## Alternatif Teknologi Energi Terbarukan untuk Mendukung Penurunan Emisi CO<sub>2</sub>

#### Tatang H Soerawidjaja

Anggota Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia (AIPI), Ketua Umum Ikatan Ahli Bioenergi Indonesia (IKABI), Pemrakarsa Program Studi Teknik Bioenergi dan Kemurgi - Fakultas Teknologi Industri – Institut Teknologi Bandung (ITB)

Seminar Harian GAIKINDO 2021

Multiple Pathways to Reduce CO<sub>2</sub> Emission in Transportation Sector

Rabu,17 Nopember 2021

## **Pengantar**

- Sesungguhnya, Tuhan Yang Maha Kuasa (YMK) mengaktifkan kehidupan dan praktis semua fenomena alam di planet bumi kita dengan menganugerahkan radiasi matahari.
- ➤ <u>Sinar surya</u> = satu-satunya **pendapatan alami** (*natural income*) **planet bumi** yang membuat kita mendapatkan :
  - $\square$  Cahaya siang (daylight);
  - ☑ Makanan: biomassa tumbuhan = sumber primer makanan kita.
  - ☑ Kenyamanan dan tenaga dari air, angin, dan arus serta ombak laut.
- > Zat-zat kimia yang dikandung dan diturunkan dari biomassa tumbuhan (termasuk sumber daya fosil) adalah petunjukNYA tentang bagaimana menyimpan energi surya untuk jangka waktu tak berhingga!.
- > Sumber daya fosil: hibah (energi) hanya sekali dari YMK!.

## Sekilas sejarah energi modern

- ➤ Sebelum zaman revolusi industri (1760 1840), kebutuhan energi manusia tidaklah banyak.
- Pemanasan dan penerangan :
  - ☑ sinar surya (siang), pembakaran kayu, jerami, dan kotoran-ternak kering;
  - ☑ minyak-minyak lemak (zaitun, kelapa, wijen, ikan) untuk minyak lampu.
- > Trasportasi :
  - ☑ darat : tenaga hewan (kuda, unta, dll.);
  - ☑ laut : tenaga angin.
- **Kerja mekanik** (dengan mesin sederhana):
  - ☑ tenaga hewan untuk menggiling (sereal dll.) dan membajak;
  - ☑ tenaga angin dan air untuk menggiling dan memompa air.
- > Dominan energi terbarukan!.

- Industri energi modern lahir tahun 1781 dengan invensi mesin/motor kukus (*steam engine*) oleh James Watt dan Thomas Newcomen.
  - ⇒ **Batubara** (yang sebenarnya sudah digunakan sejak "zaman manusia gua") dieksploitasi secara komersial berskala besar (→ kapal laut, kereta api).
- Industri **kerosin** dari distilasi-kering batubara (Abraham Gesner) mulai tahun 1854 dan dari distilasi minyak bumi (mulai ditambang 1846-1859) tahun 1860.
- > Industri bahan bakar cair bermutu tinggi mulai :
  - ☑ 1876 : invensi mesin/motor bensin (Nikolaus Otto) dan
  - ✓ 1895 : invensi mesin/motor diesel (Rudolf Diesel).
- > 1882 : Industri pembangkitan, transmisi, distribusi, & penjualan tenaga listrik (Thomas Alfa Edison, Nikola Tesla, Robert Hammond).
- Abad 20: energi = "oksigen/darah" perekonomian, listrik dan bahan-bahan bakar bermutu tinggi sebagai 2 tipe utama energi final komersial.
- > Dominasi sumber energi fosil!.

