka para penikmat subsidi kita itu sesungguhnya adalah para supplier dan trader di luar sana, ada jaminan pembelian LPG untuk lebih dari 280 juta penduduk, tentu ini menjadi business yang sangat menggiurkan.

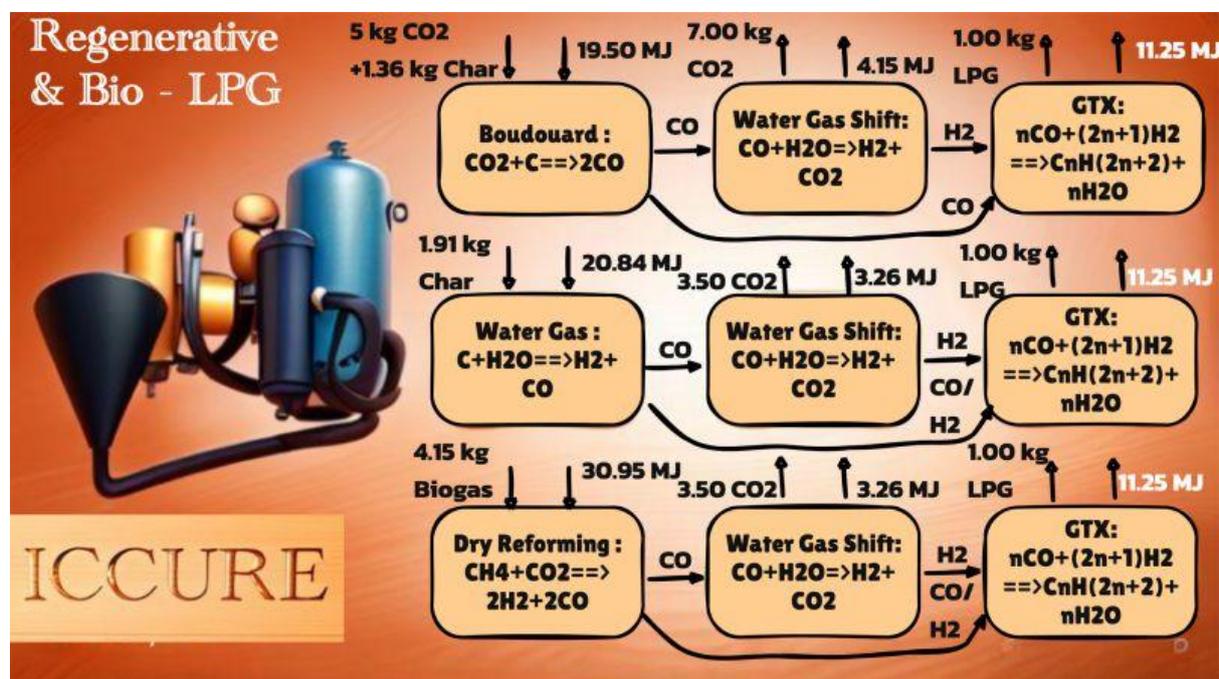
Di sisi lain, setiap sen devisa kita gunakan untuk membeli bahan impor, sejumlah itu pula GDP kita berkurang, alias impor bahan baku LPG ini menjadi faktor pemiskin yang sangat significant bagi mayoritas penduduk negeri ini. Bisakah impor bahan baku LPG ini dihentikan dan digantikan produk lokal?

Jawabannya sangat bisa, bahkan solusi ini selain akan berdampak pada kemandirian energi, meningkatnya energi security, pencapaian SDG no 7 - Affordable Clean Energy, juga akan mengakselerasi kemakmuran penduduk ini oleh dua faktor sekaligus. Faktor pertama adalah tidak ada lagi pengurang devisa kita yang menurunkan GDP dari impor LPG, dan faktor kedua adalah adanya pertumbuhan ekonomi lokal - yaitu aktivitas ekonomi yang digerakkan oleh produksi local LPG ini.

Setidaknya kami ketemu tiga bahan baku yang sangat cocok untuk produksi local LPG kita itu , yaitu emisi CO2, arang dan biogas. Ketiganya feasible meskipun butuh energi cukup besar di reaksi pertama dari tiga reaksi di masing-masing bahan yang kita gunakan.

Namun karena energi proses di reaksi pertama ini menggunakan energi yang murah yaitu arang dengan harga di kisaran 0.67 cent dollar per MJ, sedangkan energi produk LPG di kisaran harga 2.45 cent dollar per MJ, maka biaya energi untuk reaksi pertama ini hanya di kisaran 3- 5% dari harga jual produk. Dua reaksi berikutnya adalah eksotermis, menghasilkan energi panas , yang bisa diolah menjadi pembangkit listrik dlsb., menjadikan Micro LPG plant ini sangat menarik.

Reaktor kompak seperti di bagian kiri gambar di bawah adalah dirancang untuk ketiga proses ini sekaligus dan siap untuk mengolah tiga jenis bahan tersebut di atas menjadi local LPG kita!



113. CO2 Adsorbate as New Energy Reserves

Tidak semua negara memiliki cadangan energi yang cukup sehingga sangat rentan terhadap harga energi dunia yang sangat volatile. Perubahan geopolitik dunia bisa dengan mudah menggoncang ekonomi negara-negara yang tidak memiliki cadangan energi konvensionalya sendiri, seperti minyak bumi dan gas.

Namun di era transisi energi, dan dalam perjalanan menuju SDGs 2030 dan Net Zero Emission 2050, kreativitas masyarakat dunia untuk menghasilkan sumber-sumber energi yang tidak konvensional itu mendapatkan tempatnya. Dalam situasi kepepet - karena kelangkaan energi atau kebutuhan untuk menurunkan emisi yang imminent , any idea is better then no idea!

Maka salah satu ide gila di Advanced Renewable Organization (ARO) yang kami follow through adalah menjadikan CO₂ yang hingga kini masih masalah bagi dunia, menjadi cadangan energi baru yang proven, tinggal hitung saja berapa banyak emisi CO₂ yang Anda punya - itulah cadangan energi Anda sekarang.

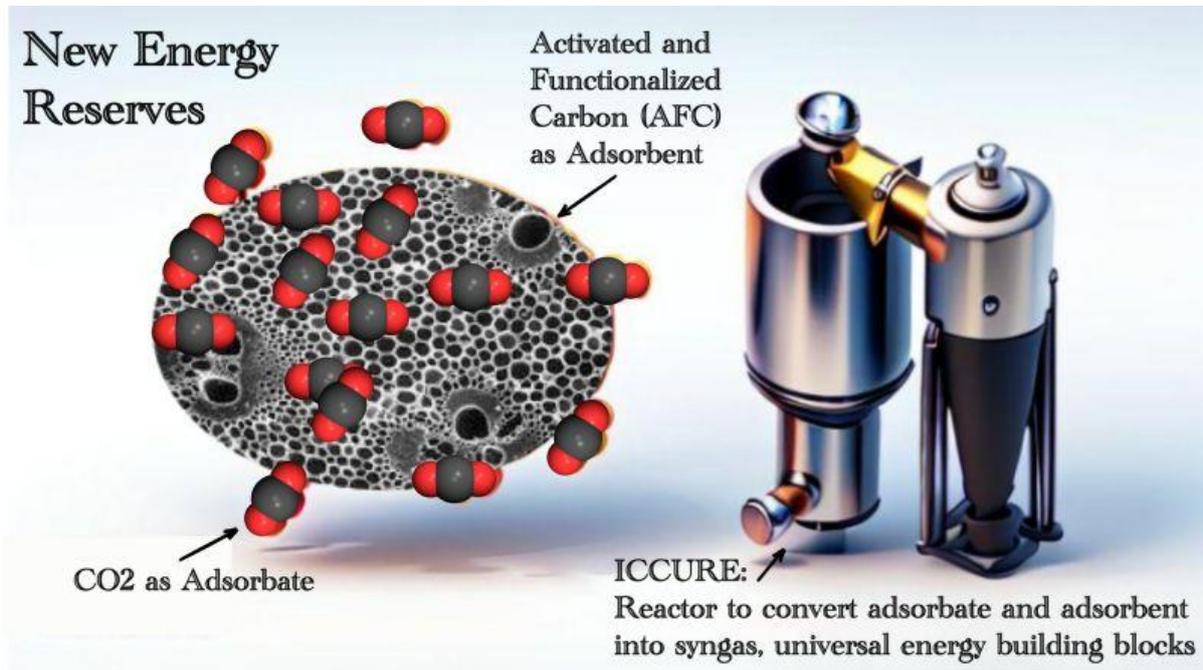
Lantas bagaimana merubah emisi CO₂ ini menjadi cadangan energi? Satu demi satu reaktor kami rancang dan bangun dari sini. Pertama kami buat reaktor yang kami sebut ASP+, fungsinya untuk melakukan karbonisasi biomassa plus aktivasi dan fungsionalisasinya. Intinya reaktor inilah yang merubah biomassa apapun menjadi Activated and Functionalized Carbon (AFC).

AFC ini yang kemudian kami gunakan untuk menangkap CO₂ dari sumbernya langsung - cerobong-cerobong asap dari pembangkit listrik, industri, kapal laut dan cerobong apa saja. Selain butuh feedstocks berupa AFC tersebut penangkapan flue gas dari cerobong asap - yang mayoritas isinya adalah CO₂, dibutuhkan juga reaktor khusus yang kita sebut FlueTrap, versi mobilnya kami sebut CO₂CAN, semua sudah saya share sebelumnya.

Untuk menangkap emisi CO₂, AFC kami fungsikan sebagai adsorbent untuk mengikat adsorbate - yaitu CO₂ yang terikat pada AFC. Kombinasi antara adsorbate dan adsorbentnya dengan rasio yang tepat inilah yang bisa menjadi cadangan energi baru kita. Hanya butuh satu reaktor lagi untuk merubah cadangan energi ini menjadi universal energy building block berupa syngas, yaitu gas CO dan H₂. Reaktor yang ini kami sebut ICCURE (Integrated Carbon Capture and Utilization for Regenerative Energy).

Keluaran dari ICCURE adalah CO-rich syngas, yang setelah diupgrade di reaktor lain lagi XH₂ akan menjadi H₂- Rich Syngas dengan rasio H₂/CO >2, yaitu syngas yang bisa jadi bahan bakar apa saja, baik hydrocarbon seperti diesel, bensin, LPG, maupun oxygenates seperti ethanol, methanol dan DME, bahkan bisa juga untuk menghasilkan hydrogen murni.

Karena semua negara atau daerah pasti punya biomassa dan CO₂, adsorbent dan adsorbate ini pasti bisa diproduksi lokal, jadi cadangan energi itu bisa dibangun oleh siapa saja dan dimana saja, sehingga tidak ada lagi ketergantungan satu negara terhadap sumber energi dari negara lain. SDG no 7 - Affordable Clean Energy harusnya bisa dicapai sebelum 2030.



114. Pre-Combustion Carbon Capture

Sore hari di bulan Ramadhan, jalan-jalan di hampir seluruh kota di Indonesia dipenuhi sepeda motor yang keluar seperti laron di musim hujan - saking banyaknya. Betapa tidak, 85% rumah tangga di Indonesia memiliki sepeda motor. Sore hari bulan Ramadhan adalah waktu ngaburit, ada atau tidak ada keperluan - orang pinngin keluar rumah saja untuk menyongsong datangnya maghrib.

Dari fenomena ini, team R&D Advanced Renewable Organization (ARO) melihat adanya masalah yang perlu diatasi, yaitu emisi. Tentu mayoritas kendaraan ini masih Internal Combustion Engine dengan bahan bakar bensin, populasi kendaraan listrik masih sangat kecil. Jadi ketika berjuta sepeda motor keluar di jalan raya, bisa dibayangkan dampaknya pada emisi CO2 di kota-kota kita? Akankah fenomena ini akan terus berlangsung? hingga kapan?

Tidak ada yang salah dengan ngaburitnya, tidak ada yang salah pula dengan pilihan masyarakat untuk menggunakan sepeda motor sebagai alat transportasi. Karena ketika mobil sudah tidak bisa bergerak karena kemacetan, sepeda motor ini masih bisa terus menerobos jalan-jalan yang padat.

Tinggal bagaimana kedepannya sepeda motor ini bisa bebas emisi, bisa menggunakan listrik atau bisa menggunakan hydrogen. Meskipun listrik kita masih menggunakan fosil mayoritasnya, penangkapan CO2 di pusat-pusat pembangkit listrik masih lebih mudah dari penangkapan CO2 di jalan raya.

Apalagi kita saat ini mampu memproduksi hydrogen yang carbon-neutral, meskipun proses Water Gas Shift-nya masih keluar CO2, emisi CO2 ini teroffset oleh tanaman yang tumbuh

melalui proses fotosintesa, yang menyerap CO₂, untuk produksi biomassa.

Emisi carbon yang terpusat, baik di pembangkit listrik maupun di tempat produksi hydrogen ini masuk kategori CO₂ pre-combustion yang tentu lebih mudah ditangkap karena sumber emisinya yang terpusat.

Kedepannya meskipun penduduk negeri ini sudah terlanjur jatuh cinta pada sepeda motor, tetap bisa dibuat bersih dari emisi, selain dengan listrik juga dengan hydrogen ini. Sepedar motor di bawah yang kami beri nama H₂Cycle ini adalah rancangan team AI kita untuk sepeda motor masa depan yang berbahan bakar hydrogen.

H₂Cycle memiliki dua makna, pertama dia adalah motorcycle yang berbahan bakar H₂, dan yang kedua bahan bakarnya diproduksi dari CO₂ yang di-cycle -kan untuk produksi hydrogen secara regenerative terus menerus. Tidak perlu lagi impor minyak untuk bahan bakar yang satu ini.



115. H₂ Power : Lebih Murah dan Lebih Bersih

Inti pesan dari SDG no 7 adalah agar energi itu lebih murah dan lebih bersih, Affordable Clean Energy. SDG no 7 ini juga menyiratkan bahwa energi yang sekarang itu tidak murah dan tidak bersih, maka masih ditargetkan tahun SDGs 2030 untuk mencapai yang murah dan bersih itu.

Dalam rangka mendukung target yang disepakati dunia untuk SDGs tersebutlah, kami di team riset Advanced Renewable Organization (ARO) tidak berhenti melahirkan temuan demi temuan, yang akan memungkinkan SDG no 7 khususnya bisa tercapai bahkan sedapat mungkin sebelum 2030.

Salah satunya adalah dengan memanfaatkan energi hydrogen yang lebih bumi. Bahwa energi hydrogen itu paling bersih, dunia sudah sepakat. Hanya saja produksi dan logistiknya hingga saat ini masih mahal, sehingga kriteria affordable-nya belum terpenuhi.

Namun dengan temuan kami bahwa green hydrogen itu bisa dihasilkan dari arang, hanya butuh 3 kg arang untuk mendeliver 1 kg H₂ plus energi 6,26 kWh, maka produksi green hydrogen itu menjadi sangat murah. Menjadi jauh lebih murah lagi diandingkan hydrogen konvensional, karena green hydrogen ini diproduksi in-situ dan in-time, di tempat dan saat dia dibutuhkan saja, yang otomatis meng-eliminir biaya logistik hydrogen yang sangat mahal.

Dari rangkaian reaksi dan perhitungan konsumsi bahan bakar hydrogen untuk pembangkit listrik di bawah, kita bisa tahu hanya dibutuhkan 375 kg arang untuk menghasilkan listrik 1 MWh, ini sudah termasuk energi untuk prosesnya sendiri. Bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel yang butuh sekitar 313 liter untuk 1 MWh yang sama, akan ada penghematan biaya yang sangat significant, sekitar 70 - 80% tergantung harga diesel dan harga arangnya.

Yang dibutuhkan kemudian adalah pembangkit listrik yang siap diberi bahan bakar hydrogen ini. Idealnya bila kita bisa memproduksinya sendiri - agar tidak bergantung pada mesin impor seperti yang terjadi selama ini. Gambar di bawah adalah H₂ power generation yang kami rancang dengan batuan AI. Bila membuat sendiri perlu banyak waktu dan investasi, tidak masalah juga kita membeli saja yang sudah ada di pasaran, beberapa merek besar dunia sudah juga memproduksi hydrogen power generator ini.

Bila mesin-mesin hydrogen power generation ini dirasa masih terlalu mahal di investasi, bisa kita turunkan program ini dengan menggunakan gas power generation atau bahkan juga bisa dengan diesel power generation. Hanya saja untuk gas dan diesel power generation, kita belum butuh hydrogen murni sebagai bahan bakarnya, cukup hydrogen yang masih bercampur dengan gas CO, atau yang disebut syngas.

Walhasil, banyak jalan menuju SDG no 7, Affordable Clean Energy tersebut di atas, penduduk planet ini harus bisa mencapainya sebelum 2030 agar bumi kita tidak semakin panas dengan cepat, karena saat inipun sudah ada belahan bumi ini - Brasil, yang konon panasnya sudah seperti neraka bocor - 62 derajat Celsius!

Hydrogen Fueled Power Generation



Reactios :

$$C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO \text{ (Boudouard)} + 172 \text{ kJ/mol}$$

$$2CO + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_2 + 2CO_2 \text{ (WGS)} - 82 \text{ kJ/2mol}$$

$$C + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_2 + CO_2 \text{ (CHS)} + 90 \text{ kJ/mol}$$

Fuel Consumption :

- 1 MWh at 30% eff.
- ~ 3.33 MWh
- ~ 11.99 GJ/hr
- ~ 99,90 kg H₂/hr
- ~ 300 kg Charcoal
- + process load 25%
- ~ 375 kg Charcoal

H2POWER

116. Inspirasi Teknologi Dari Al-Qur'an

Di bulan Ramadhan ini kaum muslimin di seluruh dunia berburu pahala yang dilipat gandakan antara lain dengan banyak-banyak membaca Al-Qur'an, namun ada satu yang mungkin masih luput, yaitu mentadabburinya. Karena dengan tadabbur inilah hikmah ayat-ayat Al-Qur'an bisa didalami hingga menjadi sumber inspirasi dan jawaban dari segala bentuk persoalan (QS 16:89).

Karena menjawab semua persoalan, segala bentuk masalah kehidupan bisa digali dari Al-Qur'an ini solusinya, termasuk masalah kekinian seperti sustainable energy, lingkungan dlsb. Terkait masalah energi dan lingkungan ini, contoh soal dan jawabannya dari Al-Qur'an hasil tadabbur kami, saya share di sini.

Bayangkan 14 abad lalu ada tantangan kepada jin dan manusia untuk menembus batas langit dan menerobos ke kedalaman bumi : "Wahai golongan jin dan manusia! Jika kamu sanggup menembus penjuru langit dan bumi, maka tembuslah. Kamu tidak akan mampu menembusnya kecuali dengan kekuatan". (QS 55:33)

Apa keluatan yang dimaksud di ayat tersebut? bisa modal, ilmu pengetahuan, teknologi dlsb. yang semuanya dibutuhkan dalam menaklukkan penjuru langit dan bumi ini. Mengapa sejak 14 lalu contoh yang harus ditaklukkan itu penjuru langit dan bumi? Karena ini contoh kasus yang paling sulit hingga di zaman modern ini sekalipun, makanya tidak banyak yang bisa melakukannya - baru Elon Musks dkk, yang punya sulthon atau kekuatan yang diperlukan untuk ini.

Di antara yang sulit dalam penaklukkan angkasa dan kedalaman bumi adalah penyediaan bahan bakar dan oksigen, harus ada bahan bakar dan oksigen yang sangat cukup meskipun

sedikit agar tidak memenuhi pesawat atau kapal hanya untuk diisi bahan bakar dan oksigen ini. Bagaimana yang sedikit tetapi cukup ini? inilah inti persoalannya.

Tetapi karena ada contoh soal, maka di Al-Qur'an juga ada contoh jawabannya. Untuk kecukupan energi dan oksigen ini jawabannya ada di surat berikutnya, yaitu (QS 56 :71-73). Kita disuruh memperhatikan bagaimana pepohonan ditumbuhkan oleh Allah. Dengan fotosintesa CO₂ dan air dirubah menjadi energy (C₆H₁₂O₆) dan oksigen. Dua persoalan yang sangat sulit dipecahkan oleh manusia dengan teknologi super modern saat ini, yaitu sustainable energi dan ketersediaan udara bersih (oksigen), jawabannya ada di sepotong daun yang padanya terdapat proses fotosintesa.

Dengan proses fotosintesa inilah tanaman bisa merubah limbah pembakaran yaitu CO₂ kembali menjadi energi dan udara bersih. Bila kita bisa meniru proses fotosintesa tersebut, kita juga akan bisa merubah limbah pembakaran (CO₂) untuk kembali menjadi energi dan oksigen.

Dua reaksi yang kami pilih adalah Boudouard reaction, merubah CO₂ dengan bantuan C untuk menjadi gas CO (energi), dan yang kedua reaksi electrolysis yang merubah CO₂ menjadi C (energi) dan O₂ (udara bersih). Dengan mastering dua reaksi ini, kita akan bisa memiliki kekuatan juga untuk bisa menaklukkan penjuru langit dan bumi, insyaAllah.

Question and Answer

SPACE CRAFT SUB MARINE LEAF

REGENERATIVE ENERGY & OXYGEN

Ebergy & Oxygen Challenge
 $C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO$
 $CO_2 \rightleftharpoons C + O_2$

Photosynthesis
 $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

117. Liquid Waste Valorization To Energy

Ini bisa menjadi kabar baik bagi para pengolah limbah cair industri yang umumnya tidak mudah divalorisasi. Mayoritas limbah cair itu dilematis, terlalu kecil TDS (Total dissolve Solids)-nya untuk diproses menjadi energi atau produk nilai tambah lainnya, tetapi terlalu

tinggi COD (Chemical Oxygen Demand), juga Nitrogen dan Phosphorus-nya, jadi berbahaya bila dilepas ke saluran pembuangan. Lantas apa solusinya?

Bisa menjadi salah satu solusi adalah memanfaatkan limbah cair tersebut untuk kultur microalgae, cemaran COD, N dan P menjadi nutrisi bagi kultur microalgae sehingga microalgae bisa tumbuh dengan cepat karenanya. Setelah microalage tumbuh dalam beberapa hari, TDS otomatis meningkat - sehingga menjadi feasible untuk divalorisasi menggunakan salah satu reaktor yang kami buat seperti Regenerative Energy Reactor (RER) yang sudah pernah saya share sebelumnya.

Setelah diserap untuk pertumbuhan microlagae, COD, N dan P otomatis turun hingga pada titik yang aman dan bisa dilepas ke saluran pembuangan. Namun untuk proses ini, kultur microalgae dengan kolam terbuka tidak cukup cepat pertumbuhannya, demikian pula pemanfaatan photo bioreactor (PBR) selain kurang cepat juga umumnya mahal.

Maka harus dibuat reaktor khusus yang bisa menumbuhkan microalgae pada limbah cair dengan sangat cepat, inilah yang disebut heterotrophics bioreactor (HBR). HBR ini juga bukan barang baru sebenarnya, lembaga riset dan perguruan tinggi banyak yang sudah punya, hanya saja umumnya sangat mahal - yang tidak feasible untuk penanganan limbah cair di dunia nyata.

Maka HBR yang di gambar ini kita rancang dengan bahan yang murah, namun tetap mudah disterilisasi, sehingga bisa feasible untuk penanganan limbah cair dengan bonus biomassa microlagae. Karena targetnya untuk penangan limbah dan produksi biomassa, produk akhir yang ideal adalah energi seperti syngas, hydrogen, diesel, bensin , ethanol dlsb.



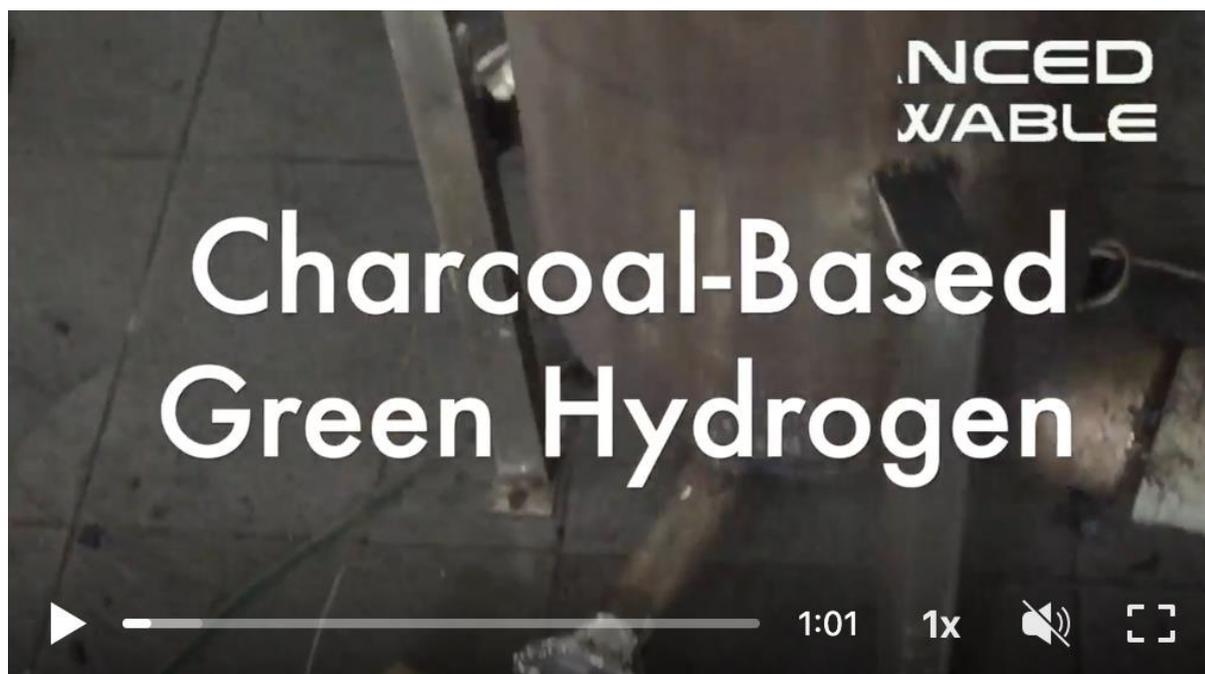
118. Penampakan Green Hydrogen Dari Arang

Bagi yang penasaran seperti apa penampakan green hydrogen itu, video 1 meant dari workshop Advanced Renewable Organization (ARO) ini bisa menunjukkan penampakan kompletnya. Tentu hydrogenya sendiri tilak kasat mata, tetapi dengan sejumlah sensor yang dikendalikan oleh AI, kita bisa melihat barwa gas yang kita deliver dari arang itu benar-benar hydrogen.

Well belum 100% karena masih ada campurannya berupa CO₂, CO dan CH₄, ini karena reaktor berikutnya - rektor membrane, yang akan kami buat untuk memurnikan hydrogen ini masih dicarikan sponsornya.

Tetapi dari komposisi gas yang ada, kita sudah bisa melihat mayoritasnya adalah hydrogen, meskipun masih perlu serangkaian kalibrasi, tetapi penampakan awal di monitor ini sungguh menggebirakan.

Adapaun warna apinya adalah indigo, yaitu warna api diantara biru dan ungu. Yang sudah butuh green hydrogen, bisa bicara dengan kami detilnya.



https://www.linkedin.com/posts/iqbalmuhaimin_penampakan-green-hydrogen-dari-arang-bagi-activity-7178306308029259776-tYUd/?utm_source=share&utm_medium=member_desktop

119. Emission for Energy and Environment

Dalam skenario Regenerative Energy (RE), emisi CO₂ yang selama ini terakumulasi di atmosfer bumi, semakin hari semakin banyak, ditangkap dan dikembalikan ke bumi untuk energi. Akumulasi CO₂ yang sudah berupa adsorbate - CO₂ yang terikat pada adsorbent, akan berpindah ke bumi. Lebih mudah dikendalikan ketimbang di langit, namun akumulasi ini makin hari juga makin banyak? Lantas untuk apa?

Nice problem to have, saat itu cadangan energi berupa adsorbate itu akan begitu banyak sehingga energi menjadi sangat murah. Dari energi yang murah ini bisa untuk memproduksi material canggih seperti Carbon Nanotubes (CNTs) melalui elektrolisa CO₂ menjadi CNTs dan Oksigen untuk udara bersih.

Kebutuhan materials mungkin juga tidak sebanyak kebutuhan energi, maka kelebihan adsorbate juga bisa untuk memproduksi hydrogen untuk ammonia. Ammonia-nya kemudian direaksikan dengan CO₂ akan menjadi amonium carbonate atau (NH₄)₂CO₃. Ammonium carbonate ini adalah slow release fertilizer, yang bisa kita gunakan untuk menyuburkan lahan-lahan yang gersang bahkan juga untuk menanam tanaman dan pohon di padang pasir sekalipun.

Tidak ada balasan atas kebaikan selain dengan kebaikan pula, kalau kita mulai berbuat

kebaikan dengan menangkap CO₂ yang selama ini menjadi momok pemanasan global, perubahan iklim, cuaca ekstrem dan bencana demi bencana, serangkaian kebaikan demi kebaikan berikutnya akan muncul yang bermula dari penangkapan CO₂ ini.

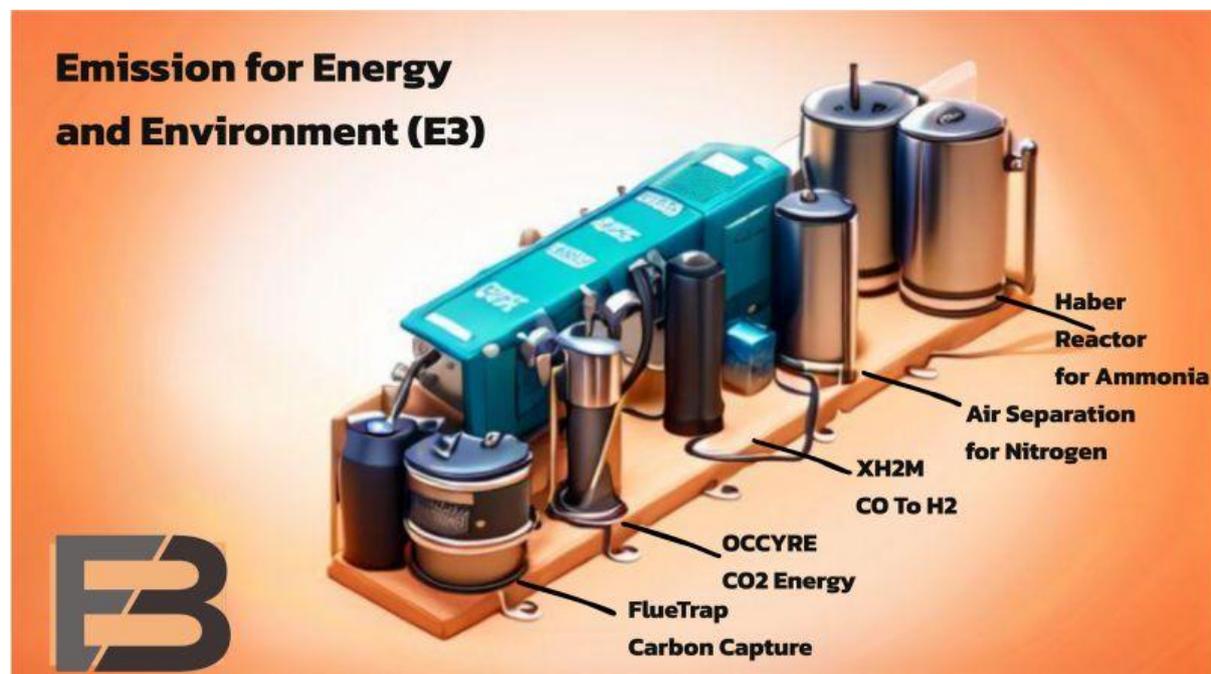
Dari sumber energi yang berlimpah yang otomatis akan menjadikan energi go beyond SDG no 7 (Affordable Clean Energy), hingga penghijauan seluruh lahan gersang hingga padang pasir akan bisa dilakukan dengan produk turunan CO₂ yang ditangkap menjadi adsorbate tersebut.

Di Advanced Renewable Organization (ARO), program Emission for Energy and Environment (E3) ini bukan lagi wacana, tetapi sudah menjadi action plan. Bahkan micro refinery untuk memproses emisi hingga menjadi energi dan ammonia ini-pun suda selesai kami rancang dengan bantuan AI, seperti pada gambar di bawah.

Dari 5 reaktor utama yang membentuk micro refinery ini, dua sudah kami buat dan ujicoba dengan hasil yang sangat baik, yaitu FlueTrap dan OCCYRE. Yang sedang dicarikan sponsor untuk pembuatan berikutnya adalah reaktor XH2M, yang dibutuhkan untuk memproses syngas menjadi hydrogen murni - baik untuk energi maupun feedstocks untuk ammonia.

Yang tidak perlu dibuat sendiri adalah ASU (Air Separation Unit) untuk produksi nitrogen dari udara - karena sudah banyak di pasaran. Reaktor terakhir Haber reactor mungkin juga perlu dibuat khusus karena rancangan yang ada di pasaran umumnya sangat besar - yang biasa dipakai di industri besar.

Yang kita butuhkan adalah Haber reactor skala micro yang bisa masuk ke dalam kontainer 40 feet bersama 4 reaktor sebelumnya. Haber reactor ini untuk memproduksi ammonia dari N₂ yang diproduksi ASU, dan H₂ yang diproduksi XH2M.



120. BioLPG Untuk Mandiri Energi Dan Penurunan Emisi

Kalau ada satu bahan bakar yang mestinya ada di top priority kita untuk mengatasinya, itulah LPG. Bahan baku LPG ini propane dan butane, mayoritasnya harus kita impor, dan dengan carbon footprint yang luar biasa besar dikirim ke seluruh penjuru negeri - dalam tabung-tabung yang beratnya melebihi isi LPG itu sendiri.

Mayoritas LPG ini yang digunakan untuk masyarakat berpenghasilan menengah ke bawah juga harus disubsidi dengan sangat beratnya - bak buah simalakama, dicabut subsidi rakyat menjerit, diteruskan subsidi terus menggerus anggaran belanja negara.

Lantas apa solusinya? Solusi bahan bakar lain akan sulit diterima, karena mayoritas masyarakat sudah terlanjur menikmati kemudahan penggunaan LPG ini. Jadi solusi itu tetap harus berupa LPG, selain kemudahan juga infrastruktur berupa tabung-tabung standard, sudah sangat masif.

Hanya sumber LPG ini yang bisa diganti, bila semula dari propane dan butane yang diimpor mayoritasnya, menjadi sepenuhnya bahan lokal dan bahkan bisa diproduksi masyarakat setempat - sehingga menekan carbon footprint. Bahan baku ini bisa berupa sampah dan limbah organik, baik padat maupun cair, baik melalui jalur thermochemical (gasifikasi) ataupun jalur biochemical (bio-digester), keduanya akan bisa digunakan untuk menghasilkan BioLPG, Bio Liquid Propane Gas.

Mayoritas reaktornya sudah saya share melalui unggahan sebelumnya, utamanya reaktor OCCYRE untuk merubah biomassa menjadi syngas, juga XH2 untuk meningkatkan kualitas syngas yang semula kaya CO menjadi kaya H2. Untuk LPG dibutuhkan rasio molekul H2/CO >2,33. Bila sumbernya biogas, harus di-reform dahulu menjadi syngas, dan di-upgrade syngasnya untuk mencapai rasio H2/CO >2,33 tersebut.

Syngas yang telah memenuhi standard ini kemudian diumpankan ke reaktor GTX seperti pada gambar di bawah. Di dalam reaktor inilah reaksi Fischer-Tropsch Synthesis (FTS) terjadi, dengan pengaturan catalyst, suhu, tekanan dan residence time - hasilnya bisa diarahkan ke C3H8 (propane). Kemungkinan akan tercampur dengan C4H10 (Butane), tidak masalah karena keduanya memang memiliki karakteristik yang mirip, tidak mengurangi kualitas bahan bakar baru yang kita sebut BioLPG ini.

Namun ada campuran lain yang harus dipisahkan, yaitu gas CO dan H2 yang belum bereaksi menjadi produk LPG yang kita tuju, maka keluaran dari GTX reactor kita lewatkan satu reaktor lagi yaitu condenser. Dengan pengaturan kombinasi suhu dan tekanan, misalnya pada 10 bar dan 25 derajat Celsius, BioLPG yang kita tuju (C3H8 dan C4H10) akan menjadi cair, sedangkan gas CO dan H2 tetap gas - yang dikembalikan ke GTX reactor untuk proses ulang.

Pemerintah daerah, kelompok masyarakat dan pihak-pihak yang selama ini menghadapi kendala bahan bakar LPG ini, sudah bisa diskusi dengan kami untuk kemungkinan penerapan BioLPG ini, untuk mandiri energi dan menurunkan emisi!



121. BioLPG, How Much Does It Cost?

Hambatan orang untuk migrasi dari fossil fuels ke renewable fuels yang carbon neutral itu umumnya adalah pada sisi harga dan supply. Renewable fuels cenderung lebih mahal dan supply-nya belum semasif fossil fuels. Bagaimana kalau kita bisa atasi dua masalah ini sekaligus, yaitu harga dan supply?