### Indonesia dan transisi energi

- ➤ Karena energi = "oksigen/darah" perekonomian, tiap negara/bangsa menjaga keterjaminan pasokan energinya (ketahanan energi, *energy security*).
- ➤ 1967 1997 (Orde Baru): Indonesia mampu menjaga tersedianya oksigen perekonomian (yaitu: minyak bumi) dan mendapat devisa dari surplus produksinya.
  - Perekonomian Indonesia di era Orde Baru pun melaju mantap dengan sektor industri manufaktur sebagai mesin pertumbuhan.
- ➤ Kini, setelah menjadi importir netto minyak bumi sejak 2004 dan neraca migas terus kian defisit, perekonomian kita tak lagi bisa bertumpu pada eksploitasi minyak (dan gas) bumi.
- Rahmat Tuhan YME: dunia pun menyadari bahwa eksploitasi besar-besaran sumber energi fosil (abad 20) telah berdampak buruk peningkatan pencemaran dan degradasi lingkungan, penyusutan sumber daya alam, ketak-setimbangan biosfir, dan perubahan iklim.
- Harus mengalihkan tumpuan ke sumber daya energi yang tak memiliki dampak buruk tersebut (= sumber energi nir-karbon)!.

Zaman Batu berakhir bukan karena tak ada lagi batu, dan demikian juga, Zaman Energi Fosil akan berakhir bukan karena tak ada lagi sumber daya fosil!.

#### Tantangan ke depan

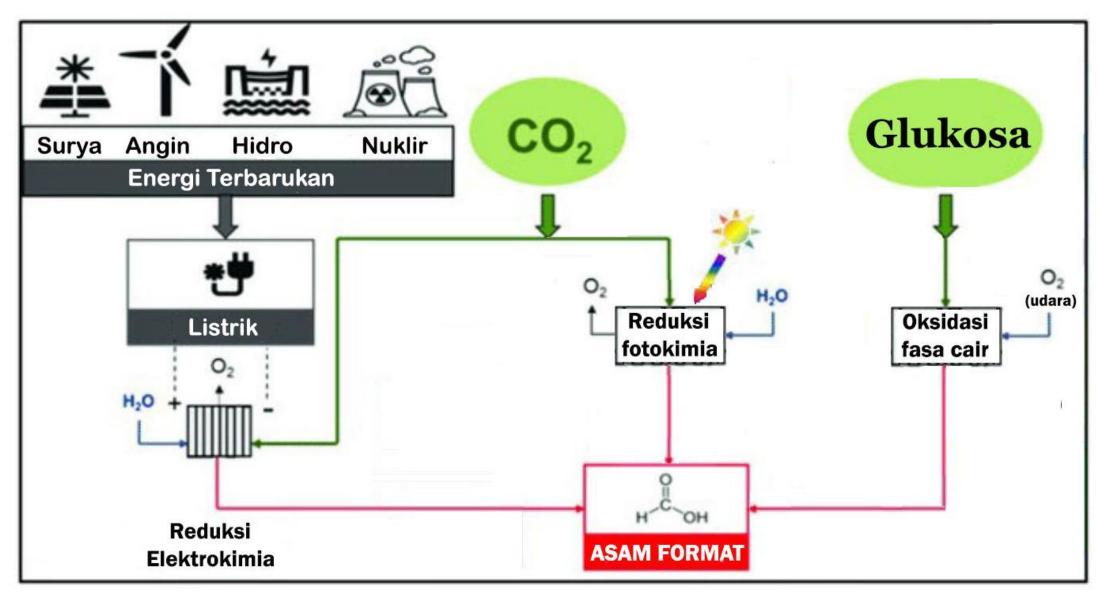
- Sumber energi nir-karbon : sumber daya nabati (*bioresources*), energi termal samudra (*ocean thermal energy*), tenaga-tenaga air, angin, ombak, arus laut, panas bumi dan nuklir.
- Hanya sumber daya nabati yang sumber daya bahan bakar, yang lainnya adalah sumber daya listrik!.
- Di zaman energi fosil (abad 20) dikembangkan aneka teknologi untuk mengkonversi bahan bakar menjadi listrik!.
- Menjelang zaman energi nir-karbon (mulai 2060?), akan dikembangkan aneka teknologi untuk mengkonversi listrik menjadi bahan bakar.
- Mengapa?.
- Perhatikan <u>energi surya</u>: <u>sumber terbesar energi terbarukan dan pendapatan alami planet bumi</u>.

- Pembangkitan skala besar listrik dari energi surya memerlukan penutupan sebagian (kecil) permukaan bumi.
- ➤ Tak boleh menutupi lahan/daratan subur, ⇒ bersaing dengan pertanian (produksi pangan dll).
- > Pilihan permukaan bumi yang bisa ditutup:
  - ☑ Eropa dan Afrika : Gurun Sahara.
  - ☑ Australia : gurun di bagian tengah benua.
  - **☑** Indonesia? : Laut!.
- Dengan hanya menutupi 300 x 300 km permukaan bumi, listrik surya (termal maupun fotovoltaik) yang cukup untuk seluruh dunia dapat dibangkitkan!. Tetapi, bagaimana menghantarkannya?.
- Listrik dapat disimpan dalam baterai, tetapi umur simpan terbatas + ada bobot kosong baterai.
- > SOLUSI: konversikan listrik (via reduksi elektrokimia CO<sub>2</sub>) ke bahan bakar cair (sudah terbukti bisa diniagakan antar benua).

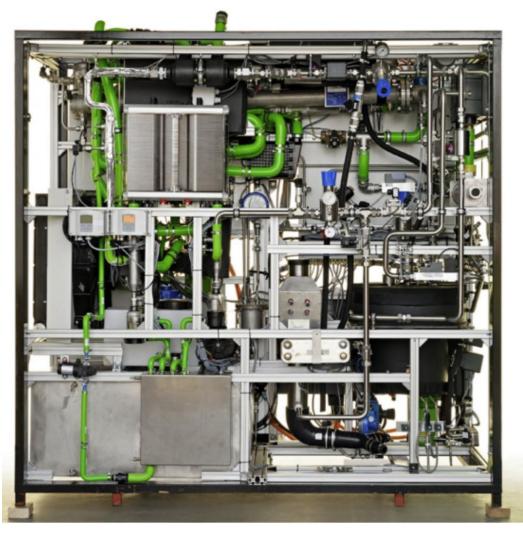
## Asam format sebagai cairan pembawa hidrogen

- ➤ Dua pilihan produk cair hasil reduksi elektrokimia CO<sub>2</sub>: metanol (CH<sub>3</sub>OH) dan asam format (HCOOH).
- > Asam format lebih unggul :
  - ☑ Rintangan termodinamik pembentukannya dari CO<sub>2</sub> lebih mudah diatasi;
  - ✓ Dapat diurai balik menghasilkan gas hidrogen (H<sub>2</sub>) pada suhu < 100 °C (metanol butuh ≈ 200 °C).</li>
  - ☑ Dapat digunakan untuk mereduksi molekul-molekul biomassa di dalam fasa akuatik ke arah pembentukan bahan bakar nabati (BBN) biohidrokarbon.
  - ☑ Dapat langsung membahan-bakari *formic acid fuel cell* (sel bahan-bakar asam format).
- ➤ Kalau sumber CO<sub>2</sub>-nya berasal dari pembakaran sumber daya fosil, sekaligus meredam/menurunkan emisi CO<sub>2</sub>.