Untuk BioLPG, besar kemungkinannya dua masalah tersebut sudah bisa diatasi, dengan state of the art teknologinya saat ini, sudah memungkinkan untuk memproduksi 1 kg LPG dengan bahan baku yang tidak lebih dari 2 kg arang. Sedangkan 1 kg arang bisa dihasilkan kurang lebih dari 3 kg sampah atau limbah pertanian.

Kebutuhan consumables lainnya hanya air dan listrik, tetapi keduanya kecil. Yang agak besar adalah katalis, namun hanya perlu diganti setiap 6 bulan atau bahkan 1 tahun tergantung jenis katalisnya. Dengan data-data seperti ini, 1 kg BioLPG ini masih feasible untuk dijual di harga US\$ 0,5/kg, atau kurang dari separuh harga komersial LPG saat ini yang di kisaran US\$ 1.15 /kg. Artinya tanpa subsidi-pun harga BioLPG ini sudah murah.

Lantas bagaimana dengan supply-nya? Karena bahan baku utamanya hanya arang atau biomassa plus air, maka BioLPG seharusnya bisa diproduksi dimanapun karena bahan-bahan ini akan selalu mudah di dapat. Tidak ada bahan baku yang perlu diimport oleh negara manapun, kecuali katalis mungkin.

Bagaimana dengan nilai investasi reaktor-nya? Sebagai gambaran reaktor BioLPG Microrefinery seperti gambar di bawah, mampu memproses 1 ton arang dengan 550 kg produk BioLPG per jam. Dengan harga jual US\$ 0,5/kg, reaktor seperti ini bisa dibangun dengan biaya tidak lebih dari nilai jual BioLPG untuk 1 tahun produksi.

Nilai lainnya yang sangat bisa jadi juga menarik dari sisi finansial adalah potensi carbon credit dari proyek BioLPG ini. Setiap 1 kg fosil LPG digantikan dengan BioLPG ini, ada sekitar 3 kg CO₂ yang menjadi carbon-neutral, yaitu CO₂ hasil pembakaran BioLPG ini teroffset oleh proses fotosintesa ketika biomassa yang digunakan sebagai bahan bakunya tumbuh.

Tinggal sekarang siapa yang mau mencoba atau memulainya lebih dahulu, insyaAllah team kami dari Advance Renewable Organization (ARO) siap memberikan penjelasan detail, sekaligus penyiapan proyek implementasinya untuk masyarakat seluruh penjuru dunia. ARO disiapkan untuk membantu negara-negara di dunia khususnya dalam pencapaian SDG no 7, feel free untuk diskusi dengan kami.

Team ARO juga akan ada di 10th International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024), Lund - Swedia, 15-16 Mei 2024.

BioLPG Microplant



122. Cara Baru Menangkap Carbon Dan Memanfaatkannya

Upaya dunia menurunkan emisi CO₂ mau tidak mau harus melibatkan effort untuk menangkap CO₂, karena CO₂ ini tetap akan keluar hingga beberapa dasawarsa kedepan dari industri-industri yang masih terpaksa menggunakan energi fosil. Penangkapan CO₂ yang paling alami adalah menanam pohon di daerah-daerah yang hingga kini masih gersang.

Untuk penanaman pohon ini yang kami usung adalah Tamanu (*Calophyllum inophyllum*), karena selain bisa hidup di lahan kritis, Tamanu ini adalah tanaman halophyte yang bisa tumbuh di air asin. Jadi daerah gurun sekalipun yang punya akses laut, bisa dihijaukan dengan Tamanu ini.

Meskipun ideal, penanaman pohon saja tidak cukup karena pertumbuhan emisi CO₂ terlalu tinggi untuk diimbangi hanya dengan penangkapannya secara offboard melalui penanaman pohon ini, jadi harus ada percepatannya yang signifikan untuk menyerap emisi hingga akhirnya mencapai Net Zero Emission 2050.

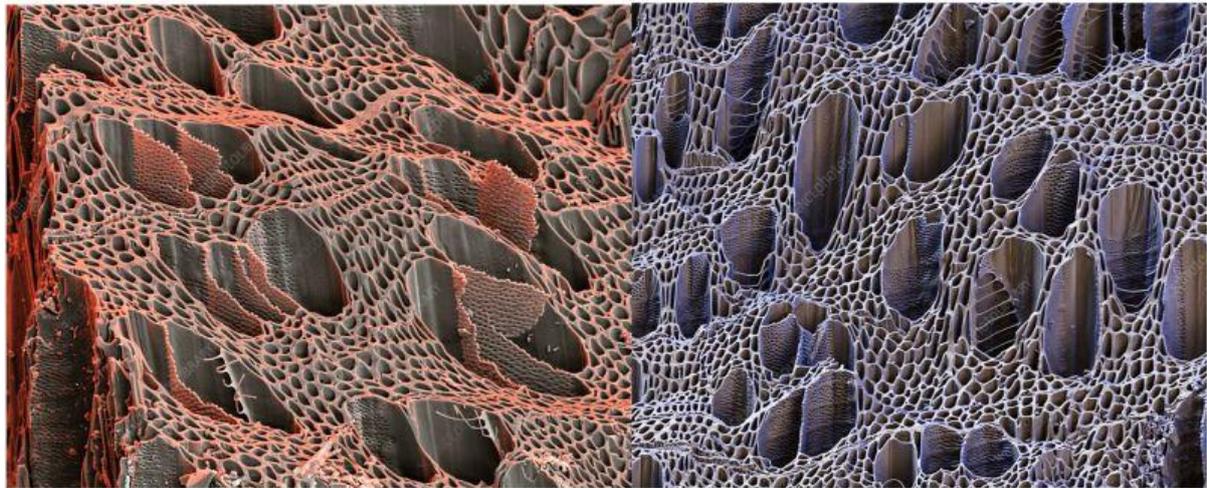
Maka harus ada penangkapan CO₂ secara onboard yang cukup cepat untuk mengimbangi laju emisi yang masih terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan ekonomi dunia. Sejumlah teknologi-pun sudah dikembangkan orang dan sudah beroperasi di sejumlah sumber emisi.

Diantaranya adalah penangkapan CO₂ menggunakan amine, yaitu senyawa kimia turunan dari ammonia, dimana salah satu H-nya diganti dengan hydrocarbon (R-NH₂). Masalahnya amine ini selain mahal, butuh energi tinggi dan muncul emisi lain dari solvent yang digunakan. Cara lain dengan menggunakan teknologi membrane, tetapi masih mahal. Cara terbaru yang juga mulai dikembangkan orang adalah dengan Ionic Liquids, lagi-lagi masih mahal dan butuh energi tinggi untuk regenerasinya.

Maka kami memperkenalkan cara baru menangkap emisi CO₂ dengan menggunakan apa yang kami sebut AFC - Activated and Functionalized Carbon. AFC ini bisa diproduksi dari arang apa saja, jadi murah. Untuk meningkatkan daya tangkap CO₂ oleh arang ini, arang perlu diaktivasi - yaitu agar permukaannya bertambah luas dan lebih banyak CO₂ bisa ditangkap. Kemudian juga perlu difungsionalisasi dengan basa karena yang akan ditangkap CO₂ bersifat asam ketika terkena air.

Selain dari aspek biaya, juga exit CO₂ hasil tangkapan AFC ini paling fleksibel. Bila di tiga cara yang lain masih banyak pertanyaan yang harus bisa dijawab - dikemanakan atau digunakan untuk apa setelah CO₂ ditangkap? untuk AFC jawaban pertanyaan ini sudah lengkap. AFC sebagai adsorbent plus CO₂ sebagai adsorbate, bisa langsung diproses menjadi new energy building blocks yang disebut syngas hanya dengan satu reaktor saja OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy).

Dengan konsep Regenerative Energy ini, CO₂ bersama AFC adalah bahan baku untuk bahan bakar apa saja, baik hydrocarbon, oxygenates maupun carbon-free fuels seperti H₂ dan NH₃. CO₂ akan terus keluar, tetapi karena dia adalah bahan baku untuk energi berikutnya, dia adalah solusi untuk kebutuhan energi, bukan lagi masalah emisi.



Scanning Electron Microscopy (SEM) for AFC

123. BioLPG 3D Model

Istilah 3D Model biasanya digunakan untuk software yang memvisualisasikan objek atau permukaan secara 3 dimensi. Namun BioLPG 3D Model ini bukan untuk memvisualisasikan benda fisik, melainkan sebuah konsep untuk produksi dan distribusi bahan bakar di era transisi energi, yang akan berbeda dengan era energi fosil. 3D disini adalah singkatan dari Distributed, Democratized and Disruptive.

Distributed adalah terkait dengan sumber-sumber energi yang digunakan, bukan dari satu atau beberapa sumber minyak, gas dan batubara yang besar, melainkan menyebar di sentra-sentra produksi biomassa di daerah pertanian, perkebunan, hutan, sampah organik perkotaan dlsb.

Karena menyebarnya sumber daya tersebut, maka masyarakat secara individual atau berkelompok memiliki peluang yang sama dengan perusahaan-perusahaan yang besar dalam mengolah, mendistribusikan dan memperdagangkan sumberdaya tersebut, kesempatan yang sama untuk semua orang inilah yang disebut Democratized.

Sumber daya yang ter-Distributed dan ditangani secara Democratized tersebut akan membuat perbagai peluang bagi pemain baru, dan bahkan pemain lama yang tidak mau berubah menyesuaikan strateginya dengan realita baru ini, bisa kehilangan kesempatan dan digantikan oleh pemain-pemain baru yang lebih fit dengan tantangan yang berbeda ini, inilah D yang ketiga yaitu Disruptive.

Nah sekarang bagaimana kita implementasikan konsep 3D Model tersebut di atas di dunia nyata? Bisa kita mulai dari energi yang digunakan untuk memenuhi hajat hidup orang banyak, yaitu LPG. Bahan bakar yang paling populer di dunia ini digunakan oleh seluruh lapisan masyarakat, kaya atau miskin, di negara maju maupun negeri berkembang.

Konsumsinya di tingkat dunia sudah lebih dari 300 juta ton per tahun, dan dampak emisinya

sekitar 900 juta ton CO₂ per tahun belum termasuk carbon foot-print transportasinya, yang sangat besar tetapi sulit dihitung. Mayoritas negara di dunia harus impor LPG ini dari negara-negara yang produksi minyaknya besar.

Dengan konsep 3D, LPG akan berganti menjadi BioLPG (Bio Liquefied Propane Gas), bahan bakunya bukan lagi dari tambang minyak melainkan dari sumber -sumber limbah biomassa dan sampah - semua negara, semua daerah pasti memilikinya. BioLPG bisa diproduksi dengan MicroPlant untuk masyarakat atau komuniats di satu daerah tertentu, diusahakan dan didistribusikan secara lokal sehingga selain BioLPG-nya ini bersifat carbon neutral, juga rendah carbon footprint dalam distribusinya.

Dan yang tidak kalah penting, BioLPG yang diproduksi dan didistribusikan di daerah yang sama akan mendorong pertumbuhan ekonomi energi di daerah yang bersangkutan. Karena ekonomi energi ini umumnya nomor 2 terbesar setelah ekonomi pangan, maka dampak penguasaannya oleh masyarakat setempat juga akan secara significant meningkatkan kesejahteraan mereka.



124. BioLPG Mobile Unit, Mencari Mitra Lokal Untuk Mengoperasikannya

Krisis kelangkaan LPG sering berulang di perbagai daerah, utamanya di pulau dan daerah terpencil. Biaya transportasi yang sangat besar untuk mengirim LPG hingga pulau-pulau dan daerah terpencil - baik ketika dalam kondisi isi maupun sebaliknya dalam kondisi kosong, antara lain menjadi penyebab kelangkaan tersebut. Penyebab lain umumnya karena cuaca buruk, musim badai dlsb, membuat pengiriman LPG ini sering terkendala.

Apapun kendala sampainya LPG ke seluruh pelosok negeri ini, sesungguhnya akan segera bisa diatasi manakala masyarakat setempat mau berpindah untuk menggunakan BioLPG. BioLPG ini bisa diproduksi dengan sumberdaya setempat, sehingga bisa bersaing dari sisi harga dan dampak lingkungan. Selain BioLPG-nya sendiri carbon-neutral, carbon footprint-nya menjadi minimal, karena diproduksi dan digunakan di daerah yang sama.

Satu BioLPG Mobile Unit dalam gambar di bawah dapat memproses biomassa 3 ton per jam, atau 1 ton arang per jam, dengan hasil maksimal sekitar 550 kg BioLPG per jam. BioLPG ini sama persis dengan LPG yang ada di pasaran, hanya asal usulnya saja yang berbeda, jadi bisa menggantikan langsung LPG yang digunakan untuk apapun yang dibutuhkan masyarakat.

Untuk hal baru semacam ini, tentu butuh para pioner yang bisa melihat visi yang sama dengan yang kami lihat, kemudian siap untuk mengoperasikannya di lapangan. Tiga masalah sekaligus kita akan atasi dengan konsep BioLPG ini.

Pertama LPG menjadi produk local - menjawab kebutuhan energi masyarakat, kedua berbahan baku sampah atau limbah - sekaligus mengatasi masalah sampah di hampir setiap daerah, dan ketiga menurunkan tingkat emisi CO₂, dari setiap kilogram LPG digantikan dengan BioLPG ini, 3 kg CO₂ menjadi carbon neutral - selangkah menuju Net-Zero Emission 2050.

Karena tiga hal tersebut juga menjadi concern masyarakat di sleuruh dunia, BioLPG Mobile Unit ini juga bisa diproduksi oleh tenaga terampil setempat , di belahan dunia manapun Anda berada, dengan pengawasan dan pendampingan dari team kami Advanced Renewable Organization (ARO).



125. Carbon Car With Carbon-Free Fuel

US-Comp adalah proyek risetnya NASA untuk menemukan Ultra Strong Composites materials, yang diharapkan bisa mengantarkan manusia untuk perjalanan angkasa luar berikutnya, seperti perjalanan ke planet Mars dlsb. Proyek riset 5 tahun yang melibatkan 20 professor dari 20 perguruan tinggi terbaik negeri itu, menyimpulkan bahwa materials yang ultra strong yang mereka cari itu ternyata melimpah ruah di muka bumi ini, yaitu carbon dalam salah satu bentuknya yang paling kecil - Carbon Nanotubes (CNTs).

CNTs sendiri adalah temuan ilmuwan Jepang lebih dari tiga dasawarsa lalu yaitu Sumio Iijima (1991), sedangkan hasil riset US-Comp project tersebut hanyalah mengconfirm keunggulan CNTs ini. Kami di Advanced Renewable Organization (ARO) melihatnya secara sederhana, sesuatu yang baik untuk perjalanan angkasa luar, juga baik untuk keperluan kita di bumi. Itulah mengapa kita ditantang oleh Allah untuk menembus penjuru langit dan menerobos batas bumi dengan kekuatan (QS 55:33).

Yang menariknya adalah materials super canggih yang ultra strong ini ternyata mudah dibuatnya dari bahan yang selama ini kita buang. Setidaknya ada dua cara untuk membuatnya yang mudah dan murah, pertama dari elektrolisa CO₂ menggunakan elektrolit dari molten carbonate. Butuh sekitar 2.5 kWh listrik untuk menghasilkan 1 kg CNTs dengan cara ini, tidak feasible kalau untuk digunakan sebagai energi - tetapi sangat feasible bila digunakan untuk materials seperti CNTs ini karena nilai jualnya yang tinggi.

Bahkan di lab ARO, kami bisa membuat CNTs yang sama dari arang sampah yang 'diledakkan' menggunakan katalis tertentu dengan bantuan microwave. Cara ini yang lebih murah dan lebih mudah dari cara yang pertama. Bagi para mahasiswa S1, S2 dan S3 bidang teknologi materials yang ingin mendalami cara yang kedua ini, ARO bisa sediakan katalis yang dibutuhkannya.

Lantas untuk apa CNTs ini? karena kekuatannya yang luar biasa tersebut dan juga sangat ringan, segala bentuk struktur untuk bangunan, pabrik, mesin, pesawat, kapal laut sampai kendaraan bermotor, yang hingga kini masih bergantung begitu banyak ada metal, bisa digantikan mayoritasnya dengan CNTs ini. Bahannya murah, mudah dibuat dimana saja, sangat kuat dan sangat ringan.

Gambar mobil di bawah misalnya, drancang menggunakan Al dengan bahan CNTs tersebut yang dibuat menjadi composites dengan matrix yang sesuai. Mobil yang ringan namun sangat kuat juga akan membuatnya sangat irit bahan bakar.

Untuk bahan bakarnya sendiri, mobil ini dirancang menggunakan hydrogen yang juga dihasilkan dari arang, murah dan sangat efisien dalam delivery H₂-nya. Jadi mobilnya dibuat dari arang yang di-nano-kan, bahan bakarnya menggunakan arang yang di-hydrogen-kan.

Bila sampah menumpuk di sekitar kita, juda emisi CO₂ yang menjadikan gelap langit kota kita, bayangkan bahwa dari sesuatu yang semula masalah ini, bisa dihasilkan sesuatu yang sangat unggul dan berharga untuk peradaban pada jamannya. Tertarik mewujudkannya?



126. Madrasah AI-handasah Menerima Santri Angkatan Perdana

Ada tenaga trampil baru yang akan dibutuhkan sangat masif di tahun-tahun mendatang ini, yaitu tenaga trampil trengginas terkait energi baru terbarukan, dekarbonisasi, pengurangan emisi, carbon capture, carbon trading, carbon utilization, new materials, regenerative energy, green hydrogen, advanced renewable dan segala bentuk keahlian yang sejenis dengan hal-hal ini.

Penggerak kebutuhan yang akan melonjak ini adalah keharusan perusahaan-perusahaan di dunia untuk penerapan ESG (Environmental Social Governance), dan komitmen negara-negara dalam memenuhi NDC (Nationally Determined Contribution) -nya masing-masing.

Perguruan-perguruan tinggi yang responsive tentu bisa berkontribusi dalam memenuhi kebutuhan semacam ini, tetapi karena kuliah di perguruan tinggi itu lama dan faculty based - kehadirannya dibutuhkan tetapi tidak cukup. Jadi butuh jenjang pengisian tenaga trampil di bidang-bidang tersebut di atas secara terstruktur, sistematis, masif dan komprehensif.

Maka dalam rangka ikut menyediakan tenaga yang dibutuhkan di bidang ini, kami dari Advanced Renewable Organization (ARO) akan mulai mengajarkan hasil-hasil R&D kami yang sudah kami bukukan menjadi 2 lusin buku, untuk menjadi madrasah kehidupan, yang kami sebut Madrasah AI-Handasa, yang arti harfiahnya kurang lebih School of Engineering.

Apa yang akan diajarkan di Madrasah AI-Handasa ini? ketrampilan engineering yang terkait pada hal-hal yang saya sebutkan di atas. Contoh sederhananya adalah bagaimana merubah sampah menjadi hydrogen misalnya, kemudian dari hydrogen menjadikannya LPG, diesel, bensin dlsb.

Contoh lain adalah bagaimana menangkap CO₂ dari cerobong asap pabrik dan menjadikannya bahan bakar untuk pabrik itu sendiri, merubah limbah dari pabrik menjadi biogas, kemudian mereformnya menjadi syngas dan akhirnya menjadi LPG misalnya, dlsb.

Karena baru angkatan perdana, kami juga tidak ingin terlalu banyak santri di madrasah ini, kami batasi maksimal 20 orang dahulu. Madrasah ini gratis dan mondok agar intensif proses belajarnya, tetapi perusahaan atau institusi yang membutuhkannya dapat mensponsori para santri-santri insinyur ini.

Siapa yang boleh mendaftar? Diutamakan dari politeknik khususnya permesinan maupun sarjana teknik, namun juga dibuka kesempatan dari pebagai jurusan lain yang memiliki passion di bidang-bidang yang saya sebutkan di atas.

Bagaimana cara mendaftarnya? cukup mengirimkan profile linkedinnya ke media ini atau kontak ke private message media ini, calon yang memenuhi syarat akan kami undang untuk diskusi lebih lanjut.



127. Petani Yang Bisa Memproduksi Energinya Sendiri

Para pejuang di garis depan ketahanan pangan yaitu para petani, justru sering menjadi korban kebijakan pemerintahnya sendiri. Bukan hanya di negara berkembang, petani-petani di negara maju juga sering harus membawa traktor-traktornya memadati jalan ibukota negara untuk meluapkan kekesalannya atas kebijakan pemerintahnya yang tidak berpihak kepada para petani ini.

Pun demikian dalam masalah energi, di daerah-daerah pertanian itu dari dahulu sebenarnya juga menjadi sentra-sentra produksi bahan bakar masa depan. Tetapi baru Uni Eropa dalam

Renewable Energy Directive II (RED II) -nya yang sudah mengidentifikasinya, bahwa apa yang mereka sebut Advanced Biofuels itu hampir keseluruhannya ada di lahan pertanian, perkebunan dan hutan. Hanya biomassa dari sampah padat perkotaan yang asalnya memang dari kota.

Namun hingga kini di negara-negara RED II diberlakukan-pun, para petani masih harus membeli energi fosil yang kotor, dan pada saat bersamaan membiarkan sumberdaya Advanced Biofuels-nya menumpuk di lahan-lahan mereka atau dibakar sia-sia. Apa penyebabnya?

Konversi energi, dari sumberdaya energi bersih dan carbon-neutral, berupa limbah pertanian, perkebunan dan kehutanan ini yang belum dikembangkan untuk masyarakat luas, agar mudah dan ekonomis untuk digunakan. Petani butuh diesel untuk traktor dan penggilingan padi mereka, butuh LPG untuk rumah tangga mereka, butuh bensin untuk transportasi mereka dlsb. Tentu dalam kondisinya sekarang, semua bahan bakar yang dibutuhkan mereka tersebut belum bisa dipenuhi secara langsung dari sekam dan jerami yang menumpuk di lahan-lahan mereka.

Namun kondisi ini tidak akan selamanya demikian, saat ini sudah memungkinkan bagi petani perkebunan besar untuk memproduksi bahan bakar mereka sendiri, atau berkelompok dalam koperasi untuk petani-petani kecil dan menengah. Dengan serangkaian reaktor-reaktor kompak seperti gambar di bawah, seluruh kebutuhan bahan bakar para petani dapat mereka produksi sendiri, bahkan mereka juga bisa menjadi tulang punggung swasembada energi bersih nasional dengan sumber daya yang mereka miliki.

Rangkain 3 reaktor yang kami sebut BTX (Biomass To X) ini bisa memproduksi diesel, bensin, LPG dan bahkan Jet-Fuel bila diperlukan. Reaktor pertama intinya adalah gasifikasi, merubah biomassa menjadi syngas yang masih kaya CO, reaktor kedua merubah syngas yang kaya CO menjadi kaya akan H₂, dan yang ketiga adalah merubah syngas yang kaya h₂ (H₂/CO>2) menjadi bahan bakar yang dibutuhkan. Jenis produk yang dihasilkan diatur melalui pengendalian 4 parameternya, yaitu suhu, tekanan, katalis dan residence time.

Bagi usaha pertanian besar atau koperasi pertanian yang ingin memproduksi bahan bakarnya sendiri sudah dapat berdiskusi dengan kami, juga industri manufacturing permesinan yang tertarik memproduksi reaktor-reaktor ini secara massal bisa menghubungi kami - agar reaktor-reaktor ini menjadi semakin terjangkau bila bisa diproduksi secara massal.



128. BTX Reactor for Advanced Biofuels

Biofuels generasi berikutnya yang disebut Advance Biofuels di Uni Eropa dalam skema Renewable Energy Directive II (RED II), sudah mulai berlaku bertahap sejak 2 tahun lalu hingga penerapan penuhnya tahun 2030. Ini sesungguhnya peluang besar bagi kita, mengapa demikian?

Yang disebut Advanced Biofuels sebenarnya menekankan pada bahan bakunya, tentu harus di luar fosil, harus bahan dari bio tetapi juga di luar bahan pangan, tidak berebut dengan lahan tanaman pangan, hutan dan tidak boleh merusak ekosistem laut.

Dari 17 item bahan yang dibidik secara spesifik di RED II tersebut, mayoritasnya ada di kita, yaitu sekam, jerami, tongkol jagung, bagas tebu, sampah organik perkotaan, tandan kosong sawit, palm oil mill effluent (POME), limbah padat dan cair peternakan, semua limbah non pangan cellulosic dan lignocellulosic.

Dengan bahan yang sebenarnya sangat biasa bagi kita tersebut, tetapi mengapa ketika menjadi bahan bakar dia disebut Advanced Biofuels atau bahan-bakar bio yang canggih? dimana kecanggihannya? Justru dari bahan yang biasa-biasa saja inilah kalau kita bisa menjadikannya bahan bakar sekelas bensin, diesel, jet-fuel, LPG dlsb - yang persis sama dari yang berasal dari petroleum namun yang ini carbon neutral sepenuhnya karena dari bahan biomassa, maka di sinilah letak kecanggihannya.

Kalau kita bisa produksi bahan bakar dengan menambang atau mengimpor minyak, itu biasa saja. Tetapi manakala kita memproduksinya dari sampah kota dan limbah pertanian, dibutuhkan proses yang canggih, yang berarti juga butuh reaktor-reaktor yang canggih.

Reaktor-reaktor canggih untuk produksi Advanced Biofuels inilah yang menjadi fokus dari R&D kami di Advanced Renewable Organisation (ARO) sejak beberapa tahun terakhir ini, salah satu hasilnya adalah reaktor pada gambar di bawah yang kami sebut BTX reactor, Biomass To X, dimana X-nya bisa berupa diesel, jet-fuel, bensin dan LPG sesuai standard RED II tersebut di atas.

BTX ini sebenarnya integrasi dari 3 reaktor, yang pertama reaktor gasifikasi untuk produksi syngas dari biomassa yang standarnya masih kaya akan CO, yang kedua adalah reaktor Water Gas Shift (WGS) untuk menggunakan sebagian CO untuk produksi H₂, dan terakhir reaktor Fischer-Tropsch untuk mereaksikan CO yang tersisa dengan H₂ dengan rasio (H₂/CO>2) untuk menjadi diesel, jet-fuel, bensin dan LPG. Fokus pada salah satu hasil ini bisa dilakukan dengan pengendalian suhu, tekanan, katalis dan residence time.

Reaktor-reaktor ini sudah mulai kita produksi satu per satu atas dasar pesanan, namun kami juga mencari mitra manufacturing untuk produksi massalnya, untukantisipasi permintaan yang banyak seiring dengan akan melonjaknya kebutuhan Advance Biofuels tersebut di atas menuju tahun SDGs 2030, yang bersamaan dengan target pmerlakuan RED II uni Eropa secara penuh.



129. Waste Heat Energy (WHE), Gajah Di Pelupuk Mata

Sumber energi baru yang sangat besar itu bisa jadi sudah ada di depan mata kita, hanya karena sangat dekatnya - seperti pepatah gajah di pelupuk mata tidak kelihatan, potensi energi baru yang satu ini belum banyak dimanfaatkan. Energi baru yang saya maksudkan di sini adalah energi limbah panas - Waste Heat Energy (WHE).

Limbah panas ini ada di mana-mana secara sangat masif baik kegiatan industri maupun komersial, sumbernya ada dua, yaitu dari proses endotermik - proses yang butuh panas, namun supply panasnya melebihi dari kebutuhan karena faktor in-efisiensi yang hampir pasti terjadi di setiap proses panas, maka kelebihan panasnya ini menjadi limbah panas.

Sumber kedua lebih menarik lagi, yaitu dari proses eksotermik - dimana prosesnya sendiri mengeluarkan panas. Selama ini umumnya kita mengenal panas dari hasil pembakaran, yaitu bahan bakar yang dipertemukan dengan oksigen - hasilnya adalah panas. Proses eksotermik tidak harus melibatkan pembakaran atau oksidasi dengan oksigen ini, namun dia juga menghasilkan panas.

Sebagai contoh kalau kita mereaksikan gas CO dengan H₂ untuk menghasilkan bahan bakar hydrocarbon (C_xH_y) plus air (H₂O), proses ini sangat eksotermik, nilai energi panas yang menjadi waste heat kurang lebih separuh dari nilai energi yang terkandung dalam produk hydrocarbon tersebut. Ini tentu besar sekali bila kita bisa tangkap dan olah.

Bayangkan kalau kita produksi bahan bakar dengan cara ini - reaksinya disebut Fischer Tropsch Synthesis (FTS), bentuk reaktornya seperti yang saya unggah kemarin di sini : <https://lnkd.in/e9Nyqp55> , setiap ton bahan bakar kita hasilkan, ada potensi waste heat yang setara 1/2 ton minyak!

Pertanyaan berikutnya adalah lantas bagaimana kita bisa memanfaatkan waste heat ini secara efektif? Salah satunya adalah menggunakan Waste Heat Energy (WHE) system seperti gambar di bawah. Yang kita rancang WHE ini beroperasi menggunakan teknologi Organic Rankine Cycle (ORC), yang bisa disusun berjenjang menangkap limbah panas dari berbagai rentang suhu. Waste heat awal ditangkap oleh ORC 1, limbah panas ORC 1 ditangkap lagi oleh ORC 2 dan bila perlu bisa sampai ORC 3 - tergantung suhu awal dari limbah panas yang ada.

Dengan konsep produksi bahan bakar dan listrik sekaligus dengan satu sumber energi dasar yang sama - dalam hal ini biomassa atau arang ini, akan bisa meningkatkan nilai jual biomassa/arang sehingga mengolah seluruh sampah kita menjadi energi akan feasible dan menarik, kota kita akan bersih dan energi kita akan murah.

Kegunaan lain, energi panas dan listrik yang tidak perlu pembakaran dengan oksigen dan bahkan menghasilkan limbah berupa air ini, bisa juga menjadi solusi bagi misi khusus dimana oksigen dan air langka atau harus sangat dihemat. Contohnya adalah perjalanan ke angkasa luar dan ke kedalaman laut/bumi dengan kapal selam, keduanya ditawarkan oleh Allah kepada jin dan manusia untuk menaklukkannya dengan sulthon atau kekuatan (QS 55:33).



Waste Heat Energy (WHE) System

130. The New Green Hydrogen : Regenerative BioHydrogen

Bahan bakar biomassa ketika dia dibakar dan mengeluarkan emisi CO₂, emisinya dianggap carbon-neutral, karena emisi CO₂ ini berasal dari CO₂ yang diserap tanaman untuk fotosintesa ketika dia tumbuh. Bagaimana kalau emisi yang sudah carbon-neutral ini ditangkap kembali dan diproses menjadi bahan bakar berikutnya? selain akan menghasilkan carbon-free energy, produksi bio-energy menjadi sangat murah, karena biomassa yang sama dipakai terus secara berulang.

Maka inilah jenis green hydrogen baru yang kami sebut Regenerative BioHydrogen (RBH), yaitu hydrogen yang diproduksi dengan biomassa dan emisi CO₂ dari biomassa pada proses sebelumnya. Dari rangkaian proses pada gambar di bawah, kita akan bisa melihat bahwa proses produksi BioHydrogen dengan cara ini, net-result-nya tidak mengeluarkan CO₂ sama sekali.

Pertama biomassa (carbon) direaksikan dengan steam akan menghasilkan gas CO dan H₂ (1), kemudian gas CO kita reaksikan kembali dengan steam lagi, hasilnya H₂ dan CO₂ (2). Dari reaksi ke 2 ini ada emisi CO₂, tetapi CO₂ ini kita tangkap kembali dan direaksikan dengan carbon lagi, hasilnya adalah 2 gas CO (3).

Bila tiga rangkaian reaksi ini saya jumlahkan, hasilnya adalah 2C ketika direaksikan dengan 2H₂O, hasilnya adalah 2H₂ dan 2CO (4). Persamaan 4 inilah yang kita sebut persamaan Regenerative BioHydrogen (RBH). Persamaan 4 ini sama dengan 2x persamaan 1, apa artinya?

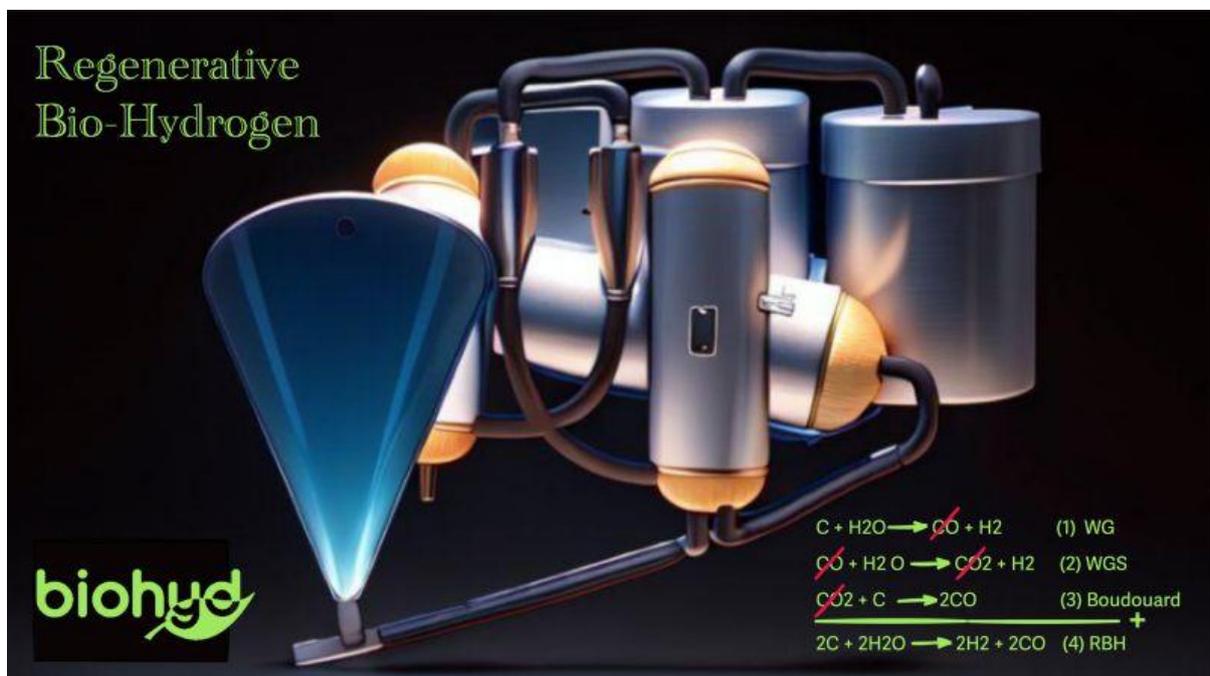
Seperti segala sesuatu yang tumbuh, makin hari akan semakin bertambah banyak. Demikian pula dengan Regenerative BioHydrogen ini, semakin hari sumber daya kita untuk memproduksi RBH ini semakin banyak. Dari persamaan ke 4, selain produksi utama kita

yaitu H₂, kita punya limbah berupa CO.

Tetapi limbah berupa CO ini adalah nice thing to have, karena untuk menjadikannya H₂ lagi, CO tinggal direaksikan dengan H₂O kembali (reaksi 2), dan reaksi yang disebut Water Gas Shift (WGS) ini bersifat eksotermis, artinya memproduksi H₂ dari CO itu tidak membutuhkan energi, malah dia menghasilkan energi (panas).

Dengan mensirkulasikan CO untuk produksi H₂ yang berasal dari biomassa inilah produksi green hydrogen yang saya sebut RBH ini akan menjadi sangat kompetitif dari sisi kebutuhan energi, biaya, dan net-result yang carbon-free. Peluang adanya carbon footprint tentu masih ada, yaitu dari pengangkutan bahan baku ataupun produknya - yang diluar system RBH ini, dan ini bisa diminimisasi dengan memproduksi RBH ini sebagai local fuels, yaitu bahan bakar yang diproduksi dan digunakan di daerah yang sama.

Reaktor RBH untuk memfasilitasi 3 rangkaian reaksi tersebut di atas bisa dibuat dalam skala kecil, dalam 1 kontainer 20 ft, sehingga bisa dihadirkan dimana saja green hydrogen jenis baru ini dibutuhkan.



131. Power and Emission To X

Bagi para pengelola pembangkit listrik, dua hal ini menjadi masalah besar. Masalah pertama adalah mismatch antara kebutuhan dan supply energy, dan yang kedua terkait pengendalian emisi.

Mismatch supply energi dengan kebutuhannya akan selalu terjadi oleh berbagai alasan, diantaranya adalah daya listrik terpasang memberikan supply listrik yang relatif stabil

sementara kebutuhan ada saat tinggi dan ada saat rendah. Mismatch juga bisa karena yang dibutuhkan masyarakat adalah energi dalam bentuk yang berbeda dengan supply yang ada. Kalau toh supply listrik berlebih, masyarakat tetap butuh BBM dan sebaliknya.

Masalah kedua terkait emisi, semua perusahaan besar dunia - apalagi perusahaan energi, wajib mengendalikan emisinya hingga akhirnya bisa mencapai net zero tahun 2050 untuk dunia, dan 2060 untuk Indonesia. Saat ini masih jauh dari 2050 apalagi 2060, namun otoritas keuangan di seluruh dunia sudah mewajibkan pelaporan keuangan berkelanjutan, agar mereka bisa ikut memantau dan mengendalikan upaya untuk penurunan emisi ini.