## Rute-rute berkelanjutan produksi asam format



## "Tenaga semut (ant power)": listrik berbasis asam format

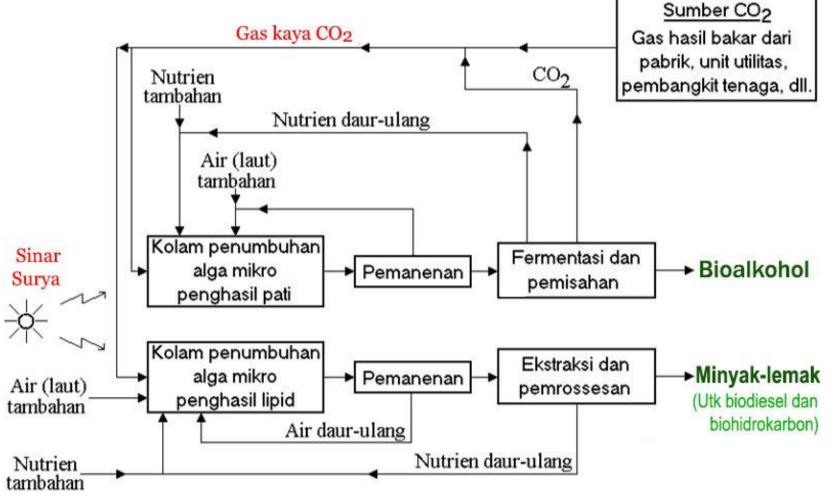


Pembangkit listrik 25 kW berbasis sel bahan-bakar asam format



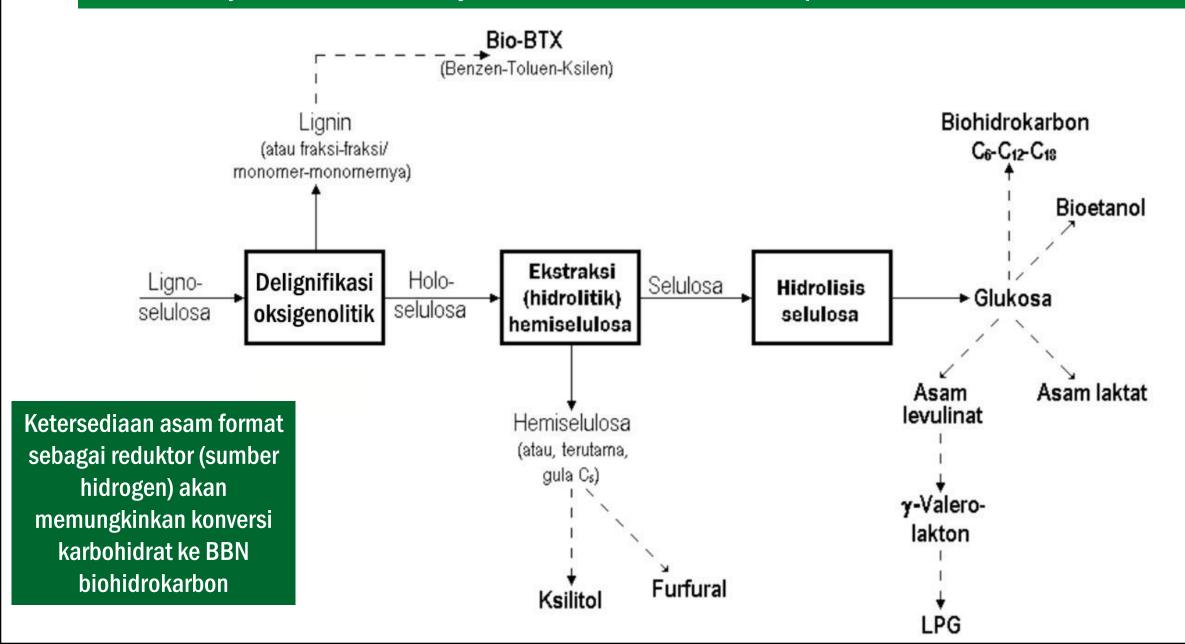
Bus bertenaga sel bahan-bakar asam format

# Teknologi peredaman penurunan emisi CO<sub>2</sub> yang lain : Produksi BBN via budidaya-dipercepat mikroalga di pesisir!