Kabar baiknya adalah, kami dari Advanced Renewable Organization (ARO) telah selesai dengan kajian kami dan bisa berbagi solusi yang komprehensif untuk dua masalah tersebut. Dengan produk yang kami sebut PETX (Power and Emission to X) reactor, masalah energy mismatch dan emisi akan teratasi sekaligus.

Ringkasnya adalah ketika beban listrik lagi rendah, excess capacity bisa digunakan untuk elektrolisa air mejadi Hydrogen (H₂). Hanya saja H₂ ini sulit sekali untuk disimpan maupun ditransportasikan karena butuh tekanan yang sangat tinggi 700 Bar atau suhu yang sangat rendah minus 253 derajat Celsius. Untuk mengatasi problem logistik ini, H₂ bisa diproses lebih lanjut menjadi bahan bakar seperti diesel, bensin, LPG dlsb.

Untuk ini butuh unsur C dalam bentuk gas CO, maka disinilah kesempatan kita untuk menangkap CO₂ dari emisi pembangkit dan merubahnya menjadi gas CO yang kita butuhkan. Gas CO bisa dihasilkan dari reaksi antara CO₂ dan C (reaksi 1 pada gambar), sedangkan C atau Carbon ini bisa diperoleh dengan pemberdayaan masyarakat sekitar untuk mengolah sampahnya menjadi arang.

Dibutuhkan rasio yang pas antara H₂ hasil elektrolisa dan CO hasil tangkapan carbon, agar keduanya bisa memberikan hasil yang maksimal ketika diroses menjadi bahan bakar tersebut di atas, melalui reaksi yang disebut Fischer-Tropsch Synthesis (FTS, reaksi 3). Untuk mengatur rasio H₂/CO yang pas inilah dibutuhkan reaksi bolak-balik yang disebut Water Gas Shift (reaksi 2). Bila yang kurang H₂, reaksi diarahkan ke kanan dan sebaliknya, bila yang kurang CO diarahkan ke kiri.

Untuk keseluruhan rangkaian reaksi-reaksi tersebut di atas tentu butuh teknologi yang sesuai, maka inilah penampakan PETX reactor yang kami rancang untuk mengatasi energy mismatch dan emisi tersebut di atas sekaligus.



132. Reactor for Energy Survival

Dari berbagai reaktor yang kami kenalkan sebelumnya, yang tidak kalah pentingnya adalah reaktor terbaru yang kami sebut Synthesis and Reforming Reversible Reactor (SR3) ini, dibanding dengan yang sebelumnya, inilah yang paling bisa menjadi energy survival reactor kita. Mengapa demikian?

Reaktor ini bisa untuk bongkar-pasang bahan bakar dari jenis yang satu menjadi jenis yang lain, menjadi semacam interface bila sumber bahan bakar yang kita miliki berbeda dengan bahan bakar yang kita butuhkan. Misalnya bila yang kita miliki minyak kualitas rendah dengan berbagai komposisi hydrocarbon yang ada di dalamnya, sedangkan yang kita butuhkan adalah bensin murni. Maka dengan SR3 ini minyak kualitas rendah tersebut kita reform menjadi CO dan H₂, setelah itu disintesa kembali menjadi rantai panjang hydrocarbon yang sesuai untuk bensin.

Bisa juga karena kita ingin melipat gandakan efisiensi konversi energi dari yang kita miliki. Misalnya yang kita punya bensin, tetapi efisiensi combustion engine berbahan bakar bensin ini hanya 25%, bagaimana menjadikannya 50% atau bahkan lebih ? Bensin direform menjadi H₂ dan CO (Syngas) kemudian CO-nya direaksikan lagi dengan Water Gas Shift (WGS) untuk mnejadi H₂ lagi, maka kita akan bisa menhasilkna H₂ sekitar 2.4 kali dari yang terkandung dalam formula bensin.

Tambahan H₂ sebesar 140%-nya berasal dari steam yang kita gunakan untuk reforming dan untuk WGS. Bila H₂ ini kita gunakan sebagai bahan bakar fuels cells, tingkat efisiensi konversi energinya akan lebih dari 2 kali lipat dari combustion engine bensin.

Yang istimewa dari reaktor SR3 ini adalah kemampuannya untuk memfasilitasi reaksi dua

arah sekaligus, yaitu yang pertama reaksi sintesa untuk membuat bahan bakar carbon rantai panjang seperti bensin dan diesel dari gas CO dan H₂, dan yang kedua adalah reaksi reforming, yaitu menguraikan kembali bahan bakar rantai panjang seperti bensin dan diesel, menjadi CO dan H₂.

Yang istimewa lagi kedua reaksi sintesa dan reforming tersebut bisa dibuat kedua-duanya eksotermis alias menghasilkan limbah energi dan tidak membutuhkan energi dari luar kecuali hanya di awal reaksi. Untuk sintesa kami gunakan reaksi Fischer-Tropsch yang memang aslinya sudah eksotermis, sedangkan untuk reforming kami gunakan Autothermal Reforming (ATR) - yaitu eksotermis yang direkayasa, kita bakar sebagian C untuk menghasilkan panas - partial oxidation (POX), hasil panasnya untuk melepas H₂ dari H₂O, dan H₂ ini memiliki energi yang 4 kali lebih besar dari C untuk satuan berat yang sama.

Dengan kemampuan seperti ini, akan sangat banyak potensi penggunaan SR3 ini kedepan. Diantaranya adalah untuk Hydrogen Fuels Cells yang dapat menggunakan bahan bakar diesel atau bensin - yang jauh lebih murah dan mudah membawanya. Bisa juga untuk merubah bahan bakar hydrocarbon dalam bentuk apa saja, menjadi bahan bakar kualitas tinggi yang kita butuhkan.



133. SDG, ESG dan LPG

Dua singkatan tiga huruf yang sangat populer di kalangan institusi dan korporasi beberapa tahun ini adalah SDG dan ESG. Dua hal terpisah sebenarnya, tetapi bisa saling support satu sama lain. Banyak target SDG yang bisa dicapai melalui penerapan ESG, seperti penurunan emisi, perbaikan lingkungan kerja, peningkatan pemerataan, keberagaman dan inklusi.

Namun karena keduanya butuh langkah konkrit yang mudah dipahami dan terukur

dampaknya, saya perkenalkan singkatan berikutnya - bukan singkatan baru tetapi akan mendongkrak pencapaian kedua singkatan sebelumnya di atas, yaitu LPG, khususnya BioLPG. Program BioLPG akan secara konkrit mempercepat pencapaian 10 SDGs dari 17 yang ada, dan dapat menjadi program ESG yang TSM - Terstruktur, Sistematis dan Masif.

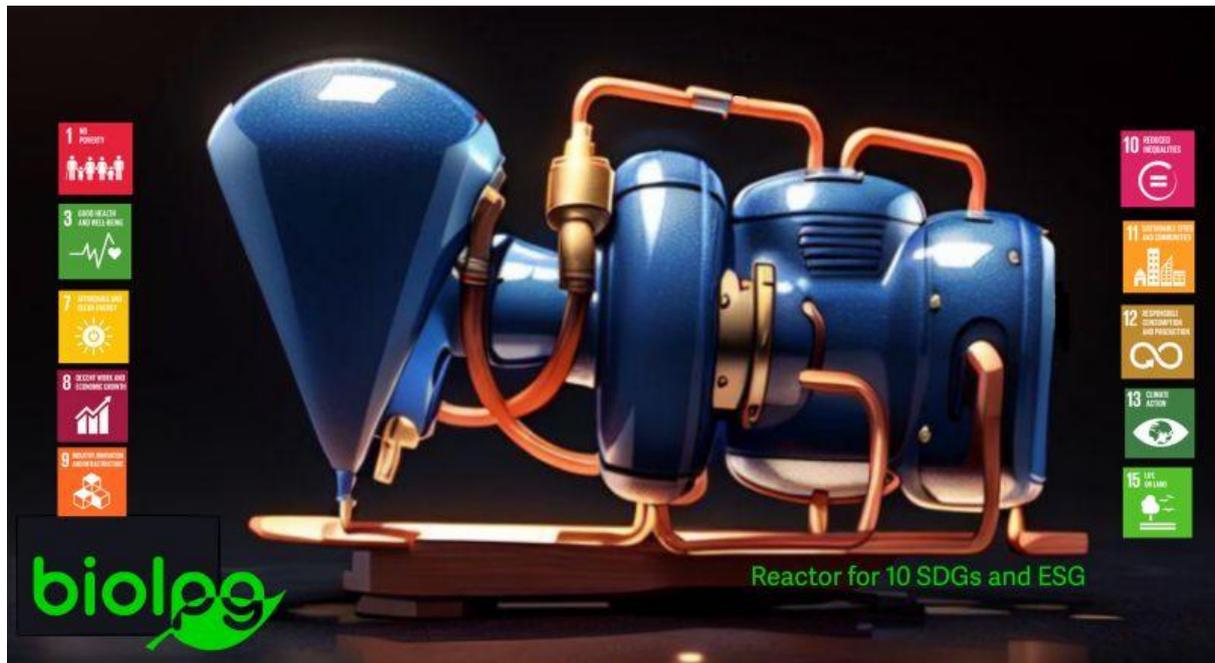
Produksi dan distribusi bahan bakar BioLPG yang melibatkan sumberdaya biomassa dari sampah dan limbah, oleh tenaga lokal akan menciptakan lapangan kerja dan pertumbuhan ekonomi daerah yang masif, sehingga mengeliminasi kemiskinan (SDG 1), memperbaiki kesejahteraan (SDG 3), menghadirkan energi bersih yang terjangkau (SDG 7), menciptakan lapangan kerja dan pertumbuhan ekonomi lokal (SDG 8), mendorong pertumbuhan industri (SDG 9), menurunkan kesenjangan (SDG 10), membangun masyarakat dan kota yang berkelanjutan (SDG 11), konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (SDG 12), menjadi aksi nyata untuk mencegah perubahan iklim (SDG 13) dan memperbaiki kehidupan di bumi (SDG 15).

Bagi korporasi di seluruh dunia yang sudah terkena peraturan standar pelaporan keuangan yang berkelanjutan atau yang dikenal dengan ESG, program BioLPG ini bisa sekaligus menjadi aksi nyata untuk environment dan social. Secara environment BioLPG bisa menjadi solusi pengolahan sampah yang tuntas, sekaligus menjadi sumber energi bersih carbon neutral yang mudah diukur, setiap 1 kg LPG dari petroleum digantikan dengan BioLPG, 3 kg CO2 di udara menjadi carbon neutral.

Secara social akan mendorong peningkatan Human Development Index (HDI) karena masyarakat akan terlibat langsung dalam kegiatan produksi dan distribusi BioLPG ini. Akan ada perbaikan pendidikan khususnya ketrampilan, lapangan kerja baru yang menyebar di perbagai daerah, dan perbaikan kesehatan melalui dua cara yaitu perbaikan lingkungan dan peningkatan daya beli produk kesehatan.

Meskipun konsep dan teknologinya dikembangkan di Depok-Jawa Barat- Indonesia, calon-calon pengguna awal program ini sudah bermunculan di seluruh dunia, yang mengenal program BioLPG melalui media ini. Karenanya program BioLPG ini akan bisa dihadirkan di berbagai belahan dunia secara serentak sehingga dampaknya terhadap SDGs dan ESG bisa masif.

Unit microplant standard dalam gambar di bawah bisa mengolah sampah hingga 24 ton per hari atau 1 ton per jam, dengan hasil BioLPG sekitar 3,600 kg per hari atau 150 kg per jam. Unit-unit seperti inilah yang akan kami gunakan untuk menghadirkan local fuels bagi seluruh belahan dunia ini.



134. Waste Heat Technology, Literally Hot!

Salah satu pekerjaan yang paling kreatif di dunia itu adalah pekerjaan para pemulung, ditangan merekalah segala sesuatu yang sudah dibuang oleh pemiliknya, segala sesuatu yang dipandang kebanyakan orang sebagai beban - bisa kembali menjadi aset yang berharga.

Di sanggar WastoE (Waste To Energy) yang dikelola Advanced Renewable Organization (ARO), mindset para pemulung yang cekatan merubah liability menjadi aset tersebut kita wujudkan dalam berbagai bentuk inovasi teknologi. Sudah saya perkenalkan sebelumnya misalnya adalah teknologi ASP (Autothermal Slow Pyrolysis) yang merubah sampah organic - yang oleh pemulung beneran-pun sudah tidak diambil, kembali menjadi aset berupa arang, sumber energi dasar yang bisa menjadi apa saja.

Ketika kita memikirkan untuk apa arang tersebut?, lahirlah teknologi berikutnya, yaitu OCCYRE - Onboard Carbon Cycle for Regenerative Energy, inti dari OCCYRE ini adalah menggunakan arang yang sudah diaktivasi dan difungsionalisasi untuk menangkap emisi CO₂. Reaksi antara arang dan CO₂ akan menghasilkan gas CO, yaitu building block untuk segala bentuk enrgi yang kita butuhkan.

Tetapi CO butuh pendamping lain, yaitu H₂. Darimana H₂ ini bisa kita peroleh?, Bisa dari arang langsung, atau menggunakan gas CO untuk reaksi Water Gas Shift (WGS) untuk menghasilkan H₂. Keduanya menghasilkan H₂ yang murah dan konsumsi energi untuk proses yang juga murah.

Kelemahannya satu, yaitu ketika sebagian arang atau gas CO kita gunakan untuk memproduksi H₂, otomatis unsur C yang sebenarnya juga kita butuhkan untuk sintesa

bahan bakar dari jenis hydrocarbon seperti bensin dan diesel, maupun oxygenate seperti ethanol dan methanol - berkurang, karena berkurang C-nya ini produk akhir bahan bakar juga berkurang. Bagaimana kita bisa peroleh H₂ dari sumber lain yang murah tanpa harus megorbankan arang atau gas CO?

Dari sinilah lahir teknologi ke 3 yang kami kenalkan sebagai ORISYS dari Organic Rankine System, yaitu teknologi untuk menangkap limbah atau emisi lain yang begitu banyak di industri maupun komersial dan baru sangat sedikit yang dimanfaatkan, yaitu limbah panas.

Jadi ORISYS yang penampakannya seperti pada gambar di bawah, fungsinya untuk menangkap limbah panas dan merubahnya menjadi listrik, listriknya bisa digunakan untuk elektrolisa air menjadi H₂. Karena sumber listriknya dari limbah panas yang selama ini dibuang, produksi H₂ dengan cara ini juga murah, ramah lingkungan, tidak menambah emisi carbon, dan tidak perlu mengorbankan arang maupun CO.

Apa jadinya kalau tiga teknologi tersebut digabung? gabungan dari ASP, OCCYRE dan ORISYS akan memungkinkan kita mengolah sampah, emisi CO₂ dan limbah panas secara keseluruhan dan sekaligus menjadi bahan bakar yang kita butuhkan, baik berupa bensin, diesel, LPG, methanol, ethanol dlsb., dengan tingkat produktifitas yang tinggi, karena semua sampah, limbah dan emisi diolah menjadi produk dan tidak ada yang dikorbkan atau diabaikan.



135. Semua Negara Bisa Mandiri Energi

Seperti sebuah keluarga besar, awalnya kami hanya membuat dua mesin yang memenangkan Climate Impact Innovation Challenge (CIIC) ASEAN 2023, mesin tersebut adalah Autothermal Slow Pyrolysis (ASP) yang fungsinya untuk mengkarbonisasi sampah dan limbah, dan mesin FlueTrap - penangkap emisi agar mesin pertama ASP tidak mencemari atmosfer bumi.

Dari dua mesin tersebut lahir mesin ketiga yaitu OCCYRE (Onboard Carbon Cycle for Regenerative Energy), fungsinya adalah mereaksikan C dari ASP dan CO₂ dari FlueTrap untuk menghasilkan energi baru yang disebut syngas - synthetic gas. Produk OCCYRE ini adalah syngas yang kaya akan CO, CO>H₂. Untuk meningkatkan kualitas syngas ini menjadi syngas yang kaya akan H₂, H₂>CO butuh mesin lagi, maka lahirlah mesin keempat yang kami sebut XH₂ - Extra High Hydrogen.

Ada dua keluaran XH₂, yaitu syngas yang kaya hydrogen, dengan rasio H₂/CO>2 dan emisi CO₂. Emisi CO₂ ini kami tangkap kembali dengan FlueTrap dan menjalani siklus barunya menghasilkan syngas lagi dan hydrogen lagi. Dari sinilah istilah baru Regenerative Energy kami perkenalkan, yaitu energi baru yang dihasilkan oleh pemanfaatan emisi dari penggunaan energi sebelumnya.

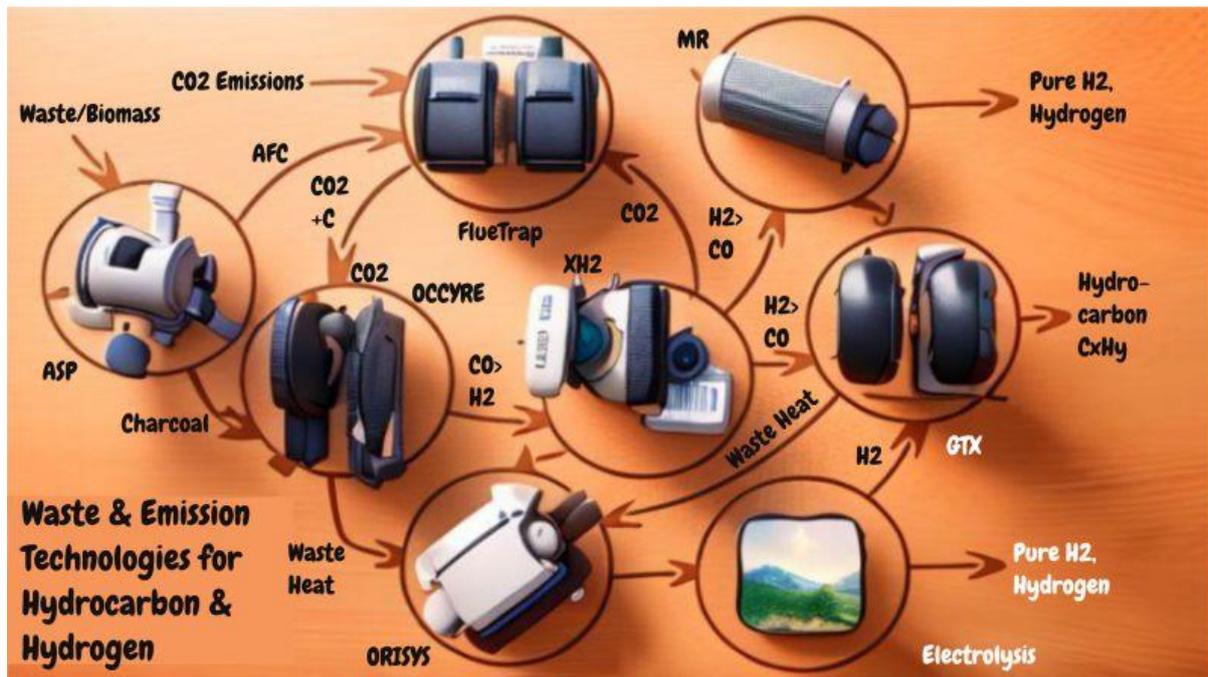
Keluaran dan XH₂ yang berupa syngas dengan H₂/CO>2 adalah feedstock untuk mesin kelima yang kami sebut GTX, Gas To X, intinya merubah syngas menjadi bahan bakar yang kita butuhkan berupa diesel, bensin, Jet-fuel maupun LPG. Bila dikehendaki keluaran dari XH₂ juga bisa diproses menjadi hydrogen murni, untuk ini butuh mesin keenam yang kami sebut membrane reactor (MR).

Dari rangkian tersebut di atas, ada tiga mesin yang menghasilkan limbah panas tinggi yaitu OCCYRE, XH₂ dan GTX. Agar limbah panas ini juga termanfaatkan lahirlah mesin ke 7 yang kami kenalkan kemarin sebai ORISYS - Organic Rankine System, intinya merubah limbah panas menjadi energi listrik.

Selain untuk memenuhi kebutuhan listrik pada system keseluruhan agar mandiri energi, kelebihan dayanya dapat untuk meng-elektrolisa air menjadi hydrogen murni. Hydrogen murninya bisa untuk menambah sumber H₂ pada GTX ataupun digunakan sebagai energi H₂ murni.

Dari ekosistem teknologi-teknologi yang merubah sampah dan emisi menjadi energi tersebut, kita bisa lihat bahwa sumber bahan baku seluruh bahan bakar yang kita gunakan saat ini ternyata ada di sampah dan emisi. Bahan bakar kita intinya hydrocrabon, hanya butuh unsur carbon dan hydrogen. Carbonnya bisa dari sampah/biomassa, emisi CO₂ dari luar system, maupun emisi dari system itu sendiri. Sedang hydrogen bisa diperoleh melalui dua cara, yaitu dari gas CO yang diproses melalui XH₂ dan dimurnikan melalui MR, atau bisa juga dari elektrolisa air dari listrik yang dihasilkan oleh limbah panas.

Selama masih ada sampah/biomassa, ada emisi CO₂ dan ada air, maka kita akan selalu bisa memproduksi regenerative fuels ini, baik berupa diesel, bensin, jet-fuel, LPG dan bahkan juga hydrogen murni, dianapun kita membutuhkannya. Semua negara bisa mandiri energi!



136. Potensi Di Balik Hukum Kekekalan Energi

Sejak SMA dahulu kita belajar tentang hukum kekekalan energi atau juga disebut Hukum Termodinamika 1, bunyinya kurang lebih "Dalam sistem yang terisolir, energi tidak bisa diciptakan ataupun dimusnahkan, energi hanya berubah bentuk dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya". Sayangnya, hukum yang diyakini kebenarannya ini, belum banyak dimanfaatkan apa yang tersirat di dalamnya.

Diantara yang tersirat itu adalah pemanfaatan energi setelah berubah bentuk dari energi sebelumnya. Bila bahan bakar diesel atau bensin dibakar dalam internal combustion engine misalnya, hanya sebagian kecil sekitar 25%-30% yang dimanfaatkan sebagai energi gerak (untuk kendaraan misalnya) ataupun listrik (untuk power generation), sebagian besarnya kemana energi ini?

Sebagian besarnya menjadi energi panas yang mayoritasnya masih terbuang sia-sia. Di ruang mesin mobil Anda ada energi panas yang luar biasa, pun demikian di lingkungan pembangkit listrik dan pabrik-pabrik. Energi yang terbuang begitu besar dan dianggap sebagai liability, panas yang harus didinginkan, padahal panas intinya adalah bentuk energi yang merupakan jelmaan dari mayoritas energi yang semula berbentuk bahan bakar bensin, diesel, dlsb.

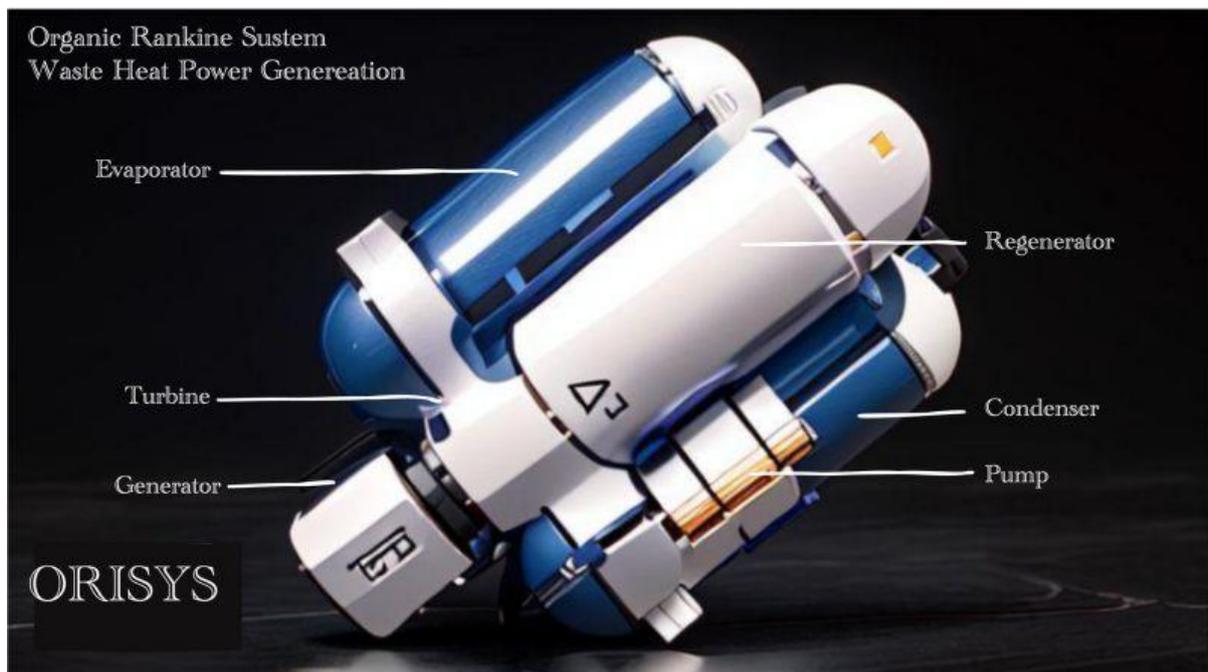
Mengapa energi panas yang melimpah tersebut selama ini belum termanfaatkan? Salah satunya karena persepsi kita bahwa sumber energi adalah murah, akan selalu ada dan baik-baik saja - tidak merusak lingkungan dlsb., maka kita tidak akan mau berepot-repot menangkap energi panas ini dan memanfaatkannya kembali.

Masalahnya sekarang adalah energi fosil yang kita anggap akan selalu ada ini ternyata tidak sustainable, harganya terus meningkat, dan ketersediannya bisa dengan mudah terganggu oleh gejolak geopolitik global. Selagi ada-pun harus kita hemat penggunaannya karena besarnya emisi CO2 yang dikeluarkan oleh energi fosil ini.

Tetapi untuk bisa menangkap dan memanfaatkan energi panas yang selama ini terbuang sia-siap tersebut di atas butuh mesin yang praktis, mudah digunakan dan efektif dalam penangkapan panasnya. Untuk inilah kami lahirkan mesin konversi energi panas menjadi listrik yang kami sebut ORISYS, singkatan dari Organic Rankine System.

Meskipun hasil utama dari ORISYS ini adalah listrik, bila ORISYS digunakan bersama rangkaian reaktor kami sebelumnya yang kami sebut PETX (Power and Emission To X), maka listrik ini kemudian akan bisa disimpan dalam bentuk bahan bakar semula seperti bensin, diesel, LPG dan bahkan juga Hydrogen.

Karena energi tidak bisa dimusnahkan atau diciptakan dan hanya berubah bentuk, maka bila kita mastering perubahan bentuk energi dan teknologi-teknologi yang dibutuhkannya, insyaAllah kita akan selalu ketemu bentuk energi baru yang tiada habisnya.



137. Waste, Heat and Emission Valorization

Tiga sumber daya ini rata-rata masih menjadi beban yang harus dibuang oleh industri, yaitu sampah atau limbah, limbah panas dan emisi. Padahal tidak ada benda apapun dari ciptaanNya di muka bumi ini yang sia-sia, selalu bisa diambil manfaatnya oleh orang-orang yang terus mengingatNya dan memikirkan ciptaanNya (QS 3:191). Tetapi bagaimana mempraktekan petunjukNya ini?

Di jaman ini tentu lebih mudah dipraktekkan karena berbagai ilmu pengetahuan dan

teknologi telah berkembang demikian pesatnya, tinggal pandai-pandai kita memanfaatkannya. Meskipun kedepannya juga dimungkinkan untuk menggunakan teknologi-teknologi biochemical dan electrochemical, di Advanced Renewable Organization (ARO) sejauh ini kami baru menggunakan teknologi thermochemical untuk mengolah sampah, limbah panas dan emisi CO₂.

Dengan konfigurasi pada gambar di bawah misalnya, kita sudah bisa mengolah tiga liability tersebut menjadi aset yang berharga. Yang paling depan (kiri) adalah reaktor XH₂M (Extra High Hydrogen and Membrane), untuk mengolah sampah dan emisi menjadi high quality syngas yang kaya akan hydrogen.

Syngas dengan rasio H₂/CO >2 ini akan bisa diolah dengan reaktor yang paling kanan GTX (Gas To X) untuk menjadi energi yang tersimpan dalam bentuk bahan bakar apa saja yang kita kehendaki, utamanya dari jenis hydrocarbon seperti bensin, diesel, jet-fuel maupun LPG.

Diantara reaktor XH₂M dan GTX kami sisipkan ORISYS (Organic Rankine System) untuk menangkap limbah panas dari keduanya. Reaksi utama XH₂M adalah water Gas Shift (WGS), sedangkan GTX reaksi utamanya adalah Fischer-Tropsch Synthesis (FTS), keduanya adalah eksotermik - yaitu mengeluarkan panas.

Limbah panas inilah yang bisa menjadi sumber energi berikutnya yang tiada habisnya, selama reaksi WGS dan FTS terus berjalan, selama itu pula ada energi dari limbah paas yang bisa dimanfaatkan. Unuk apa pemanfaatannya? yang paling mudah adalah dirubah menjadi energi listrik, dan listrik inilah yang diproduksi oleh ORISYS dari limbah panas tersebut di atas.

Lantas untuk apa listrik yang dihasilkan ini?, sebagian kecilnya dimanfaatkan oleh proses itu sendiri, sedangkan sebagian besarnya bisa dijual dalam bentuk listrik atau diolah menjadi produk yang lebih berharga lagi. Dari listrik yang dihasilkan dengan murah oleh limbah panas ini, bisa pula dihasilkan hydrogen melalui elektrolisa air - hasilnya green hydrogen yang murah karena listriknya dari limbah panas.

Harga jual listrik di seluruh dunia hanya berkisar US\$ 0,1/kWh, sementara harga bahan bakar hydrocarbon di kisaran US\$ 1,15/kg dan hydrogen bahkan di atas US\$ 6/kg. Itulah fungsi dua reaktor yang mengapit di kiri dan kanan ORISYS. Yang di kiri (XH₂M) bisa mengolah kombinasi turunan sampah, limbah panas dan emisi ini menjadi hydrogen murni, sedangkan yang di kanan (GTX) untuk menjadikannya bahan bakar hydrocarbon seperti bensin, diesel, jet-fuel dan LPG tersebut di atas. Tidak ada yang sia-sia dari ciptaanNya!

Waste and Emission To X



138. Menangkap Carbon Dengan Sampah Dan Limbah

Carbon capture hingga kini masih menjadi solusi yang mahal untuk membesihkan atmosfer bumi dari cemaran emisi CO₂, karenanya banyak cerobong asap dari pembangkit listrik dan industri yang masih terus dibiarkan dengan derasnya melepaskan emisi CO₂ ke angkasa.

Untuk akselerasi dekarbonisasi, setidaknya dibutuhkan dua hal. Pertama adalah biaya carbon capture yang rendah dan pemanfaatan hasil tangkapannya yang bernilai tinggi. Bila dua hal ini terpenuhi, kegiatan carbon capture and utilization (CCU) tidak akan lagi mejadi cost centre bagi industri, CCU bahkan bisa menjadi profit centre.

Ketika CCU menjadi profit centre, maka industri akan dengan sendirinya mau rame-rame melakukan CCU ini dan penurunan emisi CO₂ dapat terakselerasi dengan cepat. Ada dua cara penangkapan carbon yang dari hasil kajian kami bisa dilakukan dengan biaya yang murah.

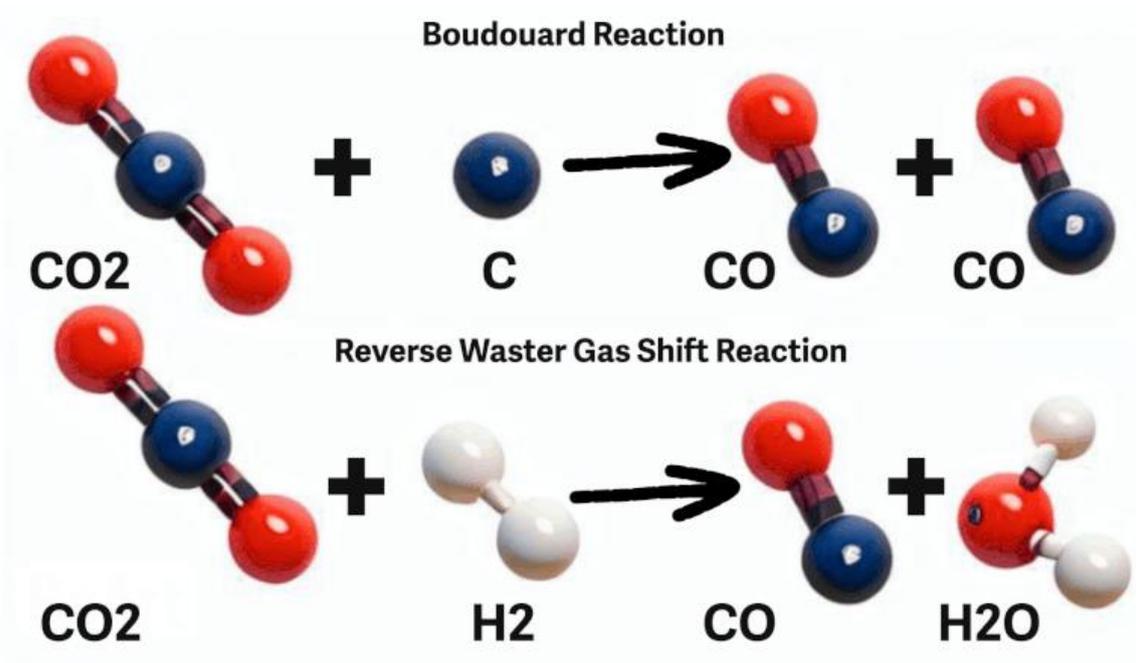
Pertama menggunakan carbon dari hasil karbonisasi sampah, karena carbon atau arang dari sampah ini murah, dan hanya butuh sekitar 270 gram arang untuk menangkap 1 kg CO₂, maka biaya penangkapan CO₂ dengan cara ini akan murah. Kedua menggunakan hydrogen, hydrogen yang pada umumnya mahal, bisa diproduksi dengan murah bila listrik untuk elektrolisa diperoleh dengan murah atau bahkan gratis, dan ini dimungkinkan bila sumber energi listrik berasal dari pemanfaatan limbah panas. Dua reaksi kimia di bawah adalah proses penangkapan carbon yang low cost ini.

Kedua cara penangkapan CO₂ dengan carbon dan dengan H₂ tersebut keduanya menghasilkan gas CO, yaitu komponen utama syngas. Syngas ini adalah produk energi yang murah karena kalorinya juga rendah. Namun dari gas CO ini bisa diproduksi segala bentuk

bahan bakar yang kita gunakan seperti diesel, bensin, LPG dan bahkan juga untuk menghasilkan hydrogen lagi.

Ada 3 reaktor yang dibutuhkan untuk program CCU - penangkapan carbon dan pemanfaatannya menjadi produk bernilai tinggi tersebut. Pertama reaktor OCCYRE (Onboard Carbon Cycle for Regenerative Energy) untuk memfasilitasi Boudouard reaction. Kedua reaktor XH2 (Extra High Hydrogen), untuk reaksi Reverse Water Gas Shift (RWGS), atau membalik arah reaksi Water Gas Shift (WGS). Dan ketiga reaktor GTX, untuk merubah gas CO dan H2 dalam rasio yang tepat menjadi bahan bakar hydrocarbon tersebut di atas.

Berawal dari dua reaksi Boudouard dan RWGS tersebut, emisi CO2 yang selama ini menjadi kambing hitam pemanasan global, perubahan iklim, cuaca ektrim dan berbagai musibah demi musibah, mestinya saat ini sudah harus bisa ditangani dengan cepat, terstruktur, sistematis dan masif, karena penangkapan CO2 dengan sampah dan limbah panas ini bisa menjadi profit centre tersendiri bagi industri yang mau mulai melakukannya.



139. CCU Profit Centre

Bahwasanya industri-industri global masih mau memilih membayar carbon credit yang mahal, itu antara lain karena memang pada umumnya butuh biaya yang mahal untuk menurunkan emisi ini. Bila carbon credit laku dijual di kisaran \$30 - \$90 per ton CO2e di negara-negara industri, itu juga karena menurunkan 1 ton CO2e masih lebih mahal dari harga carbon credit tersebut.

Bagaimana kalau kita bisa membuat dekarbonisasi ini bukan lagi cost centre melainkan profit centre? Industri dengan sendirinya akan mau beramai-ramai melakukan dekarbonisasinya sendiri. Well, tentu tidak semua akan melakukannya sendiri karena berbagai alasan, oleh karenanya carbon credit market akan tetap dibutuhkan

keberadaannya.

Bagi industri yang mau mengadopsi Carbon Credit and Utilization (CCU)-nya sendiri, dan tidak ingin program ini menjadi beban perusahaan - malah bisa menjadi profit centre sendiri, maka inilah salah satu roadmap-nya.

Pertama emisi CO₂ ditangkap dengan apa yang kami sebut AFC (Activated and Functionalized Carbon), keduanya kemudian diproses dalam reaktor Boudouard yang kami sebut OCCYRE (Onboard Carbon Cycle for Regenerative Energy), $\text{CO}_2 + \text{C} \Rightarrow 2\text{CO}$, langkah pertama ini sudah merubah emisi CO₂ menjadi bahan bakar.

Bila 1 ton CO₂ diproses dengan cara ini, listrik yang dihasilkan akan berkisar, 1,200 kWh, ini hasil pertama CCU ini. Tetapi dengan membakar gas CO untuk listrik, CO₂ baru akan muncul dua kalinya, yaitu menjadi 2 ton. Tahap kedua CO₂ keluaran dari langkah pertama ditangkap lagi dengan reaktor OCCYRE yang sama, namun kali ini tidak dibakar, melainkan ditingkatkan kualitasnya melalui Water Gas Shift (WGS) agar rasio H₂/CO meningkat menjadi H₂/CO₂>2.

Selanjutnya H₂-rich syngas tersebut direaksikan dalam reaktor GTX (Gas To X) untuk menjadi LPG atau bahan bakar hydrocarbon lainnya. Hasilnya akan berkisar 200 kg bahan bakar. Proses WGS dan GTX keduanya eksotermis, mengeluarkan panas. Bila panasnya ditangkap dan dirubah menjadi listrik lagi masih akan menghasilkan energi minimal 600 kWh.

Di sisi cost, CCU 1 ton atau 1000 kg CO₂ ini akan butuh 1,175 kg arang, untuk menghasilkan 1,800 kWh listrik, dari 1,200 kWh tahap 1 dan 600 kWh tahap 2, dan 200 kg bahan bakar tersebut di atas. Dengan harga jual listrik sekitar \$ 0,10/kWh, bahan bakar sekitar \$1,15/kg dan arang sekitar \$0,2 /kg, penyusutan mesin setara sekitar 20 kg bahan bakar, maka kita telah merubah CCU yang semula cost centre menjadi profit centre.

Masih ada 1 masalah yang perlu diselesaikan lagi, yaitu bahan bakar yang dihasilkan tersebut akan keluar emisi ketika dibakar, emisinya adalah carbon-neutral bila CO₂ yang ditangkap dari pembakaran biomassa, tetapi emisi positif bila CO₂ yang ditangkap dari pembakaran fosil. Apa solusinya?

Surplus dari CCU ini bisa banyak digunakan untuk kegiatan yang pro-lingkungan lainnya, seperti penanaman pohon di daerah gersang, pengembangan teknologi material yang memanfaatkan emisi CO₂, dan berbagai program green economy lainnya.



140. BioTherm : Solusi Menyeluruh Untuk Energi dan Emisi

Tidak ada yang pernah merugi dengan berbagi, filosofi ini juga berlaku dalam sains dan teknologi. Karena kami sering share hasil R&D kami di Advanced Renewable Organization (ARO), sering kami mendapatkan akselerasi penguasaan sains dan teknologi dari para pembaca tulisan kami.

Salah satunya yang sangat significant adalah kontribusi teknologi dari [Tagar#PhotosyntheticRegeneration](#) (PR), dengan kontribusi mereka ini, solusi masalah energi dan emisi yang selama ini kami kembangkan fokus pada thermochemical technology, kini telah dilengkapi dengan bioteknologi khususnya pada seluk beluk teknologi yang terkait microalgae.

Melalui synergi dengan PR ini misalnya, kita bisa memberikan solusi yang menyeluruh dan komprehensif untuk menangani masalah-masalah yang terkait dengan energi dan emisi. Skema solusi dibawah yang kami sebut BioTherm ini sekarang siap untuk diadopsi untuk solusi energi dan emisi di seluruh dunia.

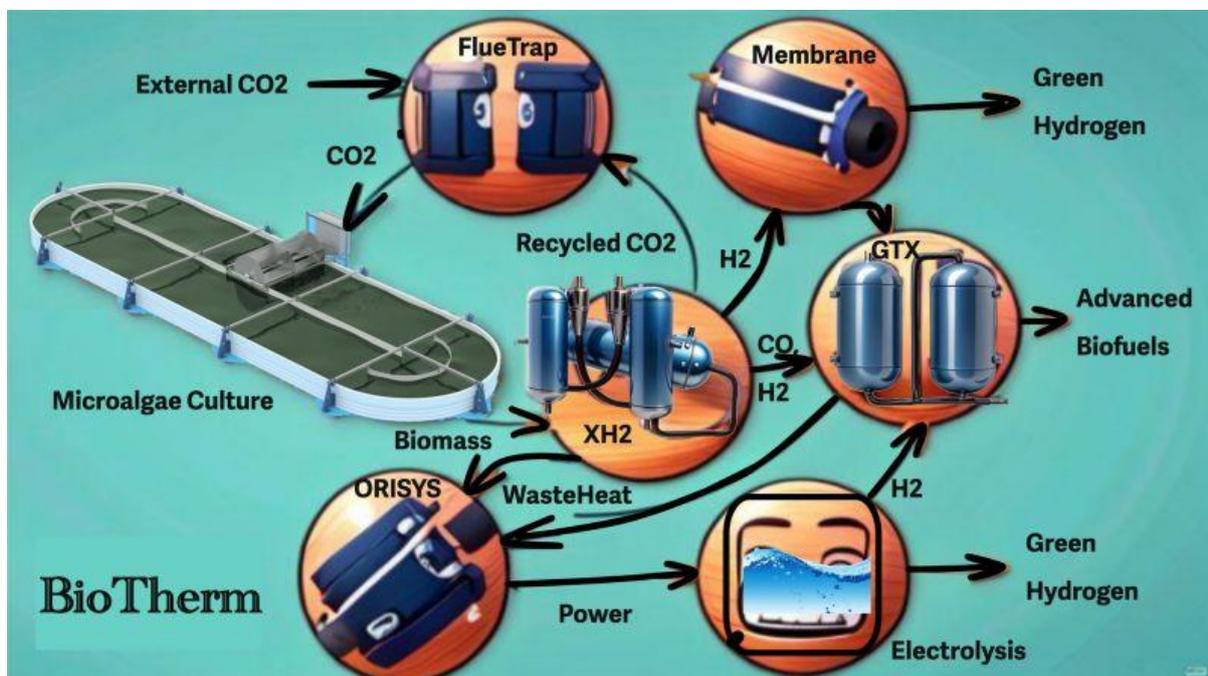
Bisa mulai dari industri-industri yang masih sangat banyak mengeluarkan emisi, pertama flue gas Anda bisa kami tangkap dengan teknologi FlueTrap kami, kemudian hasilnya setelah melalui treatment yang sesuai, diumpankan ke budidaya microalgae yang sudah sangat matang karya dari [Tagar#PhotosyntheticRegeneration](#) (PR) tersebut di atas, jadi kita tidak perlu lagi reinvent the wheel, orang lain sudah bisa melakukannya dengan sangat baik - tinggal kita pakai.

Biomassa hasil dari budidaya microalgae tersebut kemudian dapat langsung kami olah dengan reaktor XH₂ (Extra High Hydrogen) kami tanpa perlu pengeringan, dalam bentuk

microalgae slurry justru sangat efektif bila kami jadikan XH2 feedstocks. Hasilnya akan langsung berupa syngas yang kaya akan hydrogen. Dari sini bisa langsung diumpangkan lagi ke reaktor GTX kami untuk menjadi Advanced Biofuels standarnya RED II Uni Eropa. Bisa berupa green diesel, gasoline, LPG maupun Jet-Fuel.

Bila dikehendaki, kita juga bisa hasilkan green hydrogen yang benar-benar green dari BioTherm ini. Ada dua cara produksi green hydrogen melalui system ini, yaitu yang pertama syngas hasil XH2 yang diumpangkan ke Membrane Reactor (MR) untuk dimaksimalkan lagi hasil hydrogennya serta dimurnikan, dan yang kedua melalui pemanfaatan waste heat dari XH2 maupun GTX reactors, yang dikonversi menjadi listrik menggunakan ORISYS, dan kemudian listriknya digunakan untuk elektrolisa air menjadi H2 dan Oksigen. Keduanya sangat green!

Solusi yang merupakan hasil kolaborasi global ini kini siap untuk melayani kebutuhan energi sekaligus mengatasi masalah emisi di seluruh dunia. Peminat teknologi ini bisa menghubungi kami di social media ini atau melalui mitra kami di Amerika Serikat, [Garrett Smith, P.E.](#), yang juga bisa dikontak dari media social ini.



141. Energi Jaman Perang

Tepat 80 tahun lalu, di puncak Perang Dunia II, kurang lebih setahun sebelum akhirnya Jerman menyerah pada tentara sekutu, Jerman sudah kehabisan bahan bakar. Tetapi banyak orang pintar di negeri itu dari dahulu, mereka bisa membuat bahan bakar dari batu bara dengan teknologi yang proven hingga saat ini, Fischer-Tropsch Synthesis. Bahkan rakyat biasa bisa membuat sendiri system gasifikasi untuk digendong di mobil-mobil mereka, karena bahan bakar sangat langka dan kalau ada juga mahal sekali.

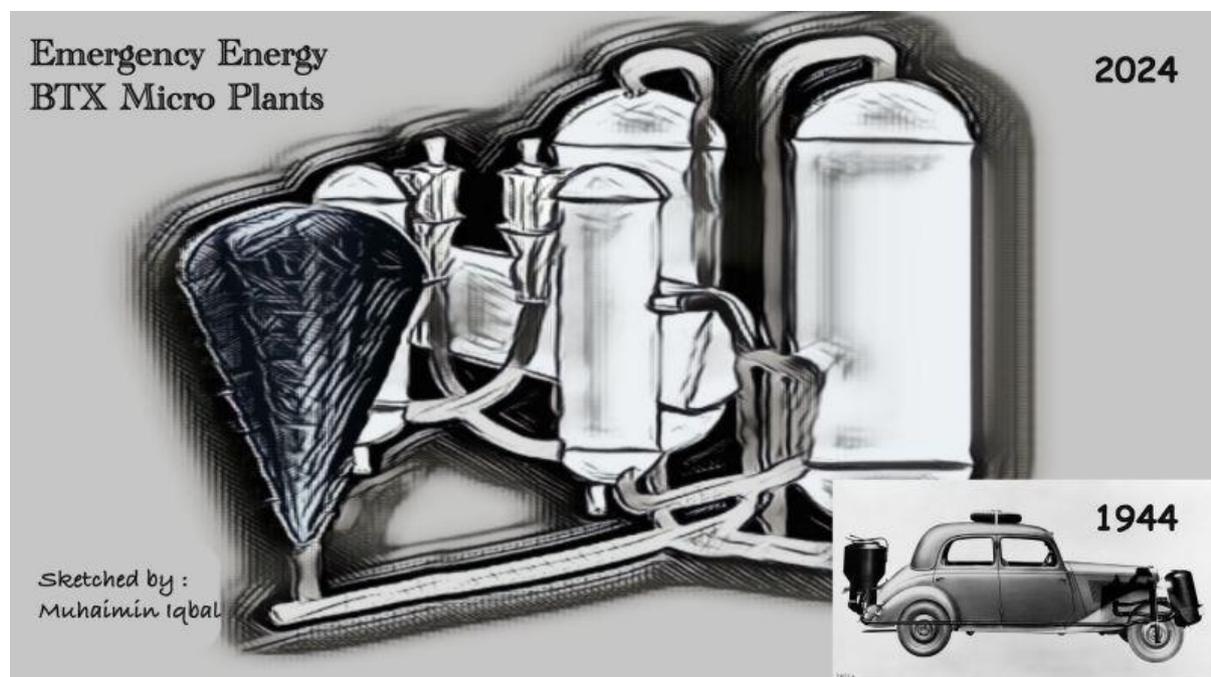
Kini 80 tahun kemudian, dunia juga terancam Perang Dunia III, kali ini kalau benar-benar terjadi - mudah-mudahan tidak! justru epicentrum-nya ada di Timur Tengah, di mana pusat produksi minyak dunia berada di sini, juga jalur utama perdagangan minyak dunia harus melalui daerah ini. Artinya apa ini? Supply minyak dan gas di seluruh dunia bisa tiba-tiba menjadi langka.

Lantas persiapan apa yang bisa dilakukan oleh masyarakat dunia untuk menghadapi situasi yang sangat tidak dikehendaki tetapi juga sangat mungkin terjadi ini? Kembali kita bisa belajar dari Jerman, khususnya teknologi Fischer-Tropsch Synthesis (FTS)-nya.

Teknologi dari abad lalu tersebut sangat mungkin kita produksi dalam skala kecil saat ini, sketsa saya kurang lebih seperti pada gambar di bawah. System FTS yang saya sebut BTX (Biomass To X) skala mikro ini bisa memproduksi bahan bakar apa saja yang kita butuhkan, seperti diesel, bensin dan LPG, dari biomassa apapun yang ada di sekitar kita.

Dalam kondisi normal ketika dunia baik-baik saja, mungkin hanya masyarakat atau proyek di remote area dimana energi langka atau mahal yang butuh solusi semacam ini, atau bisa juga masyarakat yang sudah butuh green energy yang benar-benar bebas fosil. Tetapi ketika dunia terancam perang besar berikutnya yang bisa menjadi Perang Dunia III, masyarakat atau komunitas-komunitas di seluruh dunia perlu segera berjaga-jaga untukantisipasi bila sesuatu yang tidak kita kehendaki itu benar-benar terjadi.

Kami dari Advanced Renewable Organization (ARO) bersedia berbagi untuk seluk beluk teknologi ini, selagi akses internet masih baik-baik saja. Tidak ada ruginya untuk selalu sedia payung sebelum hujan!



142. Bahan Bakar Yang Tidak Harus Dibakar

Era transisi energi dari fosil ke energi carbon neutral akan bisa win-win bagi semua stakeholders, salah satunya bila hal ini dilakukan. Yaitu bahan bakar fosil baik minyak hydrocarbon maupun batubara tidak lagi dibakar, melainkan digunakan sebagai carrier untuk energi bersih berupa hydrogen.

Stakeholder industri fosil tetap diuntungkan karena minyak, gas dan batubara yang mereka produksi terus bisa dipakai sampai habis, sementara bagi masyarakat umum yang merupakan stakeholder energi bersih juga akan mendapatkan energi bersihnya secara lebih cepat.

Ini bisa dicapai bila penggunaan energi fosil tidak lagi harus dibakar, atau dengan kata lain CO₂ dari fosil ditangkap sebelum terjadinya pembakaran, dikenal sebagai pre-combustion carbon capture. Solusi ini merupakan gabungan antara teknologi Steam Gasification, Water Gas Shift (WGS) dan Reforming karya Advanced Renewable Organization (ARO), dan budidaya algae intensif karaya [Tagar#PhotosyntheticRegeneration](#) (PR).

Cara kerjanya untuk fosil berupa batubara dan hydrocarbon ada pada gambar di bawah. Untuk batubara, digasifikasi dengan udara dahulu untuk menghasilkan syngas, kemudian syngas yang semula kaya akan CO dan sedikit sekali H₂, dikonversi menjadi H₂ seluruhnya melalui WGS. Namun proses WGS ini selain memproduksi hydrogen juga akan menghasilkan CO₂, maka disinilah pentingnya teknologi Algae tersebut di atas.

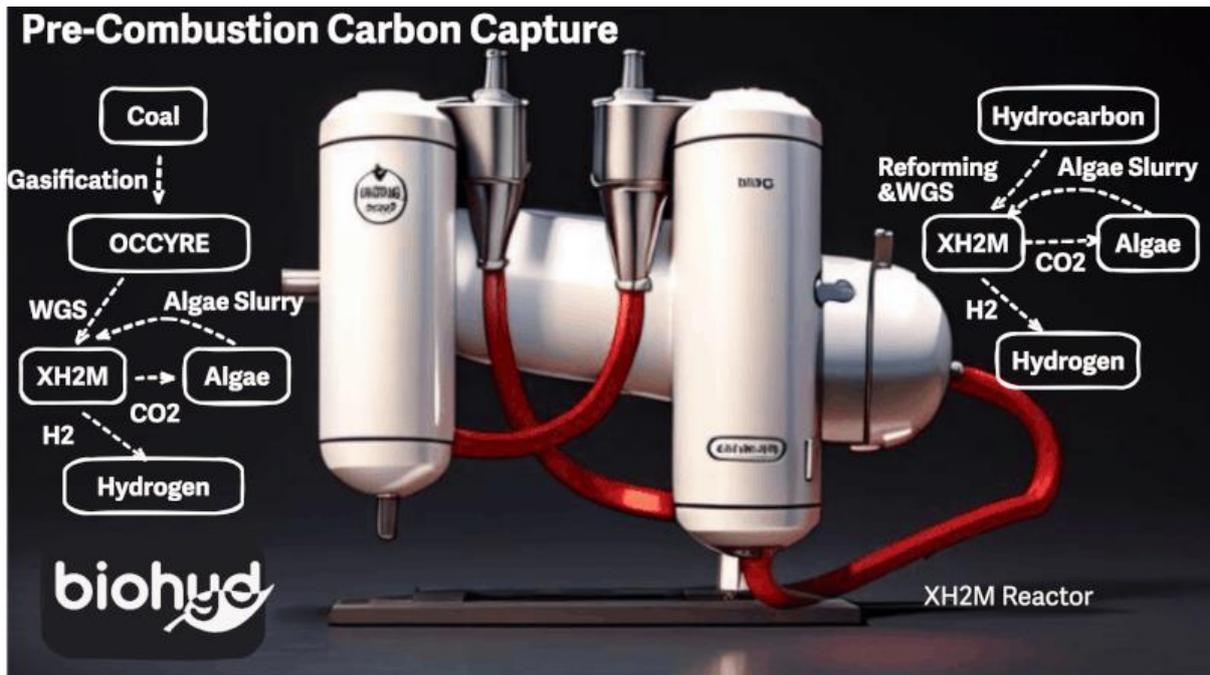
CO₂ diumpankan ke budidaya algae, dan hasilnya adalah algae slurry - yang bisa langsung diumpankan ke reaktor XH₂M untuk memproduksi H₂ dan CO lagi melalui steam gasification, CO kemudian dirubah menjadi H₂ dan CO₂ melalui WGS kembali, begitu seterusnya system ini berjalan, terus menghasilkan hydrogen, sedang CO₂-nya selalu ditangkap kembali dan menjadi bahan bakar lagi secara regeneratif melalui algae.

Untuk bahan bakar hydrocarbon, baik minyak bumi maupun gas alam, prosesnya lebih sederhana karena langsung ke reforming dan WGS. Awalnya minyak dan gas direform di dalam reaktor XH₂M, untuk menjadi CO dan H₂. Kemudian secara simultan CO direaksikan dalam WGS untuk menjadi H₂ dan CO₂, inilah dua produk akhirnya.

Namun karena kita hanya butuh H₂ sebagai bahan bakar yang bersih, maka CO₂ ditangkap kembali untuk proses fotosintesa budidaya algae. Apakah H₂ yang dihasilkan dengan cara ini green?

Untuk adilnya, bisa jadi tidak semua green tetapi sebagian besarnya adalah green, Mengapa demikian? Untuk H₂ yang pertama hasil gasifikasi batubara dan proses WGS, atau dari hydrocarbon yang melalui reforming dan WGS - dia disputable. Karena sebenarnya masih keluar CO₂, hanya saja kita tangkap kembali sepenuhnya.

Porsi kedua yang dari algae slurry, melalui steam gasification dan WGS mejadi Hydrogen dan CO₂ yang ditangkap kembali, yang ini mestinya sepenuhnya green. Selain tidak ada emisi yang keluar, fotosintesa tanamannya-pun menggunakan CO₂ yang ditangkap dan digunakan - Carbon capture and Utilization atau CCU system ini sendiri.



143. CO2-Driven Methanol Economy

Ketika persepsi kita tentang emisi CO2 bisa kita rubah, dari melihatnya sebagai sumber masalah menjadi sumberdaya, maka satu demi satu produk kolosal akan bisa dilahirkan dari CO2 ini, untuk produksi methanol adalah salah satunya.

Kebutuhan methanol ini sangat besar, selama ini sumbernya adalah gas alam, batu bara dan bisa juga minyak bumi. Namun sumber yang tradisional ini selain semakin langka juga semakin mahal, tidak semua negara atau daerah memilikinya, sedang kebutuhannya terus tumbuh. Dantara kebutuhan yang sangat besar methanol ini di Indonesia adalah untuk produksi biodiesel, karena sekitar 25% bahan biodiesel itu dari methanol.

Methanol saat ini juga sudah dilirik untuk menjadi bahan bakar masa depan dengan menggunakan teknologi fuels cells, baik yang Reformed Methanol Fuel Celss (RMFC) maupun yang Direct Methanol Fuel Cells (DMFC). Bahkan salah satu pelayaran terbesar dunia sudah mencanangkan kapal-kapal barunya juga dirancang menggunakan methanol ini sebagai bahan bakarnya.

Perkembangan yang sangat menarik dari riset dan kajian di Advanced Renewable Organization (ARO) anantara lain adalah methanol ini kini bisa diproduksi dari emsisi CO2 secara ekonomis. Drivernya adalah teknologi kami sebelumnya, yaitu produksi biohydrogen yang murah yang sudah kita unggah di sini (<https://lnkd.in/gw6FrCD5>).

Lebih menarik lagi hydrogen yang digunakan untuk produksi methanol dari CO2 ini tidak perlu dimurnikan dahulu, karena produksi hydrogen yang crucial itu ada pada pemurniannya, ketika tidak harus dimurnikan - biaya produksinya menjadi lebih murah lagi.

Dari tiga rangkaian reaksi yang saya cantumkan pada gambar di bawah, kita akan bisa melihat tiga unsur bahan baku pembuatan methanol itu adalah CO₂, CO dan H₂.

Dua yang terakhir CO dan H₂ ada dalam syngas sedang CO₂ bisa dari carbon capture. Namun syngas yang bisa digunakan untuk menjadi bahan baku pendamping CO₂ dalam produksi methanol ini adalah syngas yang sudah di-upgrade sedemikian rupa, sehingga kombinasi ketiga bahan tersebut dapat mencapai Stoichiometric Number (SN) > 2. Angka ini bisa dicapai dengan mudah menggunakan reaktor Biohyd dalam unggahan saya sebelumnya tersebut di atas.

Seberapa ekonomis methanol yang diproduksi dengan cara ini? Bisa bersaing dengan methanol dari fosil? Setiap 1 ton CO₂ dapat untuk memproduksi kisaran 350-500 kg methanol. Karena reaksi netto-nya adalah eksotermis, masih ada limbah panas yang bila dikonversi ke listrik sekitar 100 kWh. Biaya produksi methanol dengan cara ini sekitar US\$ 0.19/ltr atau sekitar US\$ 0,24/kg, mestinya sangat bisa bersaing dengan yang dari fosil.

Karena methanol yang ini diproduksi dari CO₂ dan syngas (CO dan H₂) dari biomassa yang sumbernya ada di mana-mana, maka dia punya kelebihan lain, yaitu selain meng-eliminasi emisi CO₂, methanol yang ini bisa diproduksi in-situ atau ditempat dia dibutuhkan. Selain menekan biaya transportasi juga menurunkan lebih jauh carbon footprint-nya.

CO₂ To Methanol

FEEDSTOCKS :
CO₂, CO, H₂
With SN > 2

$$SN = \frac{(H_2 - CO_2)}{(CO + CO_2)}$$

CO₂MET

REGENERATIVE Bio-Hydrogen

REACTIONS :

$$CO_2 + H_2 \rightleftharpoons \cancel{CO} + H_2O \quad (1)$$

$$\cancel{CO} + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH \quad (3)$$

$$CO_2 + 3H_2 \rightleftharpoons CH_3OH + H_2O \quad (3)$$

144. Penampakan Compact Reformed Methanol Fuel Cells

Setelah kita bisa produksi regenerative methanol dari emisi CO₂ dan sampah atau biomassa yang saya unggah tadi pagi (<https://lnkd.in/gW9iCJaZ>), apa yang selanjutnya bisa kita lakukan dengan bahan bakar yang affordable and clean (SDG No 7) ini? Idealnya kita juga

harus bisa memanfaatkannya secara maksimal.

State of the art teknologi saat ini, masih menempatkan teknologi fuel cells sebagai teknologi konversi energi yang paling efisien dibandingkan dengan Internal Combustion Engine (ICE) dan turbin atau microturbine. Maka yang dirancang berikutnya oleh para insinyur di Advanced Renewable Organization (ARO) adalah fuel cells berbasis methanol, teknologi yang kita pilih adalah Reformed Methanol Fuel Cells (RMFC).

Dengan rancangan yang kompak hanya sebesar kopor standar ini, kedepannya kita bisa mandiri energi dimana saja kita berada. Beda dengan genset yang berisik, teknologi RMFC ini sangat senyap, ketika beroperasi dia hanya bersuara seperti suara angin yang bergerak oleh hembusan kipas angin.

Power plant sebesar kopor ini bisa ditaruh dimana saja, di mobil listrik dia akan menjadi range extender, tidak perlu lagi menunggu waktu untuk mobil direcharge, pengisian baterai bisa sambil mobil berjalan. Yang penting dia diisi dengan methanol saja di dalam tangki kompak yang juga sudah ada dalam 'kopor' ini.

Banyak sekali methanol economy yang bisa digerakkan oleh RMFC ini selain untuk kendaraan listrik, listrik untuk daerah terpencil, untuk BTS telecommunication tower dsb., semua bisa menggunakan RMFC power plant ini, sedangkan methanolnya bisa diproduksi oleh masyarakat setempat dengan teknologi yang sudah saya kenalkan sebelumnya tersebut di atas.

Bagi para insinyur elektrokimia yang tertarik mewujudkan power plant sebesar kopor ini dapat bersinergi dengan kami. Di era energi fosil, semua genset kita dari yang besar hingga yang kecil harus kita impor, di era Advanced Biofuels ini kita bisa jadi jawaranya dibidang produksi biofuels karena biomassa tumbuh sepanjang tahun di negeri tropis di katulistiwa ini. Tetapi lebih dari itu, mengapa tidak kita juga produksi segala teknologi yang dibutuhkan untuk tercapainya Net-Zero Emission bagi seluruh dunia ini?



145. Tantangan Bagi Para Penakluk Gurun

Saat ini ada sekitar 1/3 dari luas permukaan bumi yang berupa gurun, ada kecenderungan meningkat melalui proses yang disebut desertification. Gurun ini ada di hampir seluruh permukaan bumi dalam berbagai skalanya, yang besar di antaranya adalah di negeri-negeri MENA (Middle East and North Africa) dan Australia.

Yang tidak banyak orang yang tahu bahwa negeri subur ijo royo-royo, gemah ripah loh jinawi, tongkat kayu dilempar jadi tanaman, negeri kita ini juga punya gurun yang terkenal di seluruh dunia bagi masyarakat tertentu yaitu masyarakat penggemar olah raga selancar laut. Posisinya ada di Lombok barat dan di Google map lokasi itu ditandai dengan nama 'Desert Point'. Ribuan hektar lahan di daerah tersebut memang kini kondisinya sudah menjadi gurun.

Namun gurun-pun juga bisa kembali menjadi hijau, untuk Jazirah Arab yang sudah menjadi gurun ribuan tahun lalu hingga kini bahkan sudah ada kabar nubuwahnya - akan kembali hijau. Detil prosesnya untuk menjadikannya hijau dan sampai memproduksi pangan dan memancarkan mata air bahkan juga ada di petunjukNya (QS 46:33-35). Salah satu keyword dari petunjukNya ini adalah '...aydyhim' - tangan mereka. Artinya proses gurun kembali menjadi hijau itu akan melibatkan perbuatan tangan-tangan manusia, tangan-tangan siapakah ini?

Nah tangan-tangan yang akan menghijaukan gurun ini bisa jadi adalah tangan-tangan kita semua, kami dan Anda yang membaca tulisan ini. Yang kami sedang lakukan di Advanced Renewable Organization (ARO) adalah menyiapkan dan mengintegrasikan seluruh teknologi yang dibutuhkan untuk itu. Mulai dari teknologi perlakuan lahan, Lempung Nano Cair (LNC), desalinasi air yang murah, Slow Release Fertilizer (SRF), drip irrigation dan perbagai teknologi yang dibutuhkan untuk menghijaukan gurun.

Yang masih kami butuhkan adalah dukungan dari masyarakat setempat yang daerahnya bergurun seperti di 'Desert Point' Lombok Barat tersebut di atas. Kemudian juga dukungan dari korporasi dengan dana ESG (Environmental Social Governance), CSR ataupun Carbon Credit.

Ini juga peluang besar bagi industri fosil untuk go green. Low calorie batubara yang harganya murah misalnya, bisa kita proses menjadi karbon aktif dan SRF untuk menyuburkan lahan-lahan gurun tersebut. Demikian pula emisi CO2 dari pembangkit listrik arau pabrik-pabrik, bisa kita tangkap dan konversi menjadi SRF, pestisida, insektisida dlsb. Dari industri baterai bisa mengembangkan Capacitive De-Ionization (CDI), yaitu teknologi desalinasi air laut yang murah untuk project yang kami sebut Desert Springs atau Mata Air Gurun ini.

Lebih khusus lagi pesantren-pesantren di daerah yang berpotensi untuk project ini, dapat menyiapkan santrinya menjadi calon para penakluk gurun ini. Mulai dari gurun-gurun yang ada di sekitar kita, setelah menjadi model bagi dunia, 1/3 wilayah bumi yang kini masih gurun bisa menjadi jalan bagi kita semua untuk menjalankan perintahNya, memakmurkan bumi ini (QS 11:61). InsyaAllah.



146. Energy Reform with Reforming Technology

Apa yang disepakati para pemimpin dunia di Paris Agreement 2015, untuk menekan global warming tidak lebih dari 1.5 derajat Celsius, harus ada penurunan emisi dunia hingga 45% tahun 2030 dan Net Zero Emission 2050. Lebih dari separuh waktu dari 2015 menuju 2030 kini telah berlalu, masih akan tercapai kah target tersebut?

Mungkin tidak akan tercapai kalau hanya mengandalkan effort pemerintah-pemerintah di dunia. Tetapi yang tinggal di bumi ini adalah kita - rakyat biasa di seluruh dunia, terlepas siapapun pemimpin kita, kita butuh udara segar, bahan bakar yang bersih dan terjangkau dlsb., maka urusan untuk menurunkan emisi ini adalah urusan kita-kita juga mestinya.

Dan inilah yang kami lakukan di Advanced Renewable Organization (ARO), aliansi masyarakat peneliti, ilmuwan, pemikir dan pelaku bisnis yang concern terhadap seluk beluk energi, emisi dan efisiensi (E3) untuk bisa memberikan karya terbaik bagi dunia.

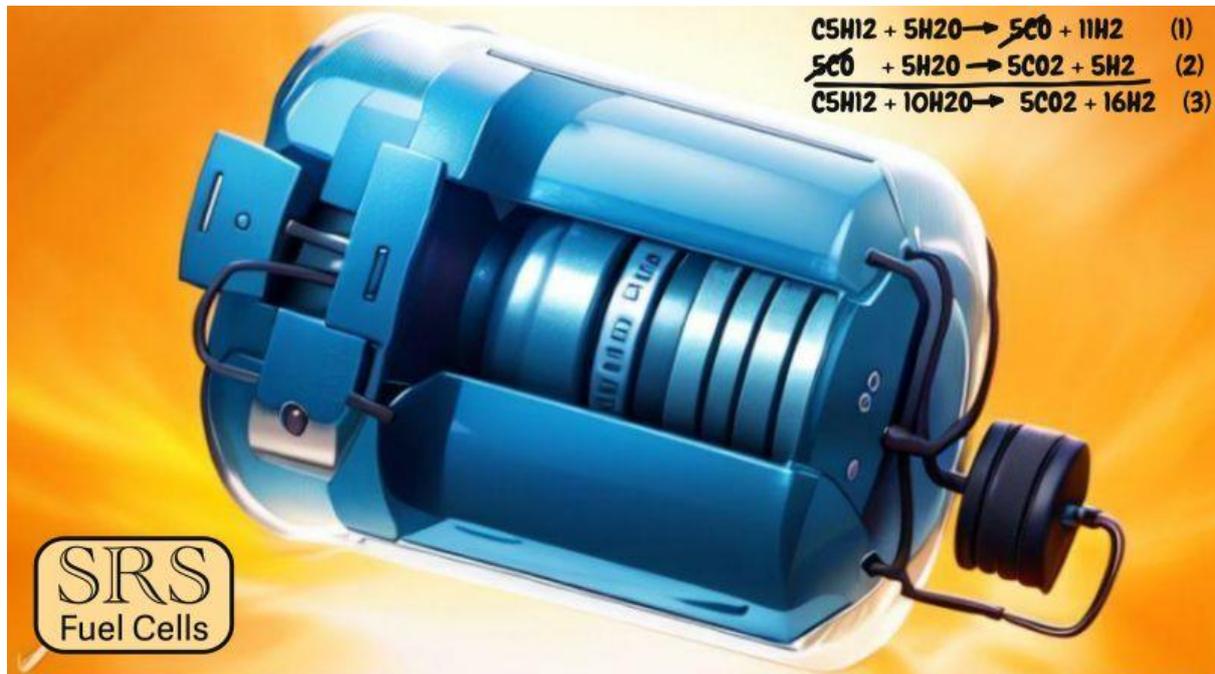
Dari serangkaian reaktor yang kami kenalkan seelumnya, diantaranya ada BTX reactor (<https://lnkd.in/giTxj9DR>) untuk merubah biomassa apa saja yang ada di sekitar kita menjadi segala jenis bahan bakar yang paling banyak kita pakai, seperti LPG, benisin, diesel dan bahkan juga jet-fuel.

Dengan reaktor tersebut masyarakat industri, komunitas, daerah bahkan negara yang tidak punya sumber minyak-pun akan dapat memproduksi bahan bakarnya sendiri yang bersih, karena sampah, emisi CO2 dan air yang menjadi bahan bakunya selalu ada di mana-mana. Ini dari sisi produksi energi yang responsible, bagaimana dengan sisi konsumsinya?

Reformasi energi memang baru akan tuntas bila sisi konsumsi atau penggunaan energi juga berubah. Kita tahu bahwa penggunaan energi pada Internal Combustion Engine (ICE), yaitu mesin yang paling banyak digunakan di dunia saat ini, efisiensinya hanya di kisaran 25% - 30% saja, jadi terbuka peluang besar untuk penghematan energi melalui peningkatan efisiensi ini.

Salah satunya adalah penggunaan teknologi fuel cells yang efisiensi rata-ratanya sudah di atas 50%. Ketika teknologi fuel cells ini dipadu dengan teknologi reforming terbaru dari ARO yang kami sebut Steam Reforming and Shift (SRS), yang melibatkan reaksi Steam Reforming (reaksi 1) dan Water Gas Shift (reaksi 2), maka bahan bakar biogasoline yang diproduksi dengan BTX di atas, akan bisa menjalankan hydrogen fuel cells yang jauh lebih besar kapasitasnya ketimbang bahan bakar hydrogen murni.

Dari dua reaksi tersebut, 1 m³ bensin pada tangki yang bertekanan 1 Bar yang dipakai untuk men-deliver H₂ menggunakan teknologi SRS, akan dapat men-deliver 317 kg H₂, atau hampir 8 kali dari 1 m³ H₂ murni pada tangki bertekanan 700 bar! Menyimpan dan membawa bensin tentu jauh lebih mudah dan lebih murah ketimbang menyimpan H₂. Inilah salah satu bentuk responsible production and consumption, affordable clean energy (SDG 12 dan 7) itu.



147. Swadaya Energi Antisipasi Perang

Hari-hari ini tengah terjadi saling serang di epicentrum produksi minyak dunia, tidak heran bila harga minyak dan gas akan melonjak serius. Khususnya bagi negara-negara yang tidak memiliki sumber minyak dan gasnya sendiri, atau memiliki sumbernya tetapi tidak cukup, maka ini menjadi kesempatan untuk berpaling ke Advanced Biofuels yang sudah dicanangkan Uni Eropa sejak 6 tahun silam dan mulai berlaku 2022 lalu, yang mereka sebut RED II.

Advanced biofuels standar RED II ini bisa berupa bensin, diesel, LPG dan bahkan juga jet-fue dan hydrogen, yang membedakan dengan bahan bakar biofuels lainnya adalah bahannya yang tidak boleh berebut dengan pangan, lahan pertanian, hutan dan bahkan tidak boleh mengganggu biota laut.

Dari 17 item bahan baku specific yang disebut di Annex IX A dari RED II tersebut, diantaranya yang melimpah di sekitar kita adalah sekam, jerami, tongkol jagung, tandan kosong sawit, POME, limbah kebun, limbah hutan dan sampah organik perkotaan. Salah satu atau beberapa dari bahan tersebut pasti ada di sekitar kita.

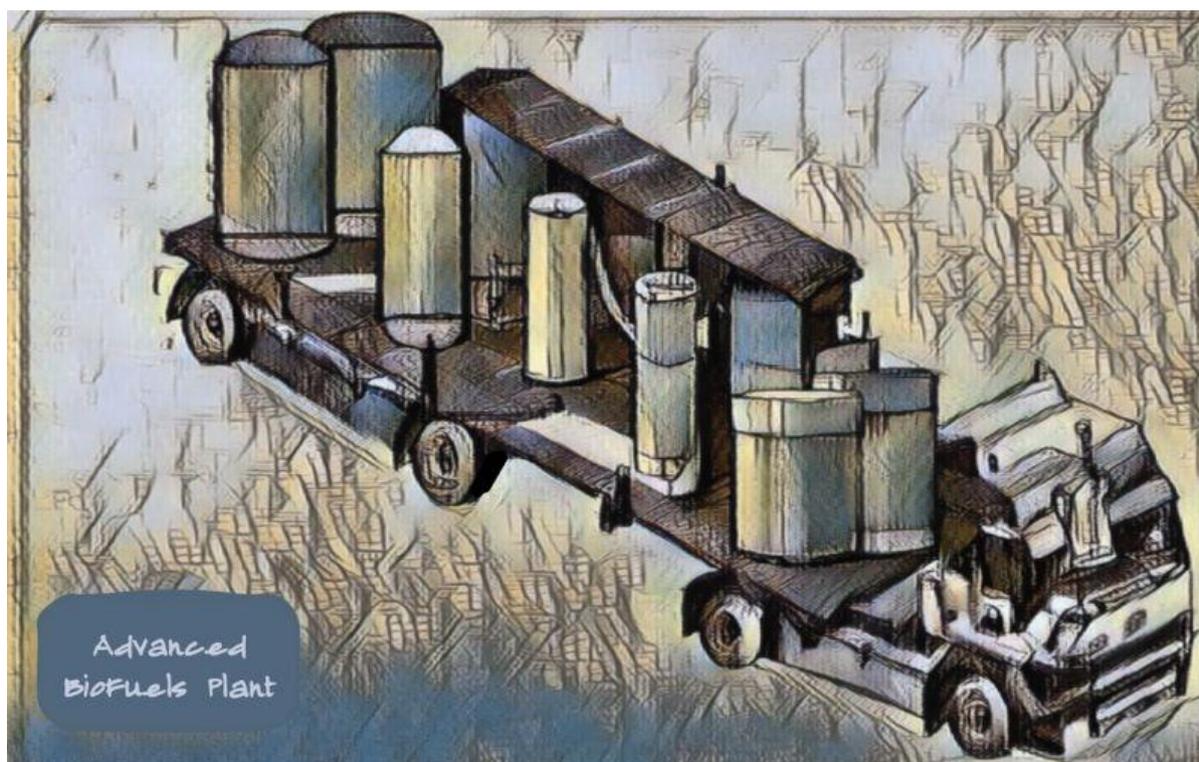
Lantas bagaimana mengolah bahan-bahan tersebut menjadi bahan bakar standard RED II? sejak digagasnya tahun 2017 kami mengikuti rancangan ini dan karenanyalah lahir apa yang kami sebut Advanced Renewable Organization (ARO), yang intinya menjadi think tank untuk sains dan teknologi yang memungkinkan Advanced Biofuels standar RED II tersebut bisa kita produksi dan menjadi peluang bagi kita semua.

Berbagai reaktor dan mesin energi yang sudah kami share di media social dan situs resmi kami di www.advancedrenewable.org adalah wujud kerja keras 6 tahun sejak organisasi

terbentuk. Sketsa di bawah adalah salah satu rancangan dadakan kami yang disiapkan untukantisipasi kalau perang yang saat ini terjadi di Timur Tengah membesar dan energi menjadi langka atau tidak terjangkau.

Reaktor-reaktor yang digendong oleh trailer ini terdiri dari OCCYRE reaktor untuk mengolah sampah dan emisi menjadi syngas standar, reaktor XH₂ untuk mengupgrade syngas standar mejadi syngas yang kaya H₂, membrane reactor bila dibutuhkan produksi hydrogen murni, dan BTX reaktor untuk memproses H₂-rich syngas menjadi bensin, diesel, LPG dan bila perlu juga jet-fuel.

Team ARO saat ini siap diterjunkan ke belahan dunia manapun yang membutuhkan solusi energi yang tidak biasa ini, untuk dunia yang tidak sedang baik-baik saja.



148. Enabler for BioHydrogen Economy

Hydrogen (H₂) sebagai bahan bakar ideal, kini masih terkendala aspek produksi dan logistik untuk bisa menjadi bahan bakar yang massal. Dari sisi produksi mayoritasnya masih dari fosil, sedangkan dari sisi logistik H₂ murni butuh tekanan 700 Bar atau suhu minus 253 derajat Celsius, keduanya menjadi sangat mahal dan beresiko.

Namun dua kendala tersebut teratasi sekaligus dengan konsep BioHydrogen yang kami usung ini. Untuk produksinya H₂ diproses melalui gasifikasi biomassa atau arang dan dimurnikan melalui Water Gas Shift (WGS) reaction.

Untuk logistik, H₂ dapat 'disimpan' pada carriernya yang bisa berupa oxygenates,

hydrocarbon, dan bahkan bisa berupa arang itu sendiri. Selama dalam proses logistik - penyimpanan dan pengiriman, H₂'disimpan' dalam carriernya tersebut sehingga mudah dan murah, H₂ baru benar-bener di-deliver sebagai H₂ murni secara in-situ dan in-time, di tempat dan pada saat dibutuhkan saja.

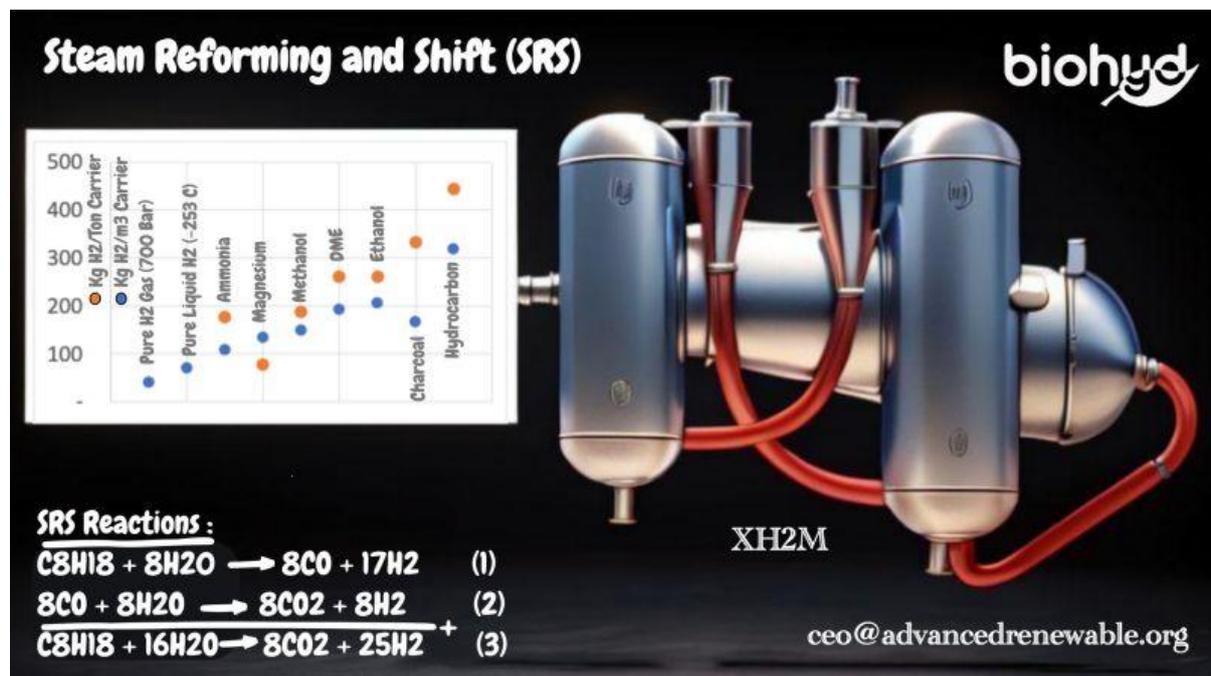
Penggunaan carrier ini juga membuat H₂ yang dideliver bisa jauh lebih besar dari yang dibawa oleh molekul carriernya sendiri. Untuk Oxygenates misalnya, H₂ yang bisa dideliver methanol adalah 150% dari H₂ yang dibawa di molekul methanol, sedangkan untuk DME dan Ethanol, H₂ yang dideliver malah mencapai 200% dari H₂ yang dibawa molekulnya masing-masing. Tambahan H₂ ini berasal dari steam yang digunakan untuk mereform oxygenates tersebut.

Yang lebih menarik lagi adalah arang, arang sendiri hanya carbon, tetapi ketika dia digasifikasi dan direaksikan dalam WGS secara in-situ dan in-time, dia bisa men-deliver H₂ sebesar 33% dari berat arang tersebut. Ini ideal untuk penghasil H₂ baik untuk power/listrik maupun untuk feedstock industri seperti pabrik pupuk/ammonia dlsb. Namun untuk transportasi, tentu Anda tidak mau repot membawa arang di mobil Anda, apa solusinya?

Riset kami menemukan H₂ carrier yang sangat fit untuk industri transportasi, yaitu kita bisa gunakan hydrocarbon sebagai H₂ carrier yang sangat efektif. Hydrocarbon seperti bensin dan diesel sudah berupa liquid pada STP (Standard Temperature an Pressure), infrastruktur transportasinya juga sudah sangat massal, jadi tinggal dipakai.

Lebih dari itu setiap molekul hydrocarbon bisa mendeliver H₂ yang jauh lebih besar dari carrier sebelumnya. Grafik dibawah menunjukkan perbandingan H₂ yang bisa dideliver oleh masing-masing carrier, kita bisa lihat bahwa menggunakan hydrcarbon sebagai carrier akan memberikan delivery H₂ yang paling tinggi dalam satuan volume maupun berat masing-masing carrier.

Ketika hydrocarbon digunakan sebagai H₂ carrier, ada tiga sumber H₂ yang akan dideliver-nya, yaitu dari molekul hydrocarbon itu sendiri, dari steam yang digunakan untuk me-reform hydrocarbon dan dari steam yang digunakan untuk reaksi WGS. Pada contoh dibawah adalah bila kita gunakan Octane (C₈H₁₈) untuk H₂ Carrier, total H₂ yang dideliver mencapai 278% dari H₂ yang dibawa dalam molekul octane itu sendiri! Seluruh proses ini menggunakan XH₂M reactor di bawah.



149. BioHydrogen Ecosystem

Seperti menyusun keping demi keping dalam sebuah puzzle yang besar, keping terakhir dalam ekosistem teknologi biohydrogen itu adalah teknologi yang kami kenalkan sebagai SRS (Steam Reforming and Shift) beberapa hari lalu di media ini (<https://lnkd.in/gtmKHhfN>). Totalnya ada 7 teknologi yang terkait dengan biohydrogen ini, dan masing-masing perannya saya jelaskan di bawah.

Pertama adalah teknologi Autothermal Slow Pyrolyzer (ASP), fungsinya untuk merubah segala bentuk biomassa dari sampah dan limbah menjadi arang, dari sampah dan limbah yang semula liability ini akan berubah mejadi asset berupa cadangan energi tersimpan, yang bisa digunakan dimana saja, kapan saja.

Arang ini menjadi feedstock untuk produksi syngas dengan reactor OCCYRE (Onboard Carbon Cyces for Regenerative Energy), arang yang direaksikan dengan CO₂ akan menjadi gas CO. Dari mana CO₂-nya? dari carbon capture proses berikutnya atau dari sumber emisi lain yang ditangkap menggunakan teknologi ketiga yang kami sebut FlueTrap. Untuk menangkap emisi CO₂ ini kami gunakan adsorbent berupa AFC (Activated and Functionalized Carbon), yang juga diproduksi mengguakan teknologi pertama yaitu ASP, teknologi ASP yang sudah kami lengkapi fungsi untuk produksi AFC kami sebut ASP+.

Sebagian gas CO menjadi feedstock untuk teknologi berikutnya yang kami sebut XH2M (Extra High Hydrogen and Membrane), melalui XH2M ini CO diproses menjadi H₂ dan CO₂. CO₂-nya kemudian ditangkap kembali dengan FlueTrap untuk produksi regenerative H₂ berikutnya. Sedangkan H₂ yang dihasilkan oleh XH2M ini diumpankan ke teknologi kelima yang kami sebut GTX, untuk menjadi hydrocarbon seperti bensin, diesel dan LPG.

energi baru yang magnitude-nya setara dengan energi yang sudah ada.

Penambahan fokus dari 'what' ke 'what and how' inilah peluang besar kita untuk bisa mencukupi kebutuhan energi kita dengan yang lebih bersih dan sustainable, juga bisa menjadi jauh lebih murah. Reaktor pada gambar di bawah mewakili 'what and how' tersebut di atas.

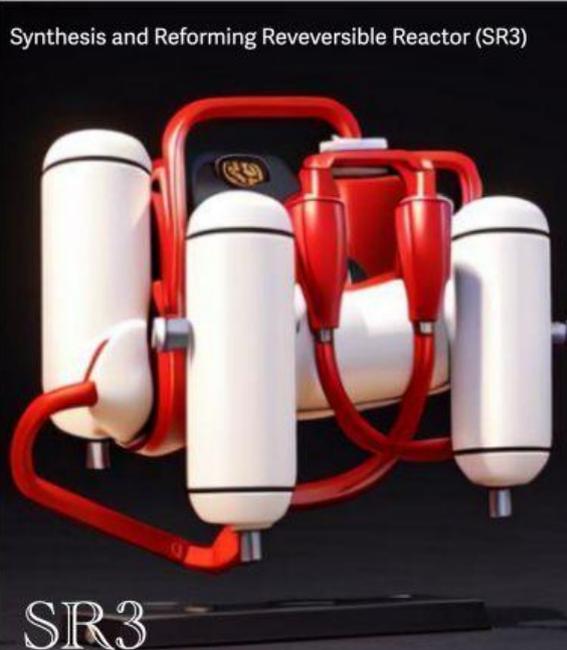
Fungsi 'what' -nya diperankan oleh synthesis yang diwakili oleh persamaan reaksi 5, yaitu ketika reaktor ini digunakan untuk memproduksi advanced biofuels dari syngas (CO dan H₂), yang bisa berasal dari gasifikasi sampah, limbah maupun emisi CO₂. Selain menghasilkan bahan bakar berupa bensin, diesel, jet-fuel dan LPG yang bersifat renewable, reaksi synthesis yang eksotermis ini juga bisa sekaligus menghasilkan power/listrik.

Kemudian fungsi 'how'-nya diperankan oleh penggunaan bahan bakar yang tidak hanya sekedar dibakar di Internal Combustion Engine (ICE), karena rata-rata efisiensi mesin ICE sekarang baru mencapai 25-30% saja. Ketika bahan bakar dari kelompok advanced biofuels atau renewable hydrocarbon ini kita reform (reaksi 1) dan shift (reaksi 2), gabungan keduanya (reaksi 3) menghasilkan hydrogen yang sangat banyak, sekitar 44% dari berat bahan bakar hydrocarbon yang direform.

Karena energy density H₂ (120 MJ/kg) jauh lebih tinggi dibanding bahan bakar hydrocarbon (45 MJ/kg), meskipun secara berat turun dari 1,000 gr hydrocarbon ke 440 gr H₂, secara energi justru naik dari 45 MJ ke 53 MJ. Dari mana tambahan energi ini? dari panas pembakaran sebagian kecil bahan bakar (reaksi 4) yang cukup untuk memisahkan H₂ dari steam (H₂O).

Ketika hydrogen yang dihasilkan dari reaksi 3 tersebut digunakan sebagai bahan bakar hydrogen fuel cells, dimana rata-rata efisiensinya sudah di atas 50%, maka tenaga atau listrik yang dihasilkan akan meningkat jauh dibandingkan penggunaan bahan bakar semula di mesin ICE. Dengan merubah cara penggunaan bahan bakar atau 'how'-nya ini, kita akan bisa menemukan tambahan energi baru yang sangat significant.

Maka dengan kombinasi 'what and how' tersebut, energi bersih yang terjangkau (SDG no 7) itu masih realistis untuk bisa dicapai bahkan lebih cepat dari targetnya semula 2030. Tentu untuk ini masih banyak hal diperlukan, termasuk menyempurnakan riset ini - namun ini layak untuk dilakukan karena kita sedang mengejar tambahan supply kecukupan energi baru yang tidak banyak alternatifnya.



Synthesis and Reforming Reversible Reactor (SR3)

Autothermal Steam Reforming & Shift Reactions :

$$\text{C}_n\text{H}_{(2n+2)} + n\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \quad (1) (+165n)$$

$$n\text{CO} + n\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons n\text{H}_2 + n\text{CO}_2 \quad (2) (-41n)$$

$$\text{C}_n\text{H}_{(2n+2)} + 2n\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (3n+1)\text{H}_2 + n\text{CO}_2 \quad (3) (+124n)$$

(1,000 gr)	(2,500 gr)	(444 gr)	(3,056 gr)
1,000 gr = 45 MJ		444 gr = 53 MJ	
30% eff ~ 3.75 kWh		50% eff ~ 7.38 kWh	

Combustion Reaction

$$\text{C}_n\text{H}_{(2n+2)} + (1.5n + 0.5)\text{O}_2 \rightleftharpoons n\text{CO}_2 + (n+1)\text{H}_2\text{O} \quad (4) (-685n)$$

181 gr = 8 MJ

Fischer Tropsch Synthesis Reaction

$$n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_n\text{H}_{(2n+2)} + n\text{H}_2\text{O} \quad (5) (-165n)$$

ceo@advancedrenewable.org

151. The Very Effective Hydrogen Carrier : Hydrocarbon

Setelah kita bisa produksi biohydrogen dengan efektif dari biomassa atau arang, challenge berikutnya adalah bagaimana menyimpan dan mengangkut biohydrogen ini bila dibutuhkan di waktu atau tempat yang berbeda dari waktu/tempat produksinya.

Dari sekian banyak yang kami kaji, termasuk diantaranya menyimpan dalam ammonia, dalam magnesium, dalam oxygenates, dalam arang aslinya dan dalam hydrocarbon, yang paling kami rekomendasikan akhirnya adalah dua yang terakhir. Arang tetap paling direkomendasikan bila hydrogen akan diproduksi dan dipakai di tempat yang sama.

Namun bila hydrogen untuk diproduksi dan dipakai di tempat atau waktu yang lain, dimana butuh penyimpanan dan pengangkutan, maka menyimpan hydrogen dalam bentuk hydrocarbon adalah yang paling efektif. Grafik di bawah menjelaskan efektivitas hydrocarbon sebagai hydrogen carrier ini.

Semua hydrocarbon dari panjang rantai C berapapun bisa digunakan untuk hydrogen carrier, namun kinerjanya menurun dengan semakin panjang rantai C. Total hydrogen yang bisa dideliver oleh hydrocarbon juga sangat tinggi, kisarannya adalah 43% hingga 50% dari berat hydrocarbon yang digunakan sebagai carriernya.

Tingginya hydrogen delivery ini karena ketika kita gunakan sebagai carrier, hydrocarbon akan mendeliver hydrogen dari 3 sumber. Pertama adalah hydrogen yang dibawa oleh meloekul hydrocarbon sendiri, kisarannya 15% hingga 25% dari berat carriernya. Kedua hydrogen dari steam yang digunakan untuk proses reforming, dan yang ketiga dari steam yang digunakan untuk water gas shift, dimana dari dua sumber terakhir ini ada tambahan

masing-masing sekitar 13%- 14% dari berat hydrocarbon yang digunakan sebagai carriernya.

Reactor yang kami gunakan untuk model penyimpanan hydrogen dalam hydrocarbon serta menguraikannya balik menjadi hydrogen pada saat mau digunakan adalah reaktor yang kami sebut sebagai Synthesis and Reforming Reversible Reactor (SR3) seperti pada gambar di bawah.

Input hydrogen yang bisa disimpan dalam hydrocarbon bisa berupa hydrogen murni, namun yang lebih ekonomis adalah berupa syngas dengan rasio $H_2/CO > 2$. Karena bila hydrogen murni yang hendak disimpan-pun, juga butuh gas CO sebagai reactan untuk menjadikannya hydrocarbon.

Karena syngas bisa dengan mudah diproduksi dari biomassa atau arang, maka hydrogen dan hydrocarbon yang diproses secara ulang-alik oleh SR3 ini kategorinya adalah biohydrogen dan biohydrocarbon. Dari grafik dibawah, kita juga akan bisa menghitung berapa harga yang wajar dari biohydrogen ini, dia akan sangat kompetif karena hanya butuh 2 sampai 2.3 kg biohydrocarbon (bioLPG, biogasoline atau greendiesel) untuk menghasilkan 1 kg biohydrogen yang energi densitynya 2.7 kali dari energy density hydrocarbon pada umumnya.



152. FlexiEV : Super Flexible Electric Vehicle

Kendaraan produksi dalam negeri yang dirancang di Advanced Renewable Organization (ARO), khusus untuk pemerataan kemakmuran di negeri 17,500 pulau ini mungkin harus berbeda dengan yang ada di pasaran. Jenis yang dibutuhkan SUV, kendaraan segala medan yang harus bisa beroperasi di pulau paling terpencil sekalipun - yang bisa jadi belum ada

supply bahan bakar yang kontinu di pulau tersebut.

Lantas dengan apa kendaraan ini dijalankan? Kendaraan ini jenis hybrid dengan bahan bakar standar bensin dan bisa juga menggunakan listrik, tetapi di pulau terpencil belum tentu ada bensin atau listrik, lantas apa solusinya? Yang istimewa dari kendaraan ini adalah reaktor SR3 (Synthesis and Reforming Reversible Reactor) yang dipasang di bagian belakang kendaraan.

Dengan SR3 ini kendaraan bisa diberi bahan bakar bensin atau discharge bateri-nya dalam kondisi normal, tetapi ketika kondisi tidak normal dia bisa diberi bahan bakar dari biomassa apa saja yang ada di lokasi. Setelah biomassa digasifikasi menjadi syngas (CO dan H₂), syngas bisa langsung dikonversi menjadi listrik melalui Solid Oxide Fuel Cells (SOFC), atau dikonversi menjadi biogasoline melalui SR3.

Biogasoline bisa langsung digunakan untuk bahan bakar kendaraan yang bersangkutan, tetapi lebih efisiennya hanya digunakan sebagai cadangan energi saja. Pada saat hendak digunakan, biogasoline direform untuk kembali menjadi syngas dan digunakan sebagai bahan bakar fuel cells, karena tingkat efisiensi fuel cells yang sekitar 2 kali dari internal combustion engine, cara ini akan meningkatkan efisiensi penggunaan biomassa - yang bisa jadi juga terbatas.

Setelah seluruh parameter design kita tentukan, sekarang tinggal pekerjaan team AI untuk melihat seperti apa kira-kira penampakan kendaraan yang kita sebut FlexiEV ini, kurang lebih penampakannya seperti pada gambar di bawah. Dari proses design ini pelajaran terpentingnya sebenarnya bukan kendaraan FlexiEV ini sendiri, karena belum tentu juga ada pasarnya.

Tetapi pelajaran terpentingnya adalah dengan teknologi sintesa dan reforming yang kami gabungkan dalam reaktor SR3, insyaAllah kita bisa atasi segala problem energi yang dibutuhkan di daerah terpencil dan terisolir sekalipun, oleh sebab apapun, bisa karena sebab alam seperti contoh pulau-pulau tersebut di atas, bisa juga karena sebab musibah mencana yang menjadikan suatu daerah terisolir, dan bisa juga karena ancaman perang besar seperti yang dihadapi dunia saat ini.



153. CCU for Advanced Biofuels and Oxygen Restoration

Selama ini climate actions umumnya masih fokus pada decarbonization, upaya menurunkan emisi CO₂ yang dianggap sebagai penyebab utama pada perubahan iklim, pemanasan global, cuaca ekstrem dan berbagai musibah demi musibah. Sementara ada sisi lain yang seharusnya juga menjadi perhatian global, yaitu reoxygenation atau restorasi oksigen yang ada di atmosfer bumi.

Setiap kita melepas 1 ton CO₂ ke atmosfer bumi, ada 727 kg Oksigen yang hilang dan menjadi tidak available untuk pernafasan kita, karena begiu O₂ ini terikat pada atom C menjadi CO₂, dia adalah udara kotor yang tidak bisa lagi memenuhi kebutuhan pernafasan kita.

Pencipta kita sebenarnya sudah menciptakan keseimbangan yang sangat indah yang harusnya kita jaga, yaitu CO₂ yang kita keluarkan baik dari pernafasan maupun aktivitas kita lainnya, CO₂ ini diserap tanaman dalam proses foto sintesanya, dan dengan air dan sinar matahari, dirubahnye menjadi energi (C₆H₁₂O₆) dan O₂ lagi.

Masalahnya adalah kegitan kita yang mengeluarkan CO₂ saat ini jauh lebih besar dari kegiatan menumbuhkan tanaman yang menyerap CO₂ dan melepaskan O₂, akibatnya ada akumulasi CO₂ di atmosfer bumi yang makin hari makin bertambah, dan sebaliknya terjadi penurunan O₂ yang terus menerus seiring dengan pertumbuhan akumulasi CO₂ tersebut.

Maka ketika kita merencanakan aktivitas decarbonization, sudah seharusnya kita juga memlih jenis decarbonization yang berdampak pada reoxygenation. Sketsa di bawah adalah contoh decarbonization dan reoxygenation yang kita jalankan secara simultan dalam proses

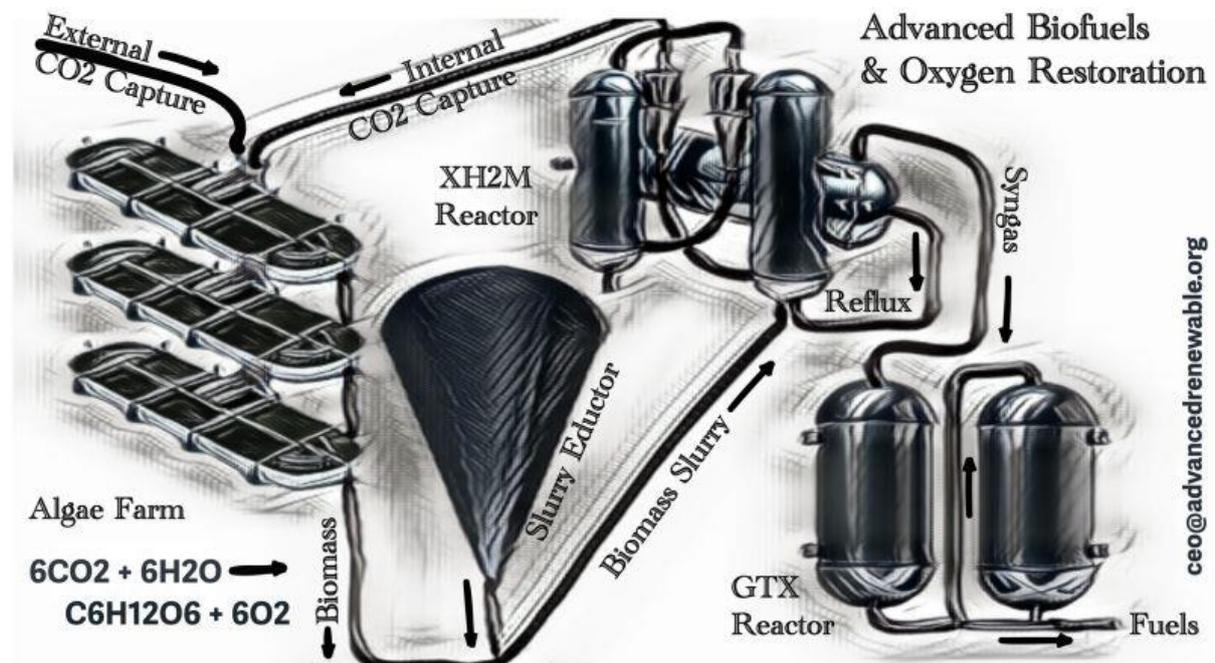
produksi advanced biofuels dari algae, dimana algae ini adalah sumber biomassa no 1 yang ada di top list bahan baku advanced biofuels pada Renewable Energy Directive II (RED II) - nya Uni Eropa.

Algae dipilih karena tanaman ber-sel tunggal ini tumbuh dengan membelah diri, 1 menjadi 2, 2 menjadi 4 dst. sehingga tumbuh dengan sangat cepat yang berarti juga menyerap CO2 dengan sangat cepat, akibatnya restorasi O2 di atmosfer bumi juga akan berjalan sangat cepat.

Kegiatan memperbaiki keseimbangan alam ini juga akan bisa menjadi profit center bagi korporasi atau industri yang melakukannya, karena hasil yang berupa energi biomassa, C6H12O6, dalam kondisi basah-pun bisa diolah langsung menjadi advanced biofuels tersebut di atas melalui rangkaian dua reaktor yang sudah kami siapkan untuk ini, yaitu XH2M dan GTX reactors.

XH2M (Extra High Hydrogen and Membrane) reactor untuk memproses algae slurry menjadi syngas yang kaya H2, sedangkan GTX (Gas To X) merubah syngas menjadi advanced biofuels seperti green diesel, sustainable aviation fuels (SAF), biogasoline, dan bio-LPG. Bahkan bila yang dikehendaki produknya hydrogen murni, hanya 1 reaktor yang dibutuhkan yaitu XH2M.

Ini peluang bagi industri yang masih menebar CO2 dan menghilangkan O2 dari atmosfer bumi, untuk sebaliknya, menyerap CO2, melepas O2, dan menjadikannya profit centre tersendiri dengan produksi advanced biofuels.



154. BioHydrogen Economy That Makes Sense

Hydrogen (H₂) adalah bahan bakar yang ada di top list untuk masa depan karena hasil pembakarannya yang bebas carbon. Hanya sampai sekarang masih banyak hal-hal seputar H₂ ini yang belum makes sense.

Diantaranya adalah mayoritas produksinya masih dari gas alam/methane, yang pada proses produksinya sendiri juga mengeluarkan banyak CO₂. Setiap 1 kg H₂ yang diproduksi dari methane, ada 5.5 kg CO₂ diproduksi. Yang kedua diproduksi dari elektrolisa air, hanya prosesnya butuh energi yang lebih besar dari energi yang dihasilkan oleh H₂ itu sendiri. Setiap 1 kg H₂ dengan kandungan energi 33 kWh, butuh energi listrik di kisaran 39 s/d 54 kWh.

Area lain yang membuat H₂ belum makes sense adalah logistiknya. Butuh tekanan 700 Bar atau suhu minus 253 derajat untuk menyimpan atau distribusi H₂ ini. Biaya logistik yang sangat mahal ini juga yang menyebabkan harga jual H₂ lagi-lagi belum makes sense. H₂ dengan kandungan energi 120 MJ/kg atau 2.67 kali dari bensin yang mengandung energi 45 MJ/kg, dijual di harga 6 sampai 10 x lebih mahal dari bensin.

Seluruh aspek dari hydrogen economy inilah yang harus diatasi sebelum bahan bakar yang bersih ini bisa kompetitif dibandingkan dengan seluruh bahan bakar yang akan digantikannya.

Untuk masalah produksi, kita bisa menggunakan biomassa atau arang sehingga meskipun dalam proses ada emisi CO₂ juga - dia bersifat carbon neutral, CO₂ yang keluar teroffset oleh fotosintesa tanaman penghasil biomassa di masa pertumbuhannya, sehingga H₂ yang dihasilkan disebut BioH₂.

Untuk logistik, baik penyimpanan maupun pengiriman, BioH₂ ini bisa disimpan di carrier yang berupa biohydrocarbon atau BioHC seperti biogasoline, greendiesel, bioLPG dlsb. Bila kita gunakan biogasoline sebagai carrier misalnya, logistik BioH₂ bisa sepenuhnya dilakukan pada normal temperature and pressure (NTP). Selain murah karena tidak butuh tekanan 700 Bar atau suhu minus 253 derajat Celsius, juga butuh volume ruangan yang jauh lebih kecil dari H₂ murni yang disimpan pada 700 Bar sekalipun.

Gambar di bawah adalah ilustrasi perbandingan bila H₂ murni disimpan dalam tekanan 700 bar dibandingkan dengan bila disimpan pada BioHC sebagai carrier. Butuh 5,000 liter tangki H₂ murni untuk bisa membawa 200 kg H₂ pada tekanan 700 Bar. Dengan BioHC sebagai carrier, hanya butuh tangki 650 liter untuk membawa BioH₂ pada berat yang sama 200 kg.

Dengan produksi yang murah dari biomassa atau arang, dan logistik yang murah karena dilakukan pada NTP dan volume tangki yang relatif kecil, maka harga jual BioH₂ akan bisa makes sense bila dibandingkan dengan harga bahan bakar lain seperti bensin dan diesel.

Bila harga bensin dan diesel di kisaran US\$ 1,1 per liter atau US\$ 1.5 per kg dengan energi 45 MJ/kg, harga BioH₂ dengan energi 120 MJ/kg sudah akan kompetitif di angka US\$ 4,0/kg dan akan sangat kompetitif pada harga US\$ 3.0 /kg yang kami targetkan. Inilah era baru biohydrogen economy yang makes sense!



155. New Pathways on CCU for Regenerative Energy

Solusi ideal untuk emisi CO₂ itu bila kita bisa merubahnya menjadi energi baru yang kami sebut Regenerative Energy. Sebagaimana emisi yang akan terus keluar, kebutuhan energi juga terus meningkat. Masalah emisi tersolusikan dengan energi, dan sebaliknya kebutuhan energi terjawab oleh sumber yang tiada habisnya yaitu emisi.

Hanya saja, proses merubah emisi menadi energi ini yang selama ini rumit dan mahal. Maka melalui serangkaian reaksi kimia yang saya sederhanakan di bawah, kita bisa membuat setidaknya dua jalan baru untuk merubah emisi tersebut menadi energi yang mudah dan murah. Jalan pertama adalah menjadikannya synthetic gas atau syngas, dan jalan kedua menjadi hydrogen murni.

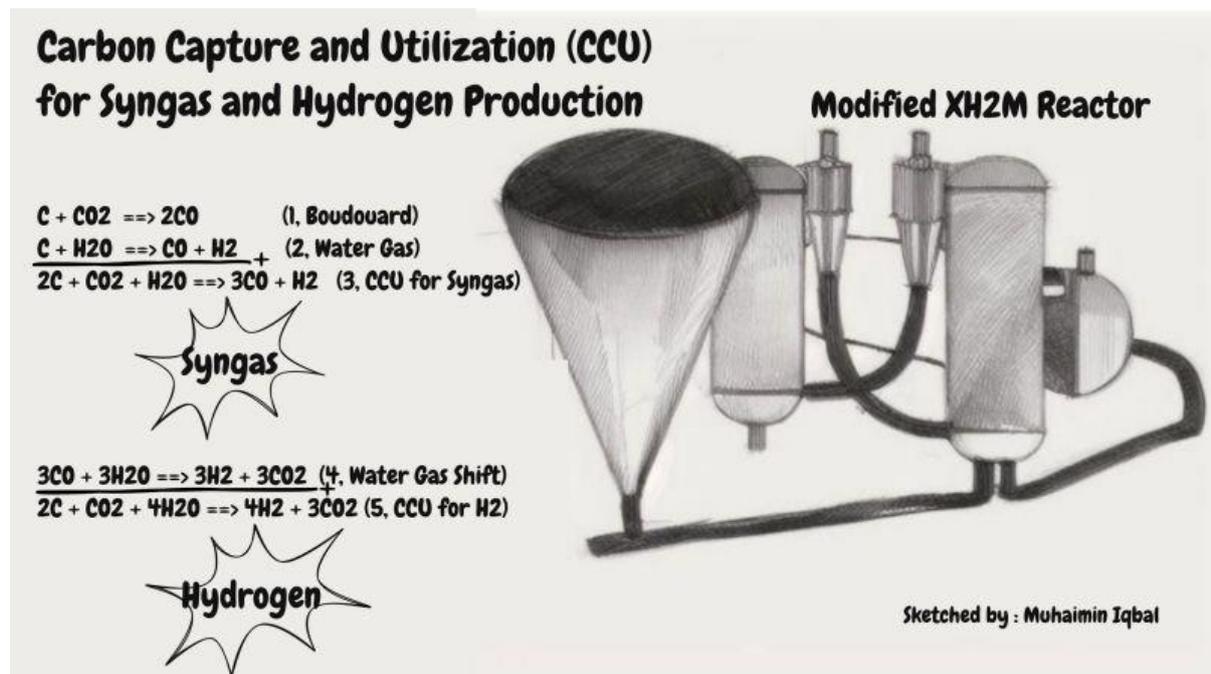
Jalan untuk syngas, reaksi dasarnya hanya dua yaitu reaksi Boudouard untuk merubah carbon dan CO₂ menjadi gas CO (1), dan yang kedua mereaksikan gas CO dan air menjadi syngas , yaitu CO dan H₂ (2). Dua reaksi ini bila saya jumlahkan menjadi reaksi ketiga yang saya debut CCU for syngas reaction. Dari syngas inilah bisa dibentuk berbagai jenis bahan bakar yang kita butuhkan seperti bensin, diesel, LPG, methanol, DME, ethanol dst.

Bila yang dikehendaki hasil CCU ini untuk hydrogen murni, maka butuh reaksi berikutnya, yaitu CO kita reaksikan dengan air lagi untuk menjadi hydrogen dan CO₂ (4), CO₂nya kita tangkap kembali untuk siklus produksi berikutnya. Bila reaksi 4 ini saya jumlahkan dengan reaksi 3, hasilnya reaksi 5 yang menjadi penyederhanaan keseluruhan reaksi CCU for hydrogen.

Yang kemudian dibutuhkan untuk memfasilitasi seluruh rangkaian reaksi tersebut adalah reactor yang sesuai untuk reaksi-reaksi Boudouard, Water Gas dan Water Gas Shift. Sedangkan CCU for Syngas (4) dan CCU for H₂ (5) hanyalah penyederhanaan dari rangkain 3 reaksi sebelumnya.

Reaktor dalam sketsa dibawah adalah modifikasi dari reaktor kami sebelumnya (XH2M) yang dimodifikasi dengan menyertakan carbon slurry eductor, untuk bisa memproses carbon yang digunakan sebagai salah satu reactant dalam rangkian 3 reaksi tersebut di atas.

Jadi merubah emisi menadi energy itu mestinya reaktif mudah dan murah, Karena proses reaksi-reaksinya yang sederhana, reaktor yang dibutuhkan untuk meng-eksekusi reaksi inipun sudah bisa dipesan secara comercial.



156. The Regenerative Fuels (RF)

Salah satu peluang untuk dekarbonisasi dan efisiensi energi yang maksimal adalah memanfaatkan seluruh limbah, sampah, emisi dan energi atau bahan bakar kualitas rendah menjadi bahan bakar baru berkualitas tinggi yang kami sebut Regenerative Fuels (RF).

Sumber energi tertingginya adalah limbah yang hanya mengandung hydrocarbon (C_xH_y) seperti minyak atau oli bekas, plastik, dan ban bekas. Sumber kedua biomassa (C_xH_yO_z) padat ataupun cair seperti limbah pertanian, perkebunan, hutan, sampah perkotaan, limbah cair industri, bio-oil dan limbah oxygenates - mengandung oksigen lainnya. Dan terakhir emisi CO₂-pun bisa diolah menjadi RF tersebut meskipun butuh bahan pendamping berupa C dan H₂O.

Filosofi teknologi RF yang kami kembangkan ini sederhana, ibarat bahan bakar itu adalah

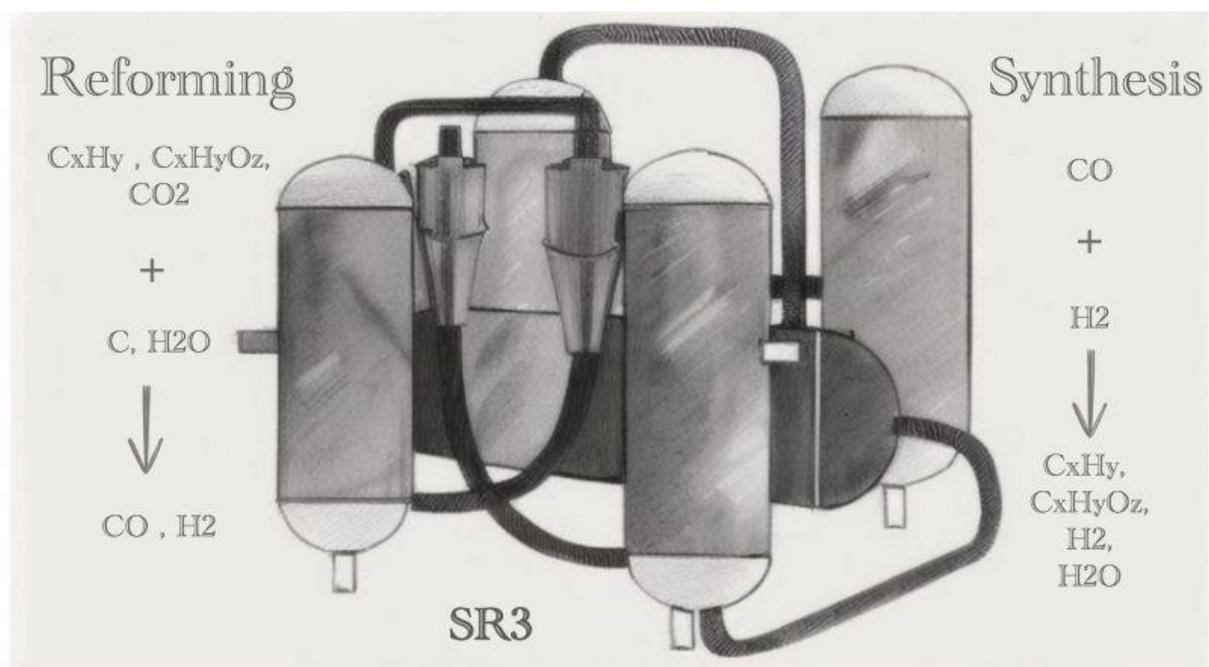
sebuah bangunan - dia selalu terbangun dari susunan batu bata - batu bata yang banyak. Maka ketika kita bisa membongkar bangunan lama yang sudah tidak digunakan lagi hingga menjadi batu bata-batu bata kembali, maka dari batu bata- batu bata ini kita akan bisa membangun bangunan baru apapun.

Batu bata - batu bata RF ini adalah CO dan H₂ atau disebut syngas. Semua material seperti oli bekas, minyak kualitas rendah, lemak hewan, minyak goreng bekas, limbah, sampah dan bahkan CO₂ selalu bisa diurai kembali menjadi CO dan H₂ dengan proses gasifikasi dan reforming.

Setelah kita bisa membongkar sampah, limbah dan emisi tersebut menjadi CO dan H₂, maka 'bangunan' bahan bakar baru apapun yang kita butuhkan bisa dibangun kembali dari CO dan H₂ tersebut melalui proses sintesa. Bahan bakar baru ini bisa berupa hydrocarbon seperti bensin, diesel, LPG dan Sustainable Aviation Fuels (SAF), bisa berupa oxygenates seperti ethanol, methanol dan DME, dan bahkan bisa hydrogen murni.

Seperti juga pekerjaan bongkar-pasang bangunan, kita butuh alat yang sesuai agar bisa berjalan efektif. Demikian pula pekerjaan bongkar- pasang 'bangunan' bahan bakar ini, rangkaian reaktor dalam sketsa di bawah yang kami sebut SR3 (Synthesis and Reforming Reversible Reactor) ini fungsinya untuk menguraikan kembali bahan-bahan yang dicontohkan tersebut di atas, dan menyusunnya kembali menjadi bahan bakar baru yang kita kehendaki.

Dengan SR3 ini misalnya, kita akan bisa merubah oli bekas dan ban bekas menjadi LPG, minyak goreng bekas menjadi hydrogen, limbah cair industri menjadi bensin, emisi CO₂ menjadi diesel, sampah organik perkotaan yang sekarang menjadi beban kota-kota di negara berkembang-pun bisa kita rubah menjadi bahan SAF yang sangat ditunggu-tunggu oleh dunia penerbangan, dan perbagai bahan ataupun bahan bakar lain yang bisa kita bayangkan!



157. Tiga Masalah Satu Solusi : Waste and Emission to LPG

Ada tiga masalah yang sangat umum di hampir seluruh dunia, lebih-lebih di negara berkembang yang tidak memiliki sumber energinya sendiri secara cukup. Tiga masalah ini adalah sampah kota yang belum teratasi, emisi yang belum terkendali dan ketergantungan impor energi yang harus disubsidi, khususnya LPG yang dibutuhkan untuk seluruh lapisan masyarakat miskin maupun kaya, di desa maupun di kota, di seluruh penjuru negeri.

Tiga masalah tersebut hingga kini masih menghantui karena belum adanya solusi yang terintegrasi. Maka inilah solusi yang digagas oleh team R&D dari Advanced Renewable Organization (ARO) untuk seluruh penghuni bumi. Yaitu menjadikan seluruh sampah dan emisi sebagai bahan baku energi khususnya LPG - tetapi LPG yang ini singkatan dari Liquid Propane Gas, karena LPG yang ini bukan dari petroleum.

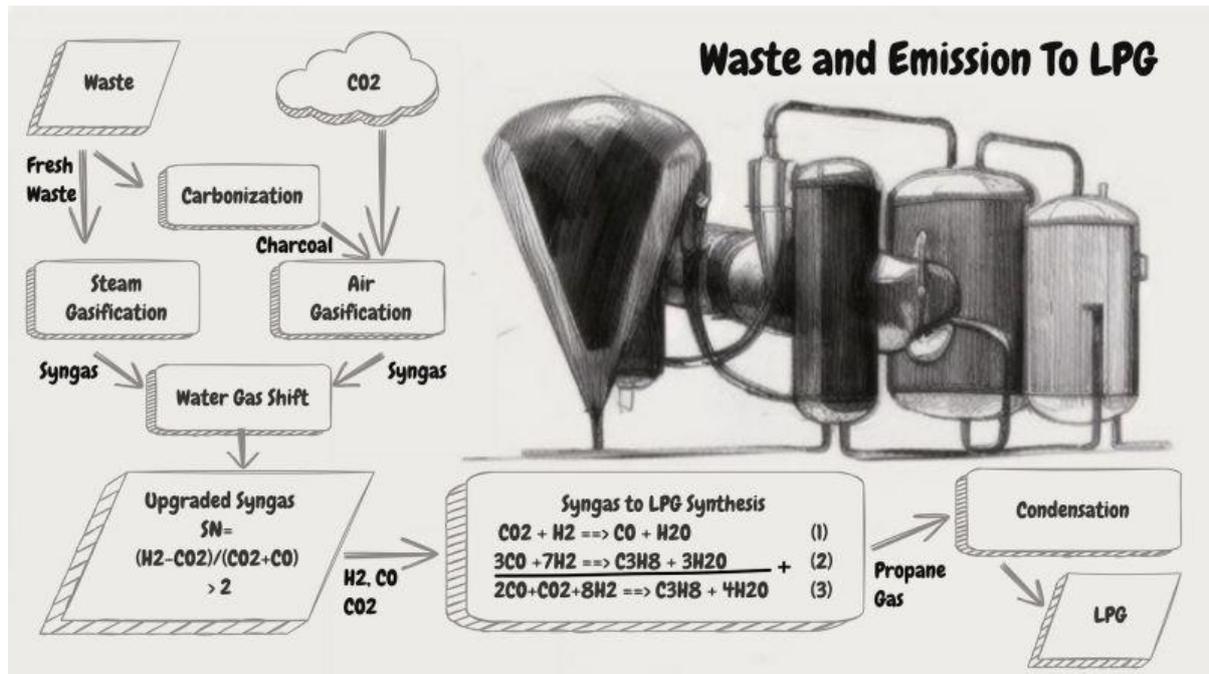
Solusi-solusi semacam ini biasanya hanya berhenti pada kajian, disertasi/thesis dan akhirnya masuk laci. Kami harapkan solusi yang satu ini berbeda, kami jabarkan prosesnya menjadi terperinci - agar bisa dikritisi dan disempurnakan para ahli, dan akhirnya bermanfaat untuk bebersih seluruh bumi, dari sampah dan emisi serta menjadi solusi pemenuhan energi yang tidak harus lagi diimpor dari luar negeri.

Secara ringkas dari diagram proses dan sektsa di bawah, kita akan tahu bahwa memproses sampah dan emisi menjadi energi khususnya LPG itu tidaklah sesulit yang dibayangkan orang. Dengan sedikit pekerjaan R&D dan beberapa kali iterasi membuat reaktor LPG mini seperti pada sketsa ini, negeri ini sudah akan bisa sangat mengururangi tumpukan sampahnya, menurunkan emisi CO-nya dan sekaligus menapaki jalan untuk bisa mandiri energi.

Reaktor pada sketsa ini kami rancang cukup untuk mengolah sampah sekitar 24 ton per hari plus 24 ton CO₂ per hari bila dibutuhkan sebagai opsi, dan hasilnya sekitar 5-7.5 ton LPG per hari. Tidak perlu dibuat kilang yang besar dengan kapasitas ribuan ton per hari, karena justru tidak akan efisien, mengangkut sampahnya ke area yang terpusat yang akan butuh banyak biaya dan menimbulkan banyak problem sosial.

Bila sampah harus diproses di tempat lain (ex-situ) bukan di tempat asalnya (in-situ) seperti misalnya didekatkan dengan sumber emisi CO₂, maka sampah perlu dikarbonisasi menjadi arang agar mudah disimpan dan ditransportasikan serta tidak menimbulkan masalah social.

Pertanyaan yang sering muncul terkait project ini adalah berapa besar nilai investasinya, apakah ini project yang ekonomis untuk dilakukan dlsb. Jawaban sederhananya adalah nilai investasi project ini kurang lebih setara dengan nilai produk LPG yang dihasilkan dalam 1 tahun. Tergantung seberapa efisien operator mengelola biaya-biaya lainnya, tetapi estimasi kami proyek ini bisa balik modal dalam waktu kurang dari 3 tahun!



158. Future Vessels

Sekitar 71% permukaan bumi adalah lautan, maka bangsa-bangsa yang bisa menaklukkan lautan dengan cara yang paling efektif maka merekalah yang memimpin dunia. Negara-negara kuat menjajah negara-negara yang lemah berabad-abad silam, karena mereka lebih dahulu bisa menjelajah lautan dengan kapal-kapalnya yang besar.

Kini jamannya berbeda, penguasaan laut akan identik dengan penguasaan kemakmuran, karena mayoritas barang-barang modal dan konsumsi harus diangkut dengan kapal untuk bisa sampai ke seluruh penjuru dunia. Hanya saja mayoritas kapal laut saat ini masih menggunakan bahan bakar yang kualitasnya lebih rendah dari transportasi darat maupun udara. Akibatnya kapal laut bukan hanya berkontribusi juga pada emisi CO₂ tetapi juga sulfur yang masih sangat tinggi.

Maka kapal-kapal masa depan harus dirancang menggunakan bahan bakar yang paling bersih, bebas CO₂ apalagi sulfur. Idealnya bahan bakar itu hydrogen, hanya saja mayoritas hydrogen yang ada di pasaran sekarang masih diproduksi dari gas alam (methane) dan harus dibawa dalam tangki-tangki yang bertekanan sangat tinggi (700 Bar) atau sangat dingin (-253 derajat Celsius), akibatnya hydrogen yang ada belum benar-benar bebas carbon dan masih sangat mahal, yang disebabkan oleh logistiknya tersebut.

Untuk menaklukkan tantangan kelautan dan mengatasi masalah-masalah yang terkait bahan bakar tersebut di atas, team R&D dari Advanced Renewable Organization (ARO) merancang jeroan kapal masa depan tersebut terutama dari sisi sistem bahan bakarnya.

Kapal ini dirancang menggunakan bahan bakar hydrogen khususnya biohydrogen, namun

dia tidak membutuhkan tangki yang sangat besar dan sangat kuat untuk bisa menahan tekanan 700 bar atau sistem pendingin yang sangat canggih untuk mempertahankan suhu minus 253 derajat Celsius, bahan bakar hydrogen kapal ini dibawa dalam bentuk hydrocarbon sebagai carriernya - sehingga tangki bahan bakar hanya butuh NTP (Normal Temperature and Pressure).

Karena beroperasi pada NTP dan ukuran total tangki bahan bakar, tangki air dan system reformingnya kurang dari 1/2 dari tangki hydrogen, maka kapal ini bisa menyediakan ruangan yang lebih banyak untuk cargo atau penumpangnya. Kapal ini juga dilengkapi teknologi FlueTrap, sehingga emisi CO2nya yang sudah carbon-neutral-pun ditangkap kembali untuk menjadi regenerative fuels - hydrogen carrier berikutnya.

Dengan kapal yang sangat efisien bahan bakar dan zero emission seperti inilah kedepannya laut yang merupakan 71% dari permukaan bumi ini bisa menjadi sarana untuk bisa memeratakan kemakmuran di seluruh permukaan bumi. Jalesveva Jayamahe, justru di laut kita berjaya.



159. Regenerative Hydrogen from the Past Centuries Theories

Bahwa energi baru bisa dilahirkan kembali dari limbah penggunaan energy sebelumnya, ini bukan teori baru. Teorinya sudah dikembangkan oleh para ilmuwan dari beberapa abad silam. Dua yang kami eksplorasi adalah pertama Boudouard reaction, temuan ilmuwan Perancis abad 20, Octave Leopold Boudouard. Dan yang kedua temuan ilmuwan Italy abad 18 Felice Fontana yang disebut Water Gas Shift (WGS).

Yang kami lakukan kemudian mengintegrasikan dua teori dari dua ilmuwan tersebut, menjadi solusi energi bersih, khususnya produksi hydrogen yang murah dan sustainable seperti pada ilustrasi di bawah. Formula kedua teori tersebut sudah sering saya share, kali ini saya share contoh perhitungan pada mass and energy balance-nya.

Dengan teorinya Boudouard, bila kita reaksikan 214 kg arang (unsur C) dengan 786 kg emisi CO₂, hasilnya berupa energi baru, yaitu gas CO sebesar 1,000 kg setara kandungan energi 10,000 MJ. Dari sisi masa, 1,000 kg MJ berasal dari masa C dan masa CO₂. Tetapi dari sisi energi, 10,000 MJ adalah berasal dari energy yang dibawa oleh unsur C (6,500 MJ) dan energi yang ditambahkan dalam bentuk panas (3,500), karena Boudouard reaction bersifat endotermik - butuh panas.

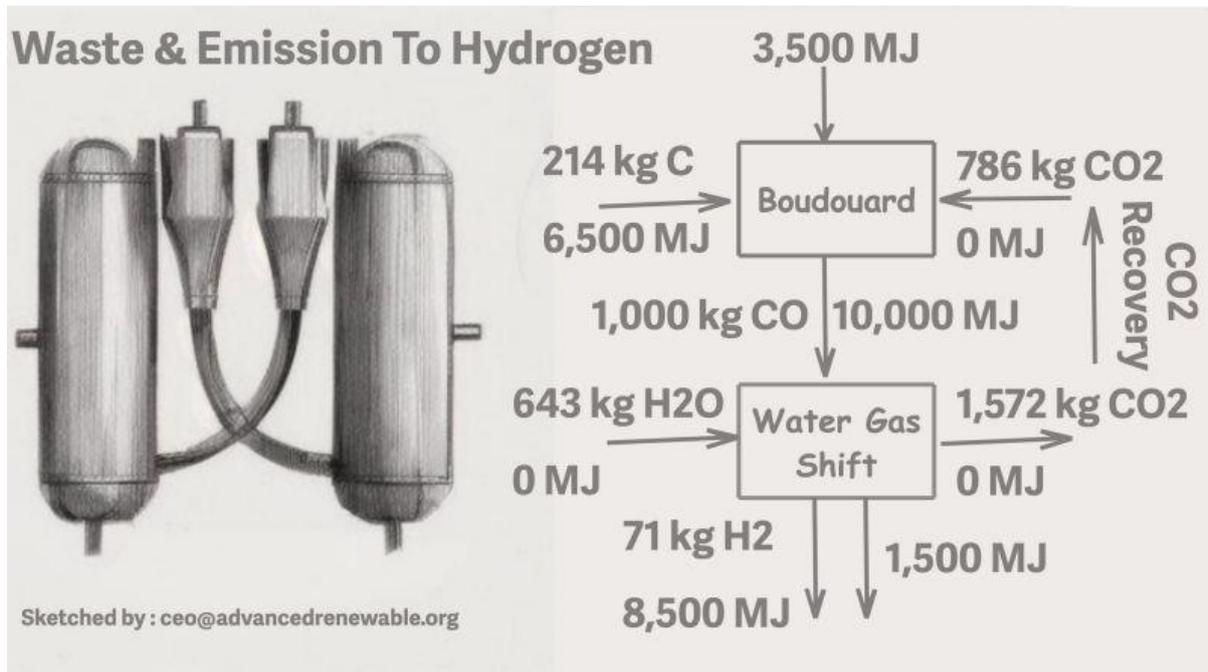
Berdasarkan hukum kekekalan energi atau hukum termodinamika 1, energi tidak bisa diciptakan ataupun dimusnahkan, dia hanya berubah bentuk. Di Boudouard reaction, energi yang tersimpan di unsur C dan energi panas yang ditambahkan, berubah menjadi energi yang tersimpan dalam bentuk gas CO.

Bila energi yang tersimpan tersebut kita lanjutkan reaksinya dengan teorinya Felice Fontana yang disebut WGS tersebut di atas, hasilnya berupa gas hydrogen dan emisi CO₂ yang jumlahnya dua kali lebih banyak dari CO₂ yang digunakan sebagai inputan di reaksi pertama. Tambahan CO₂ ini berasal dari unsur C yang bereaksi dengan oksigen.

Reaksi kedua WGS bersifat eksotermis, mengeluarkan panas, sehingga 10,000 MJ yang dibawa oleh gas CO ketika bereaksi dengan uap, berkurang sekitar 15%-nya atau 1,500 MJ berupa energi eksotermis yang dihasilkan oleh reaksi WGS ini, dan hasil bersihnya berupa hydrogen murni yang membawa energi sebesar 8,500 MJ.

Kita bisa lihat dari dua reaksi tersebut, bahwa C yang semula hanya membawa 6,500 MJ menghasilkan produk akhir berupa H₂ yang membawa 8,500 MJ. Memang butuh tambahan energi panas di reaksi pertama, pada reaktor Boudouard yang kami rancang seperti pada sketsa, sumber panas itu berasal dari sebagian kecil sampah yang kita korbakan untuk menjadi energi proses.

Selain H₂, emisi yang keluar dari WGS berupa CO₂ juga ditangkap kembali, sebagian bisa langsung menjadi inputan reaksi pertama - dari sinilah konsep regenerative hydrogen berasal, sedangkan sebagian lain bisa disimpan dalam bentuk adsorbate (CO₂ yang melekat pada adsorbent), untuk menumbuhkan microalgae, atau digunakan untuk berbagai keperluan lainnya dalam konteks CCU - Carbon Capture and Utilization.



160. The Significant of Mastering Energy Conversion

Karena berbagai sebab, negara-negara di dunia yang tidak memiliki sumber minyak dan gas sendiri secara cukup, hingga kini masih memilih impor dari negara lain yang memiliki sumber berlebih. Padahal impor minyak dan gas ini selain buruk bagi lingkungan karena emisi carbon dan carbon footprint-nya, juga buruk bagi ekonomi negara yang terus bergantung pada impor bahan bakar.

Nilai impor adalah faktor pengurang pada formulasi GDP, sehingga ketergantungan pada bahan bakar impor menjadi faktor pemiskin bagi ekonomi suatu negeri. Maka harus ada upaya yang sungguh-sungguh dari setiap negara untuk bisa mandiri energi. Dan di era transisi energi, ini menjadi peluang untuk memperbaiki ekonomi sekaligus lingkungan dengan mandiri energi yang carbon-neutral.

Sumber energi bersih itu melimpah di sekitar kita, semua yang mengandung carbon dan hydrogen seperti sampah dan limbah adalah sumber energi yang tidak ada habisnya. Hanya saja, dalam kondisi aslinya, sampah dan limbah umumnya masih dilihat sebagai sumber masalah. Pemerintah kota hanya berfikir menghilangkan beban sampah ini dan sangat kecil effort untuk mengolahnya.

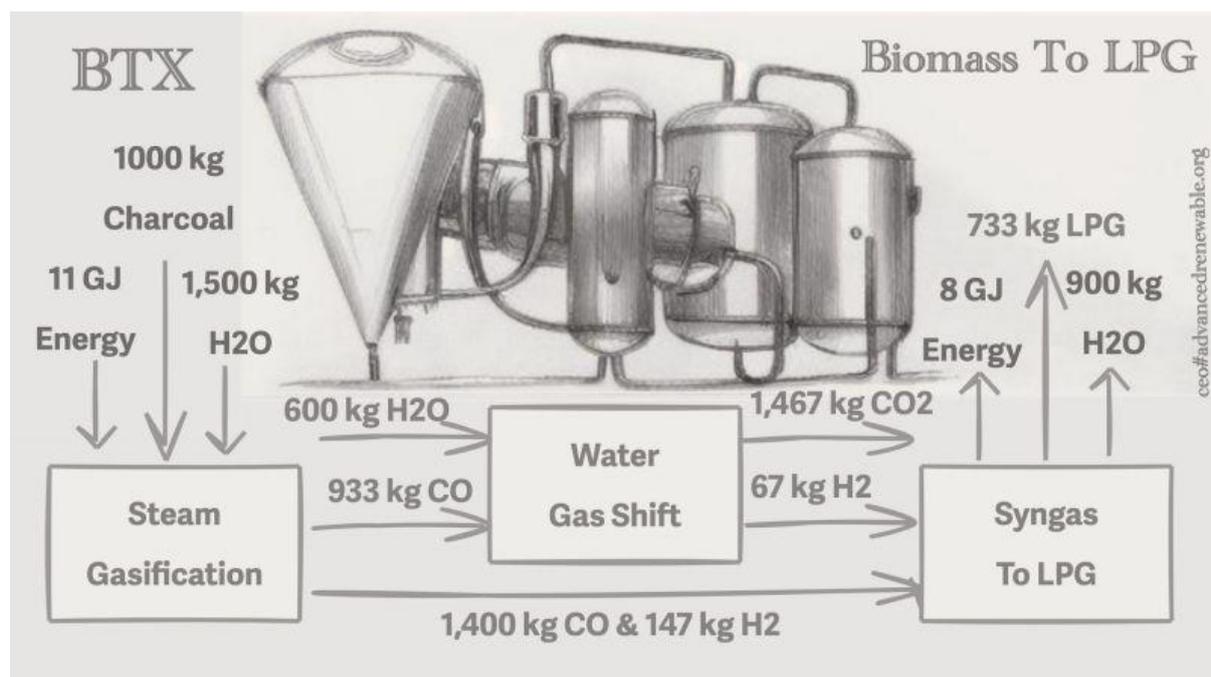
Padahal ketika sampah dan limbah dikarbonisasi menjadi arang saja, dia sudah berubah dari liability menjadi aset. Volumennya-pun menyusut menjadi sekitar 1/3 dari volume asalnya, tetapi kandungan energinya melonjak. Ketika sampah dan limbah telah berubah menjadi arang, dia sudah menjadi aset yang mengandung energi tinggi, setiap kilogram arang mengandung sekitar 30 MJ energi atau sekitar 2/3 dari energi yang terkandung dalam minyak bumi.

Hanya saja menggunakan arang sebagai bahan bakar mungkin dianggap kuno dan repot, tidak praktis dlsb. Di jaman ini tentu arang tidak harus digunakan dalam bentuk arang begitu saja, itulah pentingnya penguasaan konversi energi yang harus ditumbuhkan di tengah masyarakat - agar proses transisi menuju energi bersih bisa berhasil.

Sketsa di bawah adalah contoh konversi energi, dari arang menjadi LPG yang dirancang oleh Advanced Renewable Organization (ARO). Intinya hanya perlu tiga langkah untuk merubah bahan bakar kuno seperti arang menjadi bahan bakar modern yang saat ini digunakan di seluruh dunia yaitu LPG.

Langkah pertama arang digasifikasi menjadi syngas, hasilnya masih syngas standar, sedikit mengandung H₂ dan mayoritasnya CO. Kedua meng-upgrade syngas standar ini menjadi syngas yang kaya H₂, rasio H₂/CO > 2.3, ini yang diperlukan untuk feedstock LPG. Dan yang ketiga sintesa LPG dari syngas yang sudah diupgrade tersebut.

Dengan perincian mass & energy balance di bawah, kita akan bisa tahu bahwa LPG yang carbon-neutral itu mestinya murah dan sangat doable, bisa dilakukan produksinya bahkan pada tingkat komunitas, perusahaan menengah, pemerintah daerah dan apalagi pemerintah pusat. Sumber energi bersih melimpah di sekitar kita, mengapa kita melanggengkan impor energi kotor yang terus memiskinkan penduduk negeri-negeri pengimpor bahan bakar?



161. Power of Waste Heat

Beberapa jenis energi baru itu sebenarnya sudah tersedia melimpah di sekitar kita, yang sudah pernah saya share sebelumnya adalah dari efisiensi energi, yaitu bila kita bisa meningkatkan efisiensi dari 25% (ICE - Gasoline) menjadi 50% (Reformed Gasoline Fuel Cells) misalnya, kita sudah seperti menemukan 100% energi baru.

Yang tidak kalah melimpah adalah energi yang selama ini terbuang berupa waste heat, di industri pembangkit misalnya - energi yang terbuang berupa waste heat ini lebih besar dari energi yang berhasil dikonversi menjadi listrik, itulah mengapa rata-rata efisiensi energi di pembangkit listrik hanya berada di kisaran 30%.

Pertanyaannya kemudian adalah bagaimana memanfaatkan waste heat ini? Pertanyaan ini sudah dijawab antara lain oleh ilmuwan Scotlandia dari abad 19 W.J. Macquorn Rankine yang kemudian melahirkan apa yang kita kenal sebagai Organic Rankine Cycle (ORC).

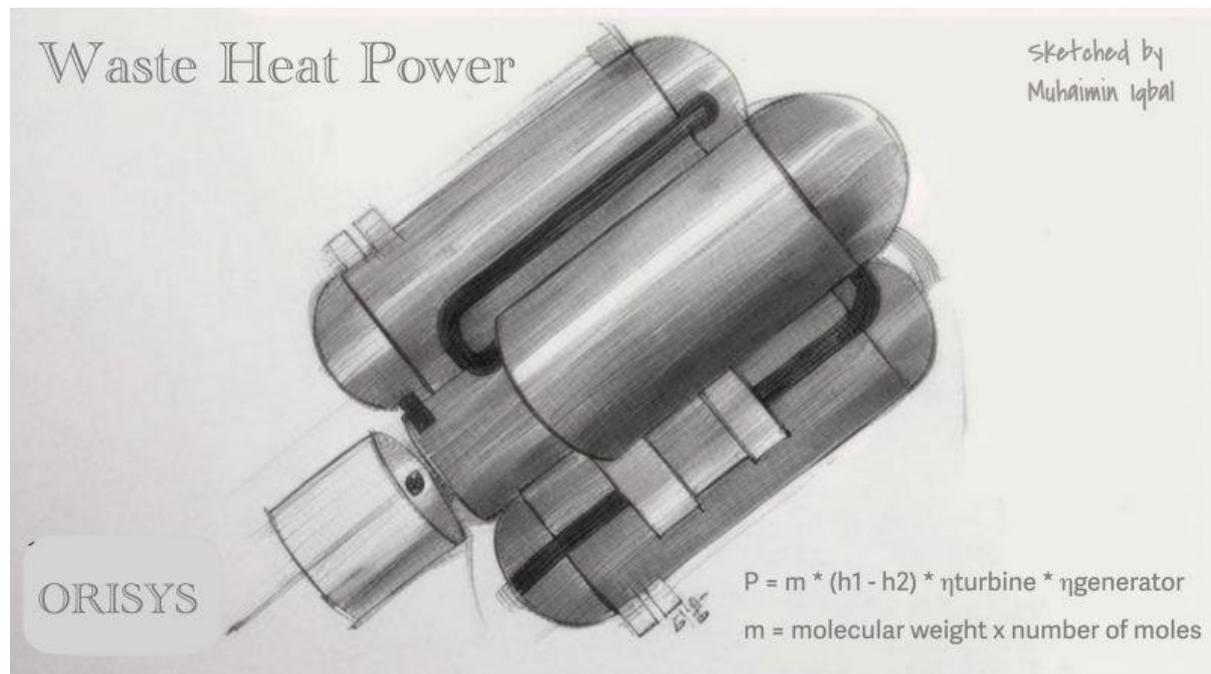
Sederhana seperti mesin uap, ketika air dipanaskan dia menguap menjadi molekul-molekul air, molekul-molekul ini menjadi tenaga yang bisa menggerakkan turbin dan akhirnya menjadi listrik. Namun karena berat molekul air (H_2O) hanya 18, dan butuh suhu 100 derajat Celsius untuk menguap, maka kekuatan air ini tidak terlalu besar dan butuh panas yang relatif tinggi untuk menguap menjadi molekul-molekul air yang bertenaga.

Nah ketika fluida yang semula berupa air tersebut kita ganti dengan fluida lain yang memiliki berat molekul yang 7 kali dari berat molekul air, dan fluida ini menguap di bawah suhu 60 derajat Celsius misalnya, maka kita akan bisa merancang 'turbin uap' yang jauh lebih kecil dan dengan suhu yang jauh lebih rendah untuk menghasilkan power yang sama dengan yang dihasilkan oleh turbine uap air tersebut di atas.

Maka dasar teorinya W.J. Macquorn Rankine tersebut di atas yang kami gunakan di Advanced Renewable Organization (ARO) untuk mendesign mesin penangkap waste heat sekaligus mengkonversinya menjadi listrik yang kami sebut ORISYS (Organic Rankine System) seperti pada sketsa di bawah. Gambar versi AI-nya sudah sering saya share sebelumnya juga.

Tergantung fluida yang digunakan, ORISYS ini bisa bekerja menangkap waste heat pada rentang suhu 80 -400 derajat Celsius, serta dapat disusun secara berjenjang 2 - 3 tingkatan, ORISYS yang pertama menangkap limbah panas awal, yang kedua menangkap limbah panas yang keluar dari ORISYS pertama, dan yang ketiga menangkap limbah panas dari ORISYS yang kedua.

Bila hingga jaman super modern ini kita masih fokus pada pencarian energi baru berupa 'what', kini sudah waktunya melebarkan fokus ke 'how', yaitu bagaimana kita memanfaatkan energi yang sudah ada di depan mata yang sangat melimpah ini menjadi energi baru kita yang tiada habisnya.



162. Hydrogen Mobiiy Untuk Negeri Bahari

Saking banyaknya pulau yang kita miliki, lebih dari 17,500 pulau, baru sekitar 1/3nya yang dihuni, sebagian besar belum dihuni dan bahkan tidak sedikit yang belum diberi nama. Di sisi lain, sedikit pulau dihuni oleh begitu banyak penduduk di kota-kota besarnya - hingga nyaris tidak cukup lagi daya dukung kehidupannya.

Apa yang menjadi kendala penyebaran penduduk dan juga berarti penyebaran kemakmuran ini? Penyebab utamanya adalah transportasi. Banyak diantara pulau-puau itu yang terlalu jauh untuk ditempuh dengan kapal laut, dan terlalu mahal untuk ditempuh dengan pesawat terbang.

Pengadaan sarana dan prasarana untuk transportasi seperti pelabuhan dan lapangan udara juga dilematis seperti ayam dan telur. Ketika pelabuhan dan lapangan terbang dibangun di suatu pulau lebih dahulu sebelum pulau itu ramai penghuni, maka banyak pelabuhan dan lapangan terbang yang mahal menjadi ngangkrak tidak berfungsi. Sementara suatu pulau tidak mungkin bisa ramai dengan aktivitas ekonominya bila belum tersedia pelabuhan dan lapangan terbang.

Masalah lain yang dihadapi oleh ribuan pulau-pulau tersebut adalah ketersediaan bahan bakar. Tidak murah dan tidak mudah mengangkut bahan bakar ke pulau-pulau kecil dan terpencil, sehingga potensi pulau-pulau tersebut tidak terolah karena kendala bahan bakar ini.

Namun situasi dilematis seperti ayam dan telur tersebut akan segera terpecahkan untuk negeri bahari ini dan juga negeri-negeri bahari lain seperti Filipina, Maladewa, negeri-negeri

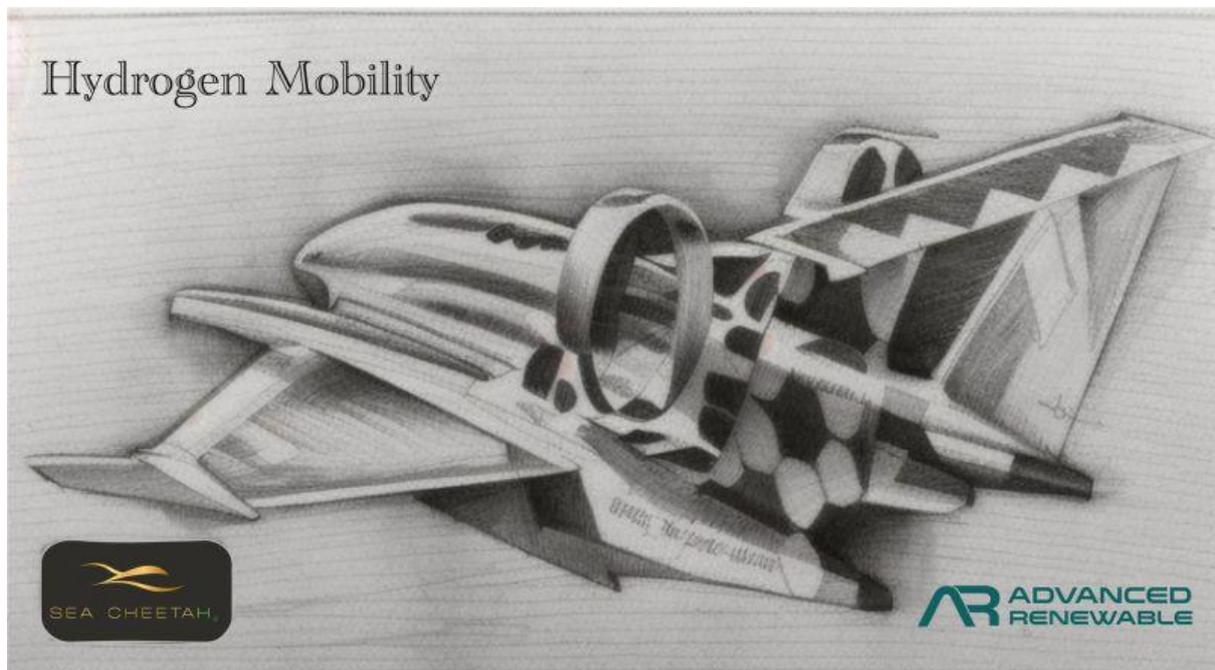
di Pacific selatan dlsb. Solusi ini datang dari kolaborasi antara kapal khusus yang terbang beberapa meter di atas permukaan laut yang disebut Wing In Ground Effect (WIGE), dan biohydrogen yang bisa diproduksi dimanapun kapal ini mendarat.

WIGE-nya dirancang dan diproduksi oleh Sea Cheetah Corporation yang berbasis di Miami Amerika Serikat, sedang biohydrogen on demand, yaitu biohydrogen yang diproduksi in-situ dan in-time, di tempat dan pada saat dibutuhkan, adalah hasil R&D dan produksi Advanced Renewable Organization (ARO) yang berbasis di Indonesia.

WIGE ini jenisnya kendaraan laut, diatur oleh otoritas kemaritiman dunia yang lebih lunak dari otoritas penerbangan, namun kecepatannya mendekati pesawat terbang. Dia sangat hemat bahan bakar karena tidak perlu energi besar untuk bisa naik hingga beberapa kilometer dari permukaan laut seperti pesawat terbang, cukup beberapa meter atau separuh bentang pesawat - dari permukaan.

Karena terbang sangat rendah ini, tentu tidak boleh mengeluarkan kebisingan seperti pesawat terbang. Karenanya WIGE karya Sea Cheetah ini dirancang menggunakan tenaga dari mesin hydrogen fuel cells, sehingga kendaraan ini sangat hening, bebas kebisingan dan bebas emisi.

Dengan solusi ini nantinya tidak akan ada lagi pulau yang terlalu jauh atau terlalu terpencil untuk dihuni dan dimakmurkan, objek-objek wisata baru akan bermunculan dari pulau-pulau indah yang kini belum terolah, hasil lautpun akan melimpah.



163. Fast Lane Transition : Black To Green Energy

Suhu udara di sejumlah negara terus memecahkan rekor tertingginya, nampaknya upaya dunia untuk mencapai Net-Zero Emission 2050 dalam rangka mengerem agar suhu permukaan bumi tidak naik lebih dari 1.5 derajat Celsius dibanding era pra-industri, harus segera direvisi. Bumi bisa jadi keburu mendidih jauh sebelum 2050 bila kita tidak segera berbuat yang significant saat ini juga.

Lantas apa solusinya yang win-win, tidak merugikan siapapun tetapi seluruh penduduk bumi akan segera merasakan perbaikannya, suhu permukaan bumi yang kembali bersahabat untuk kita yang hidup saat ini dan lebih baik lagi untuk anak keturunan kita nantinya?

Yang kami gagas di Advanced Renewable Organization (ARO) adalah apa yang kami sebut Fast Lane Transition (FLT), perubahan secara cepat dari energi fosil, menuju energi hijau yang dilakukan secara simultan. Batu bara dan minyak bumi tetap dipakai sampai kita benar-benar siap dengan kecukupan energi hijau, namun udara yang bebas emisi juga bisa dicapai saat ini juga. Bagaimana caranya?

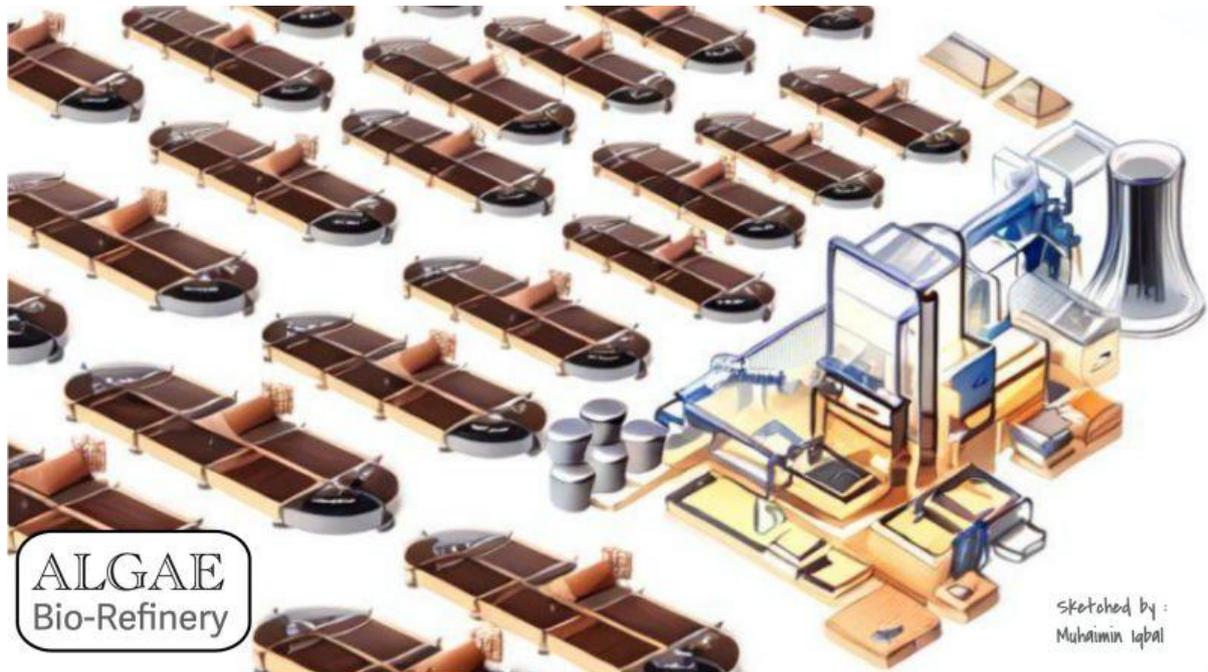
Sketsa dibawah kurang lebih menggambarkan solusinya. Batubara dan minyak bumi hanya digunakan untuk pembangkit listrik dan mesin statis, kemudian sepenuhnya ditangkap emisi CO2nya dan digunakan langsung untuk menumbuhkan microalgae. Biomassa dari microalgae ini yang kemudian digasifikasi menjadi syngas dan diproses lebih lanjut menjadi bahan bakar apa saja yang kita butuhkan.

Semua kendaraan dan mesin yang menggunakan internal combustion engine (ICE), baik bensin maupun diesel, dapat terus digunakan tetapi bensin dan dieselnnya digantikan oleh biogasoline dan green diesel yang dihasilkan oleh microalgae tersebut. Emisi akan tetap muncul dari mesin-mesin ICE yang ada, tetapi dia sudah carbon -neutral, karena emisinya dari CO2 yang diserap untuk fotosintesa microalagae tersebut.

Solusi ini akan win-win karena seluruh produsen bahan bakar fosil berupa batubara dan minyak akan tetap dipakai produknya - hanya diarahkan agar semuanya digunakan untuk pembangkit listrik atau mesin yang statis agar mudah ditangkap CO2nya untuk budidaya microalge. Sedangkan seluruh produsen ICE untuk kendaraan juga tetap bisa produksi, hanya bahan bakarnya yang semula dari minyak bumi kini berasal dari microalgae ini.

Teknologi konversi energi dari biomassa microalgae hingga menjadi green diesel, biogasoline, bioLPG dan bahkan juga green hydrogen, semuanya kini sudah bisa dipesan ke ARO. Sedangkan budidaya microalgae yang efektif sudah beberapa pihak yang mengembangkannya, diantaranya yang sangat menjanjikan adalah apa yang sudah dilakukan oleh [Tagar#PhotosyntheticRegeneration](#) (PR) dari US, sedang dari Indonesia yang dirintis oleh teman-teman di [Tagar#AlgaeNation](#).

Tentu pekerjaan besar restorasi iklim bumi ini butuh keterlibatan semua pihak, utamanya para pelaku industri energi, transportasi, otomotif dlsb. yangharus segera menyadari bahwa bumi kita tidak sedang baik-baik saja, bumi kita sedang mendidih!



164. Carbon Reutilization : Healing Earth in 7 Steps

Bahwa bumi kita sedang tidak baik-baik saja, gejalanya begitu jelas dengan 'suhu tubuh' nya yang terus memecahkan rekor baru. Panas udara yang 40-an derajat Celsius kini menjadi biasa, bahkan di sejumlah negara sudah mencapai rekor di 50-an, dan satu negara mencapai 60-an! Bila ini tidak segera tertangani, bisa dibayangkan apa yang akan terjadi berikutnya.

Maka sketsa dibawah adalah apa yang bisa kita lakukan dengan cepat untuk memulihkan bumi yang sedang sakit ini. Karena masalah kita dari carbon, solusinya ini juga dari carbon - di dalam kesulitan ada kemudahan!

Pertama rubah sumber carbon berupan sampah, limbah dan bahkan juga batubara (1) menjadi carbon yang mendekati murni melalui proses karbonisasi. Kemudian setelah diaktivasi dan difungsionalisasi menjadi Activated and Functionalized Carbon (AFC), manfaatkan AFC ini untuk menangkap emisi CO₂ yang saat ini menjadi biang keladi sakitnya bumi (2).

Langkah ketiga adalah reaksi C dan CO₂ untuk menjadi CO (3). Setelah menjadi CO bisa saja kita gunakan untuk memproduksi regenerative energi apa saja yang kita butuhkan, tetapi kali ini CO kita gunakan untuk memproduksi H₂ (4). Apa pentingnya H₂ ini?, bila digunakan sebagai energi dia energi yang sangat bersih, bisa juga dia menjadi unsur utama bersama N₂ untuk revolusi hijau, yaitu produksi ammonia.

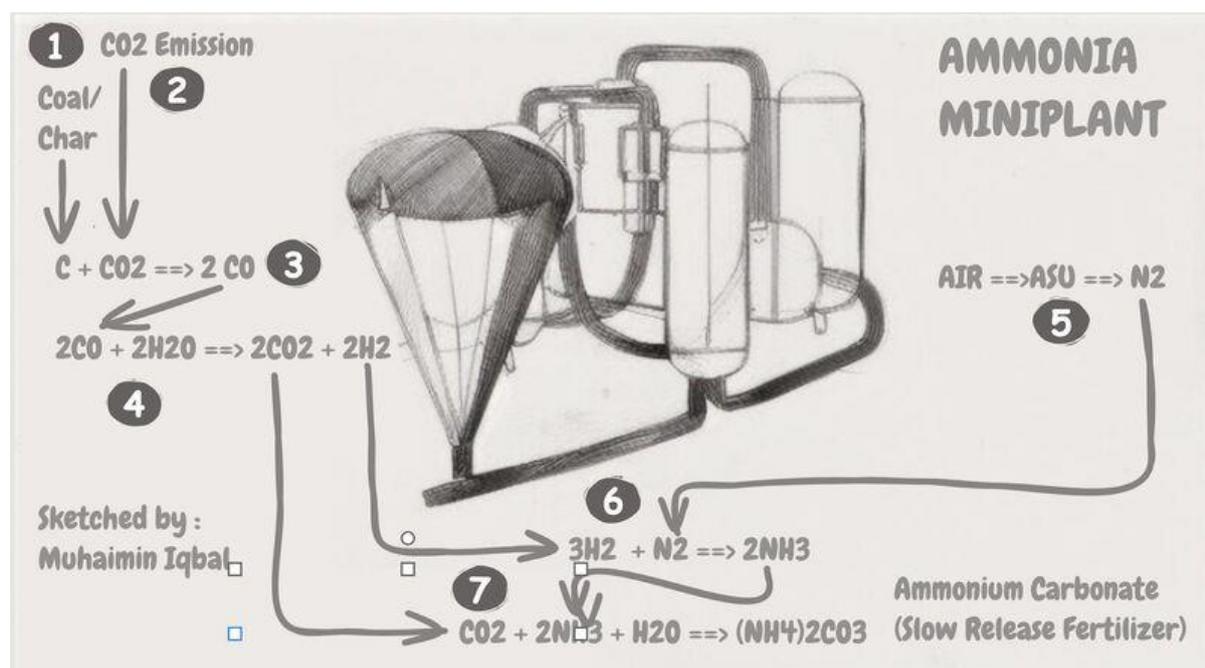
N₂ diperoleh dari udara (5) yang memang mengandung sangat banyak N₂ ini (sekitar 78% udara adalah nitrogen). Karena mayoritas tanaman tidak bisa mem-fiksasi N₂ langsung dari udara, dia harus diproses dahulu menjadi NH₃. Ketika H₂ dari langkah 4 dan N₂ dari langkah

5 direaksikan dalam proses yang disebut Haber-Bosch, jadilah dia ammonia (NH₃) yang sangat dibutuhkan tanaman untuk menghasilkan klorofilnya (6).

Klorofil tanaman inilah yang sangat kita butuhkan untuk menyerap CO₂ selebihnya yang ada di atmosfer bumi, dan memproduksi udara bersih berupa oksigen yang juga sangat dibutuhkan untuk pernafasan seluruh warga Kingdom Animalia di muka bumi - termasuk manusia.

Namun masih butuh satu langkah lagi agar NH₃ yang diperoleh dengan susah payah tersebut bisa benar-benar efektif untuk menumbuhkan tanaman di seluruh permukaan bumi yang kini masih gersang, termasuk di negeri-negeri gurun. Kita butuh 'menyimpan' NH₃ sedemikian rupa, sehingga dia cukup kuat atau aman tersimpan dan tidak mudah menguap atau larut oleh air, tetapi cukup lemah untuk dapat dengan mudah diserap oleh tanaman.

Untuk ini NH₃ bisa kita simpan dalam bentuk Slow Release Fertilizer (SRF) berupa ammonium karbonat - (NH₄)₂CO₃, untuk ini NH₃ cukup direaksikan dengan CO₂ yang berasal dari limbah emisi di langkah 4 dan air (7). Maka dengan 7 langkah ini tidak ada lagi CO₂ berlebihan yang mengembara di atmosfer bumi, juga tidak ada lagi permukaan bumi yang dibiarkan gersang menjadi gurun - desertification, semua jenis tanaman dengan mudah ditanam dengan subur melalui ketersediaan SRF tersebut di atas.



165. Simply Climate Action

Tahun lalu kami memenangkan Climate Impact Innovation Challenge (CIIC) tingkat ASEAN yang disponsori oleh [Tagar#TemasekFoundation](#) Singapura. Salah satu tools yang kami gunakan untuk memenangkan challenge tersebut adalah alat sederhana yang kami sebut

Ecogas SmartTube (EST) seperti dalam gambar di bawah. Bagaimana alat sederhana seperti ini bisa memenangkan kompetisi bergengsi yang akhirnya diadakan bersamaan dengan KTT ASEAN tersebut?

Akat sederhana inilah salah satu model bahwa kita bisa berbuat nyata untuk meredam perubahan iklim. Bumi kita yang sedang mendidih terus menerus memecahkan rekor panas tertingginya, harus direm dengan sekuat tenaga bersama-sama laju pemanasan globalnya ini, agar bumi kita bisa kembali nyaman untuk tempat tinggal kita dan anak keturunan kita ini nanti.

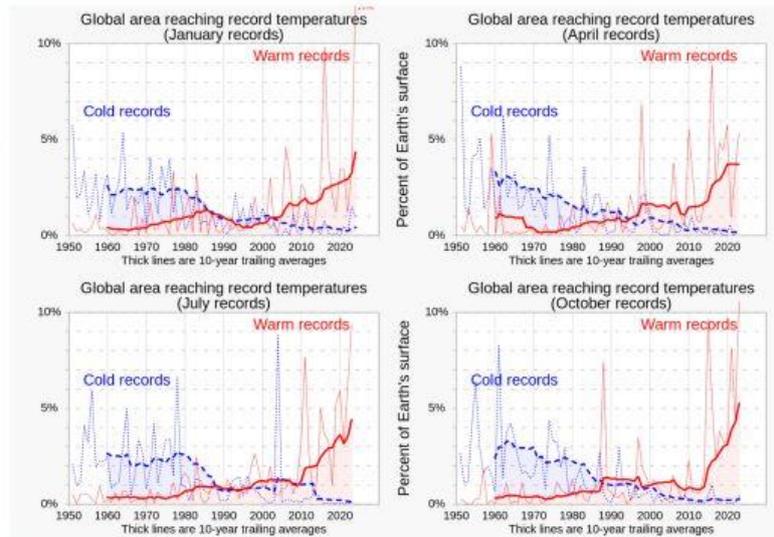
EST ini memproduksi gas in-situ and in-time, di tempat dan saat dibutuhkan saja, jadi tidak perlu mengimpor gas propane dan butan untuk bahan LPG kita. Dengan arang yang dibuat dari biomassa apapun yang melimpah di sekitar kita - kita sudah bisa memproduksi gas sendiri.

Gas yang dihasilkan EST ini bisa digunakan langsung untuk memasak dan berbagai kebutuhan pemanasan di UMKM maupun industri - tinggal dibuat yang ukurannya sesuai. Bahkan bila diperlukan, kualitas gasnya bisa ditingkatkan untuk mejadi syngas yang kaya hydrogen, sehingga bisa langsung digunakan untuk memproduksi bahan bakar tingkat lanjut seperti diesel, bensin, LPG dst.

Bagaimana EST yang sederhana ini bisa berperan dalam meredam perubahan iklim? Setiap kg LPG yang digantikan oleh gas dari EST ini, sekitar 3 kg emisi CO2 menjadi neutral. Jadi satu bulan saja Anda menggunakan EST ini untuk menggantikan kebutuhan 1 tabung LPG 12 kg, Anda sudah akan berkontribusi menurunkan emisi CO2 sebesar 36 kg. Bisa dibayangkan kalau ini dilakukan rame-rame bersama UMKM dan industri, akan sangat banyak CO2 yang bisa kita netralkan bersama.

Bukan hanya dampak langsung penurunan emisi CO2 ini yang bisa ditrigger oleh penggunaan EST tersebut, carbon foot print energi domestik juga akan turun drastis. Tidak perlu lagi ada (bahan) LPG yang perlu diangkut separuh perjalanan bumi dan kemudian didistribusikan ke seluruh penjuru negeri. Subsidi energi-pun akan sangat berkurang, dan masyarakat bisa terlibat langsung dalam green energy economy.

Kami butuh mitra para penggerak lingkungan, praktisi ESG, koperasi dan berbagai NGO yang terkait untuk bisa memasalkan climate action yang sederhana namun efektif ini. Demo penggunaan EST ini dapat disaksikan pada video berikut : <https://lnkd.in/g9wxPCy8>



Global Temperature Record High/Low

166. Introducing Solid Gas

Dalam ilmu fisika kita mengenal beberapa fase benda diantaranya padat, cair dan gas, yang pada masing-masingnya memiliki karakternya sendiri. Dari sisi penanganan logistik misalnya, tiga contoh fase tersebut membutuhkan sarana dan prasarana yang sangat berbeda.

Mengirim gas LPG pada suhu normal misalnya, butuh tekanan di kisaran 20 Bar, gas alam butuh 200 Bar dan hydrogen malah butuh tekanan 700 Bar. Karena tantangan logistik inilah gas hydrogen dijual sangat mahal relatif terhadap energy yang dibawanya.

Karena tingginya harga hydrogen tersebut, maka bahan bakar yang sangat bersih ini masih sulit dimasalkan. Berbagai pihak-pun mengembangkan apa yang disebut hydrogen carrier. Bentuknya bisa berupa gas tetapi yang tekanannya lebih rendah seperti DME, atau dalam bentuk cair seperti methanol, ethanol dan hydrocarbon. Bahkan ada yang menyimpannya dalam bentuk padatan, yaitu hydrogen disimpan dalam magnesium berupa MgH_2 .

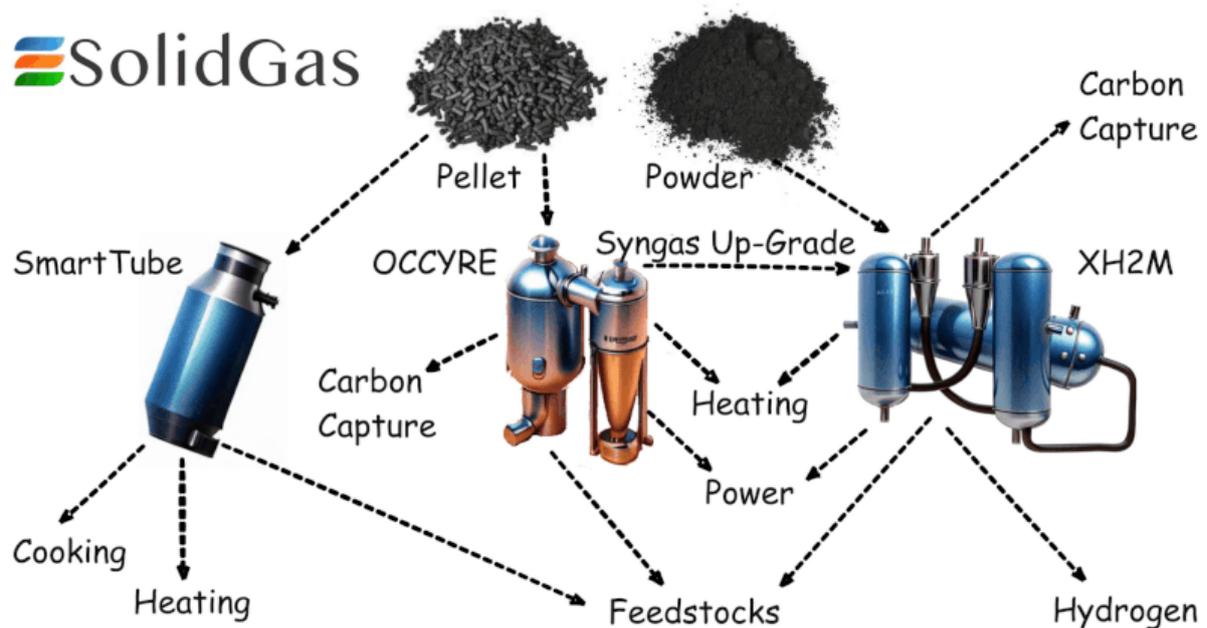
Cara terakhir dengan menyimpan hydrogen dalam MgH_2 sepintas nampak menarik, namun belum juga efektif karena tingginya berat carrier (Mg) itu sendiri, Akibatnya logistik tetap akan mahal karena 1 ton MgH_2 hanya bisa men-deliver sekitar 77 kg H_2 . Pengiriman bolak balik MgH_2 (isi) dan Mg (kosong) juga masih akan mahal karena jauh lebih berat carrier dari pada H_2 yang dibawanya tersebut.

Dari berbagai permasalahan logistik tersebutlah kami di Advanced Renewable Organization (ARO) memperkenalkan inovasi baru dalam delivery gas termasuk hydrogen. Konsep baru ini kami kenalkan sebagai SolidGas (Singkatan dari Solid, Liquid and Gas). Media yang kami gunakan untuk gas delivery ini adalah arang dalam bentuk pellet ataupun powder.

Dengan arang inilah kita bisa memproduksi gas apa saja in-situ and in-time, di tempat dan pada saat digunakan, sehingga dalam logistiknya - penyimpanan dan pengiriman - gas masih 'tersimpan' dalam bentuk padatan yaitu arang tersebut. Pengiriman menjadi mudah dan murah karena arang bahkan dikirim dalam bentuk bulk-pun tetap aman, arang juga sekali pakai, tidak butuh pengiriman bolak-balik.

Di tempat arang hendak digunakan, tinggal kita tempatkan reaktor yang sesuai dengan kebutuhan. Bila gas hanya akan digunakan untuk masak atau pemanas, maka reaktornya cukup tabung cerdas atau SmartTube. Bila gas hendak dibutuhkan untuk pembangkit listrik, pemanasan, bahan baku untuk industri dlsb., bahkan juga untuk menangkap emisi carbon, maka yang dibutuhkan adalah reaktor OCCYRE (Onboard Carbon Cycles for Regenerative Energy), yang juga masih relatif sederhana.

Bila gas yang dibutuhkan adalah hydrogen, baru kita gunakan reaktor yang canggih yang kita sebut XH2M (Extra High Hydrogen With Membrane). Dengan XH2M ini setiap ton powder arang bisa men-deliver 330 kg gas H₂, atau 4 kali lebih efektif dari hydrogen carrier padat lainnya (MgH₂). Inovasi ini akan tampil di International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024), Lund, Swedia minggu depan. InsyaAllah,



167. Bio and Regenerative Hydrogen

Sumber energi bersih yang melimpah itu ada di sekitar kita, yaitu biomassa, air dan CO₂. Dengan ketiganya kita bisa memproduksi biohydrogen atau regenerative hydrogen dimana saja kita butuhkan. Apa beda keduanya?

Biohydrogen adalah pemisahan hydrogen dari air menggunakan biomassa atau arang

melalui dua reaksi dibawah, yaitu Water Gas (1) dan Water Gas Shift (2). Kalau dijumlahkan menjadi reaksi 3 yang sederhana. Dari sini kita bisa melihat bahwa hydrogen bisa diproduksi langsung hanya dengan air dan arang.

Bila CO₂ yang keluar dari reaksi 2 kita tangkap dan proses kembali untuk menghasilkan hydrogen, hasilnya disebut regenerative hydrogen - yaitu hydrogen yang diperoleh dengan cara memproses ulang CO₂ yang keluar dari proses sebelumnya. Untuk ini juga hanya butuh dua reaksi, yaitu Boudouard (4) dan Water Gas Shift (5). Bila keduanya dijumlahkan akan menghasilkan reaksi ke 6, dari sini kita bisa melihat bahwa berbeda dengan biohydrogen yang dihasilkan dari arang dan air, regenerative hydrogen dihasilkan dari CO₂, arang dan air.

Pertanyaannya adalah bagaimana kita bisa mereaksikan arang dengan air atau CO₂, arang dan air menjadi hydrogen yang efektif? disitulah dibutuhkan alat yang disebut reaktor. Reaktor di dalam gambar di bawah adalah reaktor yang kami buat untuk memfasilitasi produksi bio dan regenerative hydrogen melalui serangkaian reaksi-reaksi tersebut di atas.

Idealnya bio dan regenerative hydrogen ini langsung digunakan sebagai bahan bakar untuk mesin-mesin Internal Combustion Engine (ICE) maupun Fuel Cells (FC), tetapi untuk ini butuh mesin-mesin yang memang disiapkan untuk menggunakan bahan bakar hydrogen tersebut. Ini menjadi peluang bagi para pengembang permesinan, bahwa Anda bisa mengembangkan mesin-mesin berbahan bakar hydrogen ini dengan masif - karena bahan bakarnya akan tersedia dengan mudah dan murah.

Sambil menunggu produksi massal dari mesin-mesin yang berbahan bakar hydrogen tersebut, hydrogen bisa kita gunakan untuk memproduksi seluruh jenis bahan bakar yang kita gunakan saat ini seperti bensin, diesel dan LPG. Untuk ini yang diperlukan hanyalah tambahan bahan lain berupa gas CO - yang juga dihasilkan dari arang dan air (reaksi 1), atau arang dan CO₂ (reaksi 4). Dengan proses yang disebut Fischer-Tropsch Synthesis (FTS), H₂ + CO akan menghasilkan bahan bakar apa saja yang kita butuhkan tersebut di atas.

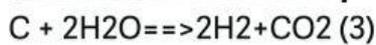
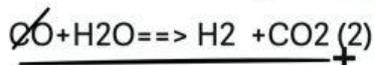
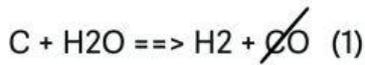
Karena biomassa dari sampah dan limbah dengan mudah bisa kita rubah menjadi arang dalam hitungan menit, CO₂ juga melimpah yang hingga kini masih dianggap masalah, air-pun alhamdulillah kita memilikinya secara berlebihan, masihkah kita akan melanggengkan minyak bumi yang sebagian besar harus diimpor dan menyebabkan atmosfer bumi kita menjadi semakin kotor?

Teknologi bio dan regenerative hydrogen ini insyaAllah akan tampil pada International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024), di Lund - Swedia, minggu depan.

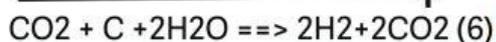
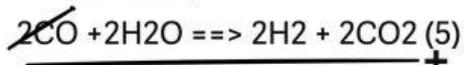
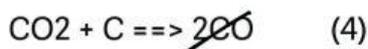
Bio & Regenerative Hydrogen

SolidGas

Biomass/Charcoal Feedstocks



CO₂ & Charcoal Feedstocks



ceo@advancedrenewable.org

168. Green Hydrogen Cost Driver

Sumber energi bersih yang merata, ada dimana saja dimana manusia tinggal, adalah air. Dalam jumlah yang sangat besar ada di laut untuk energi gelombang dan tidal, dalam jumlah besar ada di sungai untuk hydropower, dalam jumlah sedang digunakan untuk tenaga uap, dan dalam jumlah relatif sedikit tetapi sangat powerfull adalah air yang diambil hydrogennya.

Yang terakhir ini, hydrogen (H₂) yang dipisahkan dari air (H₂O) yang digadang-gadang dunia untuk menjadi solusi energi bersih berikutnya sebagai pengganti energi fosil yang sudah harus dikendalikan penggunaannya. Puluhan perusahaan raksasa dunia-pun bahkan menjamin dukungannya pada green hydrogen yang diproduksi dari air ini dengan apa yang disebut green hydrogen pledges.

Lantas apa masalahnya dengan hydrogen ini? bukankah mudah memisahkan H₂ dari H₂O? Memang mudah, dengan aliran listrik, dua molekul air (2H₂O) akan ter-elektrolisa menjadi 2H₂ dan O₂. Tetapi untuk ini dibutuhkan energi yang sangat besar, yang ditunjukkan oleh delta enthalpy dari reaksi ini, +572 MJ/kmol atau setara 39.75 kWh per kg H₂.

Karena tingginya kebutuhan energy ini, produksi green hydrogen dari elektrolisa air yang feasible hanya bisa tercapai bila terpenuhi dua syaratnya, yaitu sumber listrik yang sangat murah, dan sumber listrik tersebut haruslah dari energi bersih dan terbarukan.

Cara lain untuk memisahkan H₂ dari H₂O adalah tidak melalui elektrolisa air melainkan menggunakan reaksi Water Gas dan Water Gas Shift. Dengan cara ini 1 atom carbon yang direkasikan dengan 2H₂O akan menghasilkan 2H₂ dan 1CO₂, delta enthalpy untuk ini hanya 90 MJ/kmol atau sekitar 6.25 kWh per kg H₂.

Karena kebutuhan energi yang sangat rendah dibandingkan menggunakan elektrolisa, ditambah biaya carbon atau arang-pun teknik produksi yang kedua ini masih akan jauh lebih murah dibandingkan dengan cara elektrolisa air dengan listrik yang paling murah sekalipun.

Ini kabar baik bagi masyarakat energi bersih dunia, bahwa green hydrogen ini kini bisa diproduksi dengan relatif mudah dan murah. Yang dibutuhkan untuk ini hanyalah sebuah reaktor yang kita sebut XH2M, Extra high Hydrogen and Membrane. Teknologi ini insyaAllah akan diperkenalkan ke masyarakat dunia melalui the International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024) di Lund, Swedia - pekan depan.



169. Disruptive BioHydrogen Economy

Dalam unggahan sebelumnya telah saya share bagaimana produksi biohydrogen dari arang akan menghadirkan biohydrogen yang jauh lebih murah, melalui penghematan energi pada proses produksinya (<https://lnkd.in/gjtVe3Z8>).

Yang tidak kalah menariknya adalah penghematan biaya logistik, karena saat ini biaya logistik hydrogen yang harus menggunakan tangki bertekanan 700 Bar atau suhu minus 253 derajat Celsius, telah membuatnya jauh lebih mahal dari bahan bakar lain per satuan energinya. Bila 1 kg bahan bakar minyak hanya dalam kisaran US\$ 1.1, per kg hydrogen saat ini terendah \$6. Padahal kandungan energi pada minyak sekitar 45 MJ/kg, sedang pada hydrogen 120 MJ/kg, jadi harga per kilogram hydrogen yang wajar harusnya di kisaran US\$ 3 per kilogram.

Bagaimana target harga yang wajar ini bisa dicapai? Selain sapek produksi yang sudah dijelaskan tersebut di atas, aspek logistiknya harus juga berubah. Hydrogen tidak lagi dikirim

dalam tangki-tangki yang bertekanan sangat tinggi atau sangat dingin, tetapi hydrogen dikirim dalam bentuk solid material seperti pada gambar di bawah.

Solid material atau yang kami sebut SolidGas ini sebenarnya adalah arang yang ditepungkan atau dipadatkan. Namun dari arang inilah hydrogen murni bisa dihasilkan melalui 3 tahap proses, yaitu gasifikasi, Water Gas Shift (WGS) dan Membran Reactor (MR). Ketiganya ini bisa difasilitasi dalam satu reaktor kompak yang kami sebut XH2M.

Jadi cukup menempatkan reaktor XH2M ini di Hydrogen Point of Sales (H2POS), maka hydrogen selalu bisa diproduksi secara insitu and in-time, di tempat dan saat hendak digunakan saja. Langkah ini akan secara sangat significant menurunkan biaya logistik hydrogen.

Bahkan karena bahan baku SolidGas melimpah dimana-mana, masyarakat setempat selalu dapat terlibat dalam penyiapan SolidGas ini dari limbah pertanian, perkebunan, hutan ataupun limbah padat perkotaan. Selain menurunkan carbon footprint lebih jauh, akan terjadi pertumbuhan ekonomi baru dimanapun kegiatan ini diadakan. Bila semula energi harus diimpor dan menjadi pengurang GDP (faktor pemiskin), akan berubah menjadi kegiatan produksi masyarakat yang meningkatkan GDP (faktor pemakmur).

Idealnya energi baru berupa biohydrogen inilah energi yang digunakan seluasnya oleh masyarakat, selain karena selalu bisa diproduksi sendiri, dia juga sangat bersih, emisi CO2 dalam prosesnya adalah carbon neutral karena diolah dari biomassa. Namun bila masyarakat belum siap menggunakan biohydrogen ini sebagai energi, biohydrogen juga dapat diproses menjadi berbagai jenis bahan bakar yang kita gunakan saat ini, seperti LPG dlsb.

Industri energi juga bisa mengalami disruption seperti industri lainnya, bila ini terjadi akan berlaku hukum disrupt or be disrupted, Anda yang melakukannya atau Anda yang terkena akibatnya. Low cost biohydrogen ini akan hadir di the International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024), di Lund, Swedia pekan depan ini.



170. Distributed Energy Resources for Fuels and Power

Era transisi energi akan membuka peluang baru pada system pengadaan energi baik bahan bakar maupun listrik. Faktor utama pendorongnya adalah sumber energi yang menyebar dan juga terbatas jumlahnya, sehingga pemanfaatannya harus menghasilkan energi yang maksimal.

Solusi yang ideal untuk energi biomassa adalah diolah menjadi energi sedekat mungkin dengan sumber biomassa tersebut, ini karena sifatnya yang bulky - volumenya besar dan kandungan energinya yang kecil. Selain itu biomassa tertentu seperti sampah punya dampak sosial yang besar bila harus ditransportasikan ke tempat lain.

Pengolahan biomassa menjadi satu produk, umumnya hanya menjadi listrik juga kurang menarik secara ekonomis. Setiap 1 kg biomassa roughly menghasilkan 1 kWh listrik, padahal harga 1 kWh listrik hanya sekitar US\$ 0.1/kWh. Artinya per kg biomassa harus diperoleh jauh dibawah harga ini untuk bisa menjadikan listriknya feasible.

Peluang lain ada di bahan bakar cair dan gas. Rata-rata biomassa mengandung carbon sekitar 50%, setiap 3 kg carbon bisa mengasilkan sekitar 1 kg bahan bakar cair atau gas. Artinya butuh sekitar 6 kg biomassa untuk menghasilkan bahan bakar cair atau gas. Karena harga per kg bahan bakar cair atau gas sekitar US\$ 1.2/kg, maka mengolah biomassa menjadi bahan bakar cair atau gas akan lebih menguntungkan daripada mengolahnya menjadi listrik.

Namun karena baik menjadi listrik maupun menjadi bahan bakar, akan banyak sekali limbah panas yang terbuang, maka idealnya solusi itu adalah keduanya. Target produk utamanya adalah bahan bakar cair atau gas, tetapi limbah panas yang sangat banyak dikonversi menjadi listrik menggunakan Organic Rankine System (ORISYS).

ORISYS ini bisa dikonfigurasi secara berjenjang hingga 3 tingkatan untuk menangkap limbah panas dari rentang suhu yang berbeda. Bila masing-masing hanya menangkap 15% saja dari limbah panas yang ada dan dirubahnya menjadi listrik, maka hasil listrik yang dihasilkan oleh limbah panas menggunakan ORISYS ini sudah akan lebih besar dari bila biomassa full diolah menjadi listrik pada system pembangkit listrik pada umumnya, padahal listrik dari ORISYS ini hanyalah dari limbah panas, sedangkan main produknya adalah bahan bakar tersebut di atas.

Proses keseluruhan dari produksi bahan bakar dan listrik dari biomassa ini bisa menjadi apa yang disebut Distributed Energy Resources (DER), hasilnya baik bahan bakar maupun listrik diintegrasikan kedalam system yang lebih besar - secara nasional misalnya, atau bisa juga untuk mensolusikan kebutuhan energi setempat seperti pada industri, project maupun masyarakat di pulau/daerah terpencil.

Secara keseluruhan systemnya kurang lebih seperti pada gambar di bawah, dan teknologi ini juga menjadi bagian yang kami presentasikan di the International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024) di Lund, Swedia pekan ini.



171. H2ICE : Internal Combustion Engine Reborn

Industri yang sudah sangat mapan dan sudah berusia lebih dari satu abad lengkap dengan berbagai industri penunjangnya -pun bisa terancam keberadaannya oleh pendatang baru

yang dipersepsikan lebih bersih, itulah industri Internal Combustion Engine Vehicle (ICEV) yang bisa terancam oleh Electric Vehicle (EV).

Meskipun sudah lebih bersih dari ICEV, sebenarnya EV juga belum sepenuhnya bersih bila sumber pengisian baterainya masih mengandalkan listrik yang mayoritasnya masih bertenaga fosil. Sebaliknya ICEV bisa lebih bersih lebih cepat bila menggunakan bahan bakar carbon neutral atau bahkan carbon free.

Bahan bakar carbon neutral bisa diolah menggunakan biomassa yang tidak berebut dengan bahan pangan, lahan pertanian, hutan dan tidak merusak laut, yang di Uni Eropa disebut Advanced Biofuels. Teknologinya sudah sering saya unggah di media ini.

Bahan bakar carbon-free yaitu hydrogen bahkan kini juga menjadi lebih mudah dan lebih murah bila diproduksi dari biomassa /arang atau yang kami sebut SolidGas. Dengan teknologi ini biohydrogen bisa hadir dimana saja, kapan saja dengan memanfaatkan sumber biomassa setempat.

Pemanfaatan bahan bakar hydrogen, meskipun pada prosesnya mengeluarkan emisi - penangkapannya secara pre-combustion akan lebih mudah karena emisi CO₂ yang terpusat. Jadi ketika produksi hydrogen dengan SolidGas dari arang ada emisipun sebenarnya emisinya sudah carbon neutral, bila CO₂ ini kita tangkap kembali dan manfaatkan untuk produksi biomassa berikutnya menggunakan algae misalnya - maka dia menjadi benar-bener carbon-free.

Dengan adanya carbon free fuels berupa biohydrogen yang mudah diproduksi dimana saja dan dengan harga yang bahkan bisa bersaing dengan fossil fuels dalam satuan energinya, maka ini akan menjadi peluang kelahiran baru (reborn) dari mesin-mesin ICE, yaitu menjadi mesin-mesin ICE yang fit dengan bahan bakar biohydrogen ini.

Dari sistem ICE sendiri tidak semuanya harus dirubah, yang berubah hanya system yang terkait dengan ruang bakar dan penyaluran bahan bakar, mayoritas komponen lain dari industri ICE yang sangat matang akan tetap bisa dipakai. Pengembangan ekosistem industrinya menjadi jauh lebih cepat ketimbang membangun keseluruhannya dari baru seperti pada EV ecosystem.

Bagi industri yang tertarik untuk mengembangkan H₂ICE atau ICE Reborn ini bisa bermitra dengan kami dalam perencanaan pengadaan biohydrogennya. Teknologi produksi dan distribusi biohydrogen dengan SolidGas dari Advanced Renewable Organization (ARO) ini hadir di International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024) di Lund, Swedia pekan ini.



172. Regenerative Biomethane Revolution

Hari-hari ini kami diundang untuk bergabung dengan the International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024), di Lund , Swedia. Ada satu pesan yang kami tangkap dari konferensi untuk mengatasi krisis energi ini, yaitu bagaimana membebaskan diri dari ketergantungan terhadap gas alam, yang selama ini harus diimpor dari negara lain.

Nampaknya para jawara di sini sepakat, bahwa harapan besar sebagai pengganti gas alam itu ada pada biomethane - sehingga keseluruhan makalah yang dibawakan di konferensi ini terkait biomethane. Ada tiga cara mereka memproduksi biomethane tersebut.

Pertama adalah dengan electrochemical (EC), yaitu electrolysis air untuk menghasilkan H₂ kemudian menggunakan H₂ untuk sintesa methane melalui Sabatier ($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \Rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) ataupun methanation ($\text{CO} + 3\text{H}_2 \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$). Kedua melalui jalur biochemical (BC), yaitu menggunakan anaerobic digester. Dan ketiga menggunakan thermochemical (TC), mirip cara pertama hanya sumber H₂-nya dari gasifikasi dan reaksi water gas shift (WGS).

EC jelas mahal sehingga tidak menarik, BC butuh ruang yang besar dan waktu lama, hasilnya pun tidak maksimal karena kandungan CO₂-nya yang besar. Maka harapan terbaiknya ada pada TC, prosesnya instant dan tidak butuh ruang yang besar.

Hanya saja TC yang ditempuh di sini, baik menggunakan Sabatier ataupun Methanation reaction, membuang sangat banyak energi yang mahal (H₂) untuk menghasilkan energi yang relatif murah (CH₄), karena pesaingnya gas alam. Di Sabatier, 1/2 H₂ dibuang menjadi air, sedangkan di Methanation 1/3-nya menjadi air. Jadi cara ke 3-pun sebenarnya juga tidak

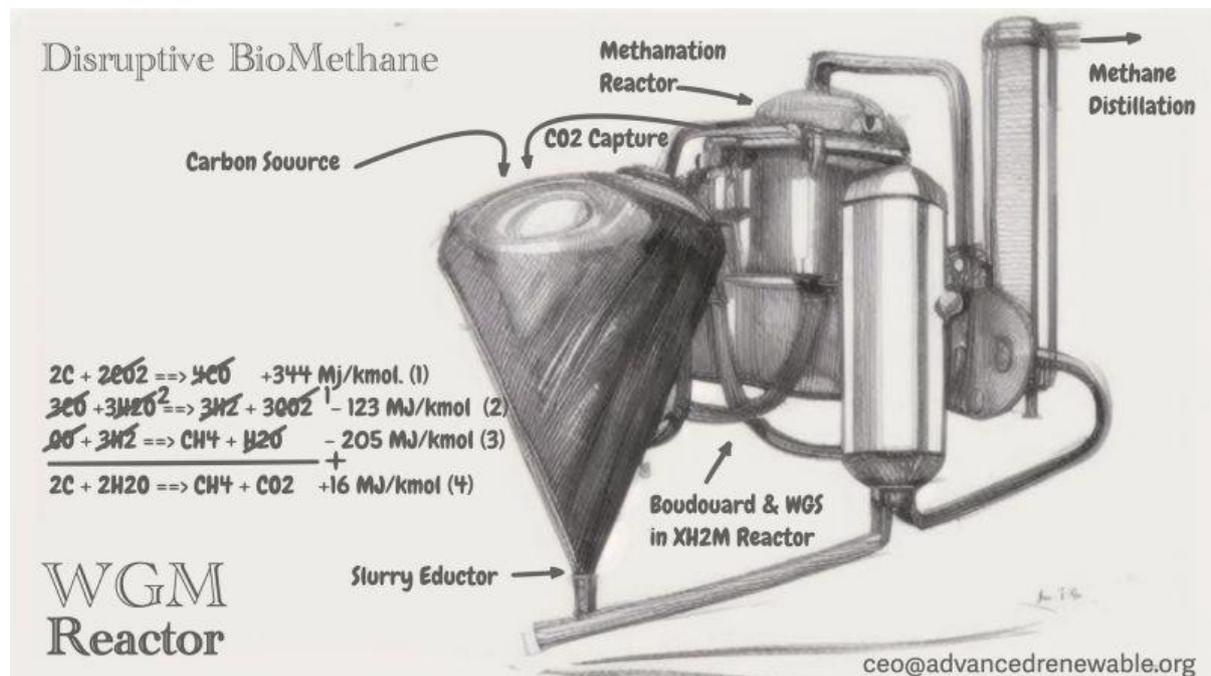
make sense, kecuali dalam situasi darurat energi.

Lalu solusi apa yang bisa kami tawarkan? Solusi kami diharapkan bisa menjadi solusi bagi seluruh masyarakat di dunia yang butuh energi murah biomethane ini, agar mereka tidak tergantung gas alam - yang selain fosil yang mencemari atmosfer bumi dengan emisinya, juga membuat satu negara tergantung pada negara lainnya.

Cara yang kami tawarkan adalah memproduksi biomethane tanpa feedstocks H₂! Hydrogen yang dibutuhkan untuk reaksi methanation diproduksi dalam proses ini sendiri dan langsung digunakannya, sehingga sangat efektif dan murah. Tiga reaksi yang kami gunakan dalam proses adalah Boudouard (1), WGS (2) dan methanation (3). Bila ketiganya dijumlahkan menjadi apa yang kami perkenalkan sebagai Water Gas Methanation (WGM, reaksi 4).

Perhatikan sekarang dengan WGM ini (4), Anda akan bisa memproduksi biomethane langsung dari carbon (arang/biomassa/sampah/limbah) dan air. Hasilnya selain biomethane juga CO₂, namun CO₂nya bisa ditangkap kembali dan menjadi reaktan proses regenerative biomethane berikutnya (1). Selain carbon-free, juga sangat murah karena tidak perlu bahan baku H₂ yang mahal!

Yang dibutuhkan untuk ini hanyalah sebuah reaktor yang seksanya kami buat langsung selama konferensi ini. Reaktor WGM ini bahkan sudah bisa dipesan bagi yang membutuhkannya!



173. Universal BioFuels Formula

Oleh-oleh dari the International Conference on Renewable Energy Gas Technology (REGATEC 2024) di Lund, Swedia pekan ini saya sarikan dalam sketsa dan formula di bawah

ini. Begitu banyak teknologi dibawakan oleh para pemateri, dan begitu banyak teori, bisa disimpulkan dalam satu sketsa ini.

Tema central konferensi tahun ini adalah biomethane, dimana Uni Eropa menargetkan tahun 2040 sudah tidak lagi tergantung pada gas alam yang harus diimpor. Dua yang ditarget dengan ini, pertama melepaskan diri dari ketergantungan terhadap negara lain yang bisa saja tidak lagi bersahabat, kedua ini mutlak diperlukan untuk mencapai target Net Zero Emission 2050.

Selain biomethane ini, dalam konferensi tahun depan mereka akan mulai membahas GreenLPG, atau yang sudah sering saya bahas di media ini dengan sebutan BioLPG. Namun apapun renewable gas yang akan mereka produksi, selalu bisa didekati dengan Universal BioFuels Formula (UBF) berikut : $xCO + yH_2 \Rightarrow CmHnOo + pH_2O + qCO_2$, dimana x,y,m,n minimal sama dengan 1, sementara o, p dan q bisa nol.

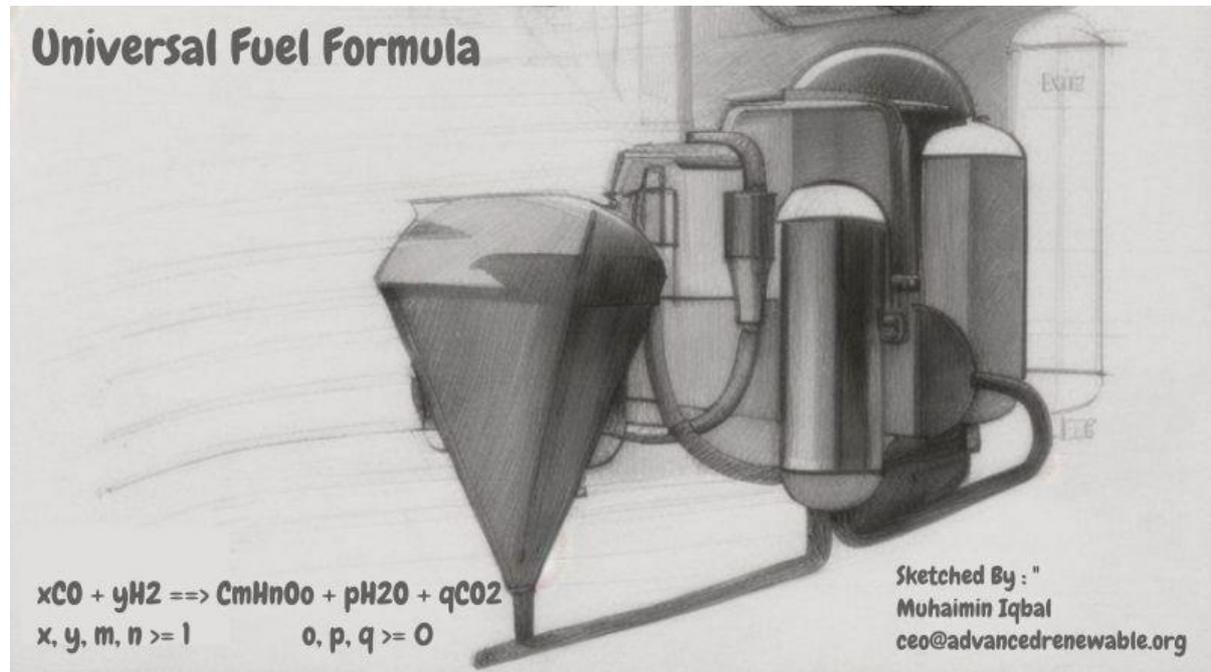
Penjelasan UBF ini adalah bahwa bahan bakar bio apapun yang kita butuhkan, akan selalu bisa disintesa dari CO dan H₂ yang gabungan keduanya disebut synthetic gas (syngas). Hasilnya bisa berupa oxygenates seperti methanol, ethanol dan DME bila o adalah 1 atau lebih. Sedangkan bila o sama dengan nol, hasilnya akan berupa hydrocarbon fuels seperti biomethane, bioLPG, biogasoline, greendiesel, Sustainable Aviation Fuels (SAF) dlsb.

Sedangkan limbah dari proses ini bisa diarahkan berupa air, yaitu bila p adalah 1 atau lebih. Bisa pula diarahkan menjadi CO₂, bila q yang minimal 1 atau lebih, masing-masing memiliki keunggulan dan kelemahan. Bila limbah itu berupa air, berarti kita mengorbankan sebagian dari H₂ yang mahal untuk menjadi air yang murah. Sebaliknya bila limbah itu berupa CO₂, meskipun dia carbon-neutral, tetap kita harus disiapkan mekanisme Carbon Capture and Utilization (CCU)-nya.

Ada peran dan peluang besar yang bisa diambil oleh Advanced Renewable Organization (ARO) dari Indonesia, yang kini menjadi bagian dari rangkaian konferensi ini dan insyaAllah seterusnya. Peran tersebut pertama adalah mensolusikan kebutuhan H₂ yang green dan affordable untuk bahan bakar apapun yang dibutuhkan di dunia dalam pencapaian kemandirian energi di masing-masing negeri, dan untuk pencapaian Net Zero Emission 2050.

Peran kedua adalah menyiapkan reaktor-reaktor dalam berbagai skala, baik untuk memproduksi H₂-nya sendiri, dengan reaktor XH₂M misalnya, maupun reaktor-reaktor utama untuk sintesa berbagai bahan bakar tersebut di atas, misalnya dengan STX (Syngas to X) untuk produksi oxygenates maupun GTX (Gas To X) untuk produksi hydrocarbon.

Sudah waktunya kita mengurangi ekspor dari hasil tambang kita karena itu terbatas dan harus kita olah sendiri. Sebagai gantinya kita bisa ekspor ide, pemikiran, sains dan teknologi, karena itu tidak terbatas, semakin kita gali dan bagi akan semakin bernilai!



174. One Dollar Green Hydrogen Challenge

Diantara actor utama di green economy adalah green fuels, sedangkan green fuels butuh green H₂. Masalahnya ada di green H₂ ini, saat ini harganya rata-rata masih terlalu mahal relatif terhadap energi yang dibawanya. Dengan kandungan energi sekitar 120 MJ/kg, green hydrogen dijual di pasaran jauh di atas US\$ 5,5 /kg.

Untuk bisa kompetitif terhadap energi dari fosil minyak bumi yang kandungan energinya sekitar 45 MJ/kg dan dijual di kisaran US\$ 1.15/Liter, green H₂ harus bisa dijual pada tingkat pengguna dengan harga di kisaran US\$ 3.0/kg. Apa memungkinkan harga jual akhir green H₂ ditekan pada tingkat harga yang kompetitif terhadap harga bahan bakar fosil ini?

Target harga ini hanya dimungkinkan bila kita bisa me-rasionalisasi biaya produksi dan logistik green H₂ secara keseluruhan. Ada setidaknya 4 komponen biaya dalam green H₂, pertama adalah biaya produksi, kedua biaya kompresi, ketiga biaya transportasi dan keempat adalah biaya penyimpanan.

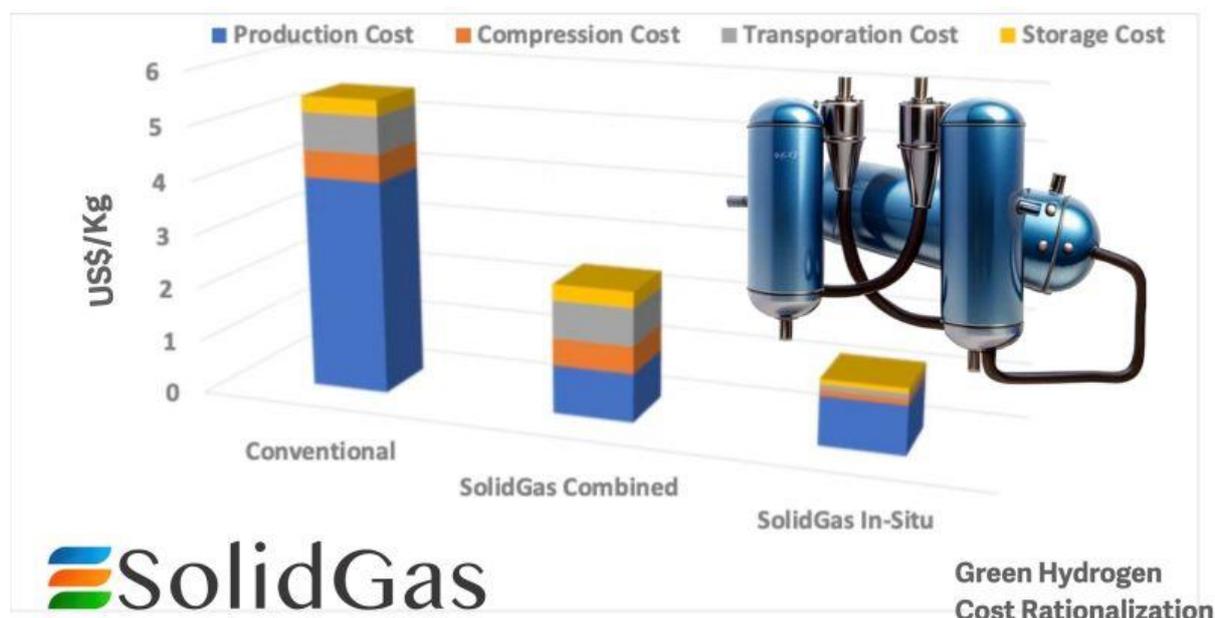
Green H₂ saat ini rata-rata diproduksi dari elektrolisa air dengan green electricity, butuh 39,75 kWh untuk produksi 1 kg green H₂. Bila harga green electricity sekarang di kisaran US\$ 0,1/kWh, maka biaya produksi green H₂ sudah US\$ 3,96/kg. Biaya untuk kompresi - agar mudah diangkut/disimpan, biaya transportasi dan biaya penyimpanan masing-masing US\$ 0,5/kg, US\$ 0,7/kg dan US\$ 0,3 /kg. Dari 4 komponen biaya ini kita akan tahu bahwa green H₂ masih harus dijual di atas US\$ 5,5 agar produsennya tidak merugi.

Karena komponen biaya terbesar ada pada biaya produksi, sedangkan harga green electricity masih akan sulit turun secara significant hingga beberapa tahun kedepan ini, maka kami tawarkan cara produksi green H₂ yang tidak butuh listrik besar, yaitu

menggunakan teknologi SolidGas, yang intinya adalah gasifikasi charcoal kemudian ditingkatkan kandungan H₂nya melali Water Gas Shift (WGS) dan dimurnikan dengan Membrane Reactor. Dengan harga charcoal yang sekitar US\$ 200/ton, maka biaya produksi green H₂ dengan teknologi SolidGas ini hanya US\$ 0.9/kg.

Bila biaya kompresi, transportasi dan storage sama, maka total biaya green H₂ dengan cara ini hanya US\$ 2.4/kg, ini adalah jauh lebih rendah dari target untuk bisa bersaing dengan minyak bumi tersebut di atas. Bahkan dengan teknologi SolidGas, biaya -biaya ini masih bisa ditekan lebih lanjut, yaitu bila green H₂ diproduksi secara in-situ, di tempat dia dibutuhkan.

Dengan cara produksi in-situ ini, akan ikut berkurang secara significant kebutuhan biaya untuk kompresi, transportasi dan penyimpanan, total biaya green H₂ akan berada di kisaran US\$ 1.2/kg. Ini sudah sangat dekat dengan harga green H₂ sebesar US\$ 1/kg yang diimpikan sejumlah kativis lingkungan. Apa pentingnya harga green H₂ yang sangat rendah ini? Masyarakat akan dengan sukarela berbondong-bondong migrasi ke green energi, bukan karena kesadaran lingkungan, tetapi kepentingan ekonomi - karena green energi itu murah!



175. Inspiring Technology From The Space Exploration

Empat belas abad silam jin dan manusia sudah ditantang oleh Sang Pencipta untuk menaklukkan penjuru langit dan bumi (QS 55:33), kalau saja kita responsif dengan tantangan ini, masalah-masalah besar peradaban manusia di langit dan di bumi pasti sudah teratasi. Masalah yang terkait dengan energi dan emisi misalnya, mestinya lebih mudah teratasi manakala kita sudah mastering perjalanan angkasa ini.

Sebagai contoh, beberapa tahun lalu NASA merelease salah satu teknologi energinya. Yang direlease ini sebenarnya temuan ilmuwan Skotlandia, Robert Stirling abad 19 yang kemudian dikenal dengan nama Stirling engine. Hanya saja setelah di-oprek oleh NASA,

Stirling engine tersebut bisa menjadi mesin energi yang sangat handal dan bisa beroperasi belasan tahun - tanpa perlu perawatan, karena nun juh di angkasa sana pasti tidak ada bengkel untuk merawatnya!

Stirling engine ini adalah mesin energi yang sederhana, intinya panas akan memuaikan gas, dan gas yang memuai akan menggerakkan tuas, dan gerakan maju mundur tuas ini yang menghadirkan medan magnetik yang kemudian menjadi listrik. Karena prinsip kerja yang sederhana, hanya ada satu moving part, maka dia menjadi sangat reliable dan tidak perlu perawatan tersebut di atas.

Bagaimana kalau mesin yang sudah dioprek NASA dari karya Robert Stirling tersebut kita oprek lebih lanjut? Hasilnya seperti yang ada di gambar ini. Karena mesin sederhana ini kelemahannya menjadi tidak lagi sederhana ketika harus dibuat besar, maka dengan bantuan AI tetap kita rancang mesin-mesin kecil yang kapasitasnya hanya sekitar 1 kW, kami menyebutnya Stirling Cell (StirCell).

Untuk mencapai kapasitas yang besar yang kita butuhkan di bumi, tinggal dibuatkan platform untuk memasukkan ujung StirCell tersebut pada sumber panas yang hendak dikonversi menjadi listrik. Hasilnya beberapa MW pembangkit listrik bisa dihasilkan dari platform yang padanya dimasukkan ribuan StirCell ini.

Karena dia External Combustion Engine (ECE), sumber panasnya bisa sangat beragam. Ibaratnya sampah yang dibakar pada tungku, kemudian dimasukkan ujung Stircell ini pada salah satu lubang tungku, dia sudah akan menghasilkan listrik yang sangat reliable, selama tungku ini menyala, listrik akan terus dihasilkannya. Ini akan menjadi cara baru untuk memanen limbah panas dan mengkonversya menjadi listrik yang mudah, fkesible dan tanpa emisi baru.



176. Waste, Water and Emission To Energy

Setiap negara dan bahkan daerah, akan selalu memiliki sumber energinya sendiri - bila saja fokus energi itu tidak mengandalkan sumber energi yang selama ini kita gunakan seperti minyak, gas dan batubara. Saya ambil contoh di sini 3 sumber energi yang tidak biasa, tetapi akan selalu ada di mana saja, yaitu sampah, air dan emisi - khususnya CO₂.

Dari sampah yang hingga kini masih menghantui kota-kota kita, rata-rata sekitar 50%-nya adalah carbon, yang mayoritasnya bisa diambil dalam bentuk arang. Setiap kilogram sampah, setelah diarang rata-rata menjadi sekitar 0.33 kg arang, artinya dengan pengarangan sederhana - kita sudah bisa mengambil sekitar 67% carbon yang ada di sampah.

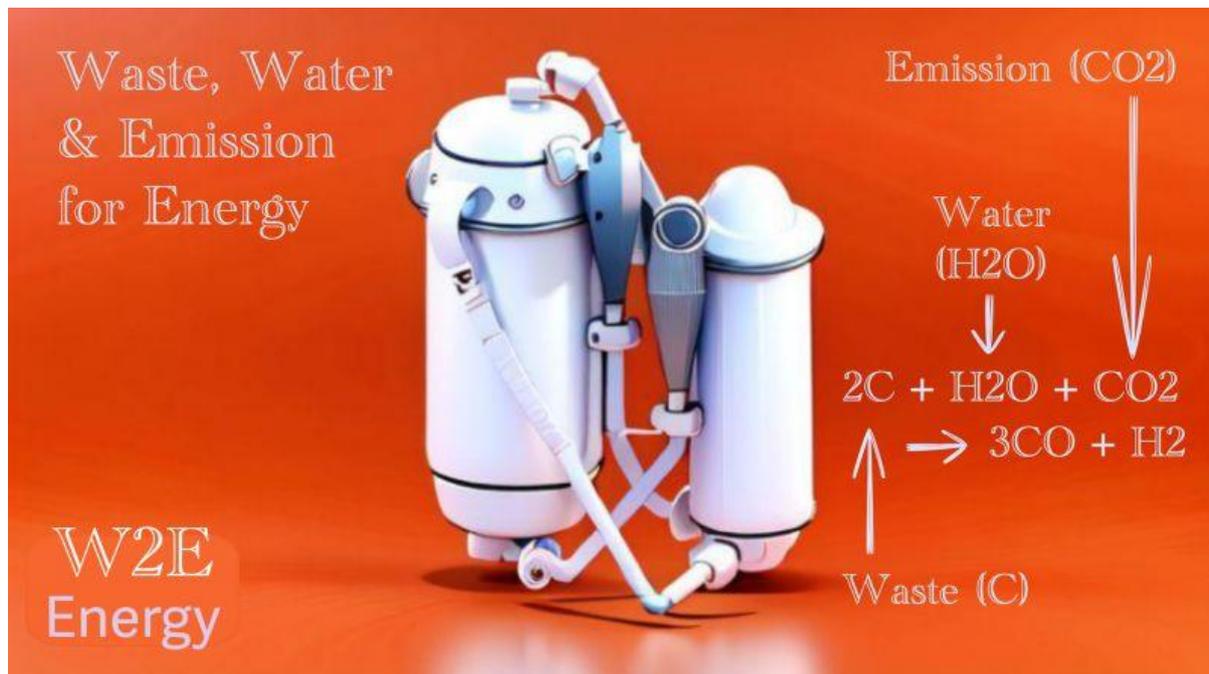
Carbon (C) ini adalah bahan baku kunci untuk menghasilkan bahan bakar apaun yang kita gunakan saat ini. Ketika C kita reaksikan dengan air (H₂O), $C+H_2O \rightleftharpoons CO+H_2$ (Water Gas Reaction, WGR), hasilnya adalah syngas, yang sudah berupa bahan bakar dengan kisaran kalori 10-15 MJ/kg, namun dia juga bahan baku untuk sintesa diesel, gasoline, LPG, biomethane, ethanol, methanol dlsb.

Bila C kita reaksikan dengan emisi (CO₂), $C+CO_2 \rightleftharpoons 2CO$ (Boudouard Reaction, BR), hasilnya adalah gas CO yang juga unsur utama syngas. Dari gas CO ini bisa digunakan untuk memproduksi H₂ melalui Water Gas Shift (WGS), $CO+H_2O \rightleftharpoons CO_2 +H_2$. Jadi komposisi H₂/CO berapa saja yang kita butuhkan untuk produksi bahan bakar kita, bisa diatur dari WGS ini.

Bila kita jumlahkan reaksi pertama (WGR) dan kedua (BR), hasilnya akan seperti yang ada di gambar ini, reaksi Waste, Water and Emission (W₂E) to Energy, $2C + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 3CO + H_2$, yang dalam kondisi murni kandungan energinya adalah sekitar 13 MJ/kg. Dari sinilah semua jenis bahan bakar yang kita sebut di atas bisa diproduksi.

Semua reaksi diatas dapat dilakukan dalam satu reaktor kompak yang kita sebut W₂E reactor di gambar ini. Bahkan karena WGR maupun WGS butuh uap air dalam suhu yang sangat tinggi bila tanpa katalis - di atas 800 derajat Celsius, uap air suhu tinggi inipun dihasilkan oleh reaktor ini sendiri dengan memanfaatkan limbah panas autothermal gasification.

Dengan formulasi W₂E ini, setiap ton sampah akan bisa menghasilkan listrik sekitar 1,3 MWh atau LPG sekitar 300 kg. Bila berupa Bensin hasilnya sekitar 400 liter, dan bila berupa diesel sekitar 350 liter. Jadi, jangan biarkan sampah dan emisi tetap menjadi liability, karena sesungguhnya dia sumber energi, yang dibutuhkan hanyalah uap air suhu tinggi dari reaktor W₂E ini.



177. BioLPG Green Economy

Salah satu bahan bakar yang paling luas digunakan di dunia saat ini adalah LPG (Liquefied Petroleum Gases). Dari seitar200-an negara di dunia, 2/3-nya menjadi pengimpor LPG ini, dan hanya 1/3 negara yang bisa memproduksi cukup dan bisa mengekspornya. Karena impor bahan bakar yang masif ini, LPG menjadi pengurang GDP yang significant bagi 2/3 negara di dunia yang harus mengimpornya.

Lebih dari itu penggunaan LPG juga menjadi kontributor emisi CO₂ yang sangat significant, hingga saat ini ada tambahan sekitar 1 milyar ton CO₂ per tahun di atmosfer bumi, dari 333 juta ton LPG yang dibakar oleh penduduk seluruh bumi ini. Namun juga harus diakui bahwa selain masalah ekonomi dan emisi ini, LPG juga sudah terlanjur dinikmati oleh penghuni planet ini karena kemudahan penggunaannya, dan juga kelengkapan ekosistemnya.

Mengganti LPG dengan bahan bakar lain yang lebih bersih dan pemeratakan kesejahteraan dari ekonomi energi yang menyebar, akan sulit bila harus merubah infrastruktur dan membangun ekosistem baru. Dari sinilah maka yang kami perkenalkan adalah bahan bakar baru yang bersih dan bisa diproduksi oleh negara manapun di dunia secara cukup, yang namanya LPG juga - BioLPG (Bio - Liquefied Propane Gas).

BioLPG ini berkarakter sangat mirip dari LPG, karena LPG yang dari petroleum-pun kandungan utamanya juga gas propane. Jadi BioLPG bisa menggunakan seluruh infrastruktur LPG yang ada baik stasiun pengisian, tabung gas dan yang lebih penting bagi konsumen dapat menggunakan kompor gas yang mereka sudah miliki.

Perbedaannya hanya ada di belakang layar, yaitu pada proses produksinya. BioLPG tidak

diproduksi dari minyak bumi, melainkan dari sampah dan limbah, baik padat maupun cair. Sampah dan limbah ini pasti ada di setiap negara, jadi tidak perlu mengimpor bahan baku BioLPG ini dari negara lain.

Reaktor pada gambar dibawah merupakan contoh mesin produksi BioLPG ini. Bila dari limbah cair, perlu unit biodigester untuk menghasilkan biogas. Biogas ini kemudian di-reform menjadi syngas (reaksi 1). Bila limbah atau sampahnya berupa padatan, bisa langsung digasifikasi dengan steam untuk menghasilkan hydrogen dan CO₂ (reaksi 2). CO₂ ini akan diperlukan sebagai tambahan CO₂ di reaksi 1, karena CO₂ yang ada di biogas umumnya tidak cukup untuk me-reform seluruh methane (CH₄) yang ada.

Komposisi H₂, CO dan CO₂ bisa diatur menggunakan Water Gas Shift (reaksi 3) untuk mencapai Stoichiometric Ratio dikisaran angka 2.3 untuk hasil BioLPG yang maksimal melalui BioLPG Synthesis (reaksi 4). Proses ini secara keseluruhan bisa sangat hemat energi bila dikelola dengan krontrol yang cerdas (berbasis AI misalnya), karena dua reaksi pertama (1 dan 2) bersifat endotermik sedangkan dua terakhir (3 dan 4) bersifat eksotermik.

Negara, daerah, korporasi maupun komunitas yang tertarik sudah bisa berkomunikasi dengan kami untuk produksi BioLPG ini, agar kita bisa segera ikut berperan menyehatkan ekonomi dan bumi, tempat tinggal kita bersama ini!

Liquid and Solid Waste To BioLPG Reactor
ceo@advancedrenewable.org

biolpg

$CH_4 + CO_2 \Rightarrow 2CO + 2H_2$ (1) $CO + H_2O \Rightarrow CO_2 + H_2$ (3)
 $C + 2H_2O \Rightarrow CO_2 + 2H_2$ (2) $3CO + 7H_2 \Rightarrow C_3H_8 + 3H_2O$ (4)

178. Unitizing Bio-based Energy

Berbeda dengan energi fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batubara yang sudah relatif homogen dalam jumlah yang sangat besar sehingga memudahkannya untuk membangun unit pengolahan skala besar yang efisien, sumber energi berbasis bio cenderung menyebar dari segi geografis maupun jenisnya.

Penyebaran dari sisi geografis bisa didekati dengan Decentralized Energy Resources (DER), yaitu membuat unit pengolahan yang kecil-kecil dan masing-masing mendekati lokasi sumber energi, bagaimana dengan penyebaran dari segi jenisnya?

Sumber energi berbasis bio itu melimpah namun jenisnya sangat beragam, bisa berupa sampah padat kering, padat basah, limbah cair, limbah ternak, limbah ikan, energy crops seperti rumput gajah atau napier grass, aqua culture seperti micro dan macro algae, tanaman energi seperti kaliandra dan masih banyak lagi lainnya. Bagaimana menyatukan sumber energi yang begitu beragam kedalam satu satuan produk yang seragam sehingga bisa diindustrialisasikan?

Semua jenis bahan baku energi biomassa tersebut akan selalu bisa diproses dengan salah satu dari dua cara, yaitu melalui biodigester dan melalui gasifikasi. Biodigester yang sudah lebih umum, digunakan untuk memproses biomassa basah ataupun cairan seperti kotoran ternak, limbah cair industri pengolahan pangan dlsb. Sedangkan gasifikasi bisa dilakukan menggunakan gasification agent udara/O₂ dan CO₂ untuk limbah padat kering seperti kayu, arang dlsb., ataupun menggunakan steam untuk biomassa basah seperti pada algae, microalgae dan napier gass yang diproses segar.

Hasil dari biodigester akan berupa biogas yang umumnya terdiri dari bimethane (CH₄) dan CO₂ dalam konsentrasi tinggi (40-60%), CO₂ yang tinggi ini akan menjadi kendala bila harus dibuang, selain prosesnya mahal juga membuang zat yang sebenarnya masih bisa diolah. Maka biogas secara keseluruhan (CH₄ dan CO₂) bisa direform untuk menjadi CO dan H₂ yang disebut syngas.

Karena produk gasifikasi, baik yang menggunakan udara/O₂, CO₂ maupun steam semua sudah akan berupa syngas, pada tingkat syngas inilah bio-based energi bisa disatukan dari sumber apapun. Kandungan syngas yang relatif homogen, terdiri dari CO, H₂, CO₂ dan CH₄, kemudian dapat ditingkatkan lagi mejadi syngas yang kaya akan H₂ yang bisa diproses menjadi bahan bakar hijau berupa green diesel, biogasoline, bioLPG dlsb.

Green electricity-pun bisa dihasilkan melalui dua cara, yaitu memanfaatkan green diesel untuk bahan bakar generator set pada umumnya, atau yang lebih efisien lagi memanaatkan limbah panas untuk menjadi listrik melalui Organic Rankine System (ORISYS). Jadi sumber berbasis bio-nya bisa apa saja, namun ketika menjadi bahan bakar atau listrik, semuanya bisa sama.