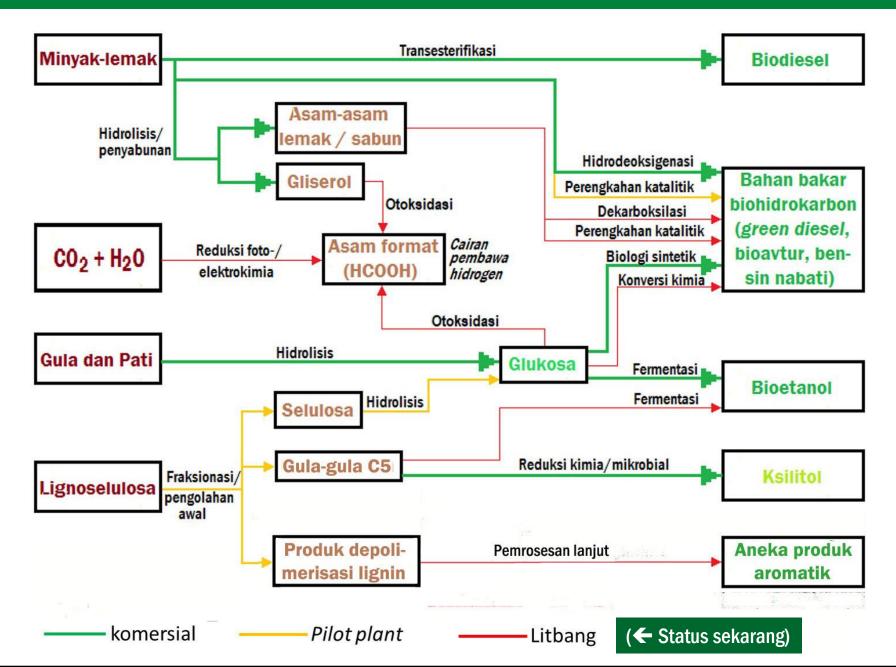




Teknologi yang efektif untuk fraksionasi lignoselulosa dan pengolahan (temperatur rendah) fraksifraksinya akan berhasil diwujudkan → aneka BBN cair dan produk kimia bernilai tambah.



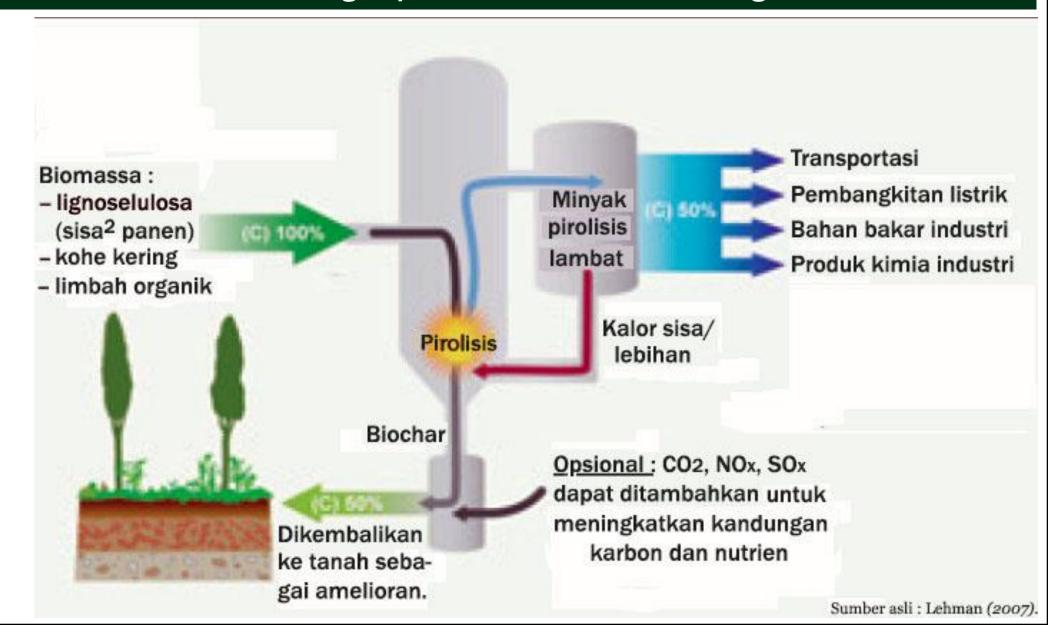
### Panorama Masa Depan Teknologi Bahan Bakar Nabati (BBN) Cair



#### Teknologi beremisi gas rumah kaca (GRK) negatif yang relatif paling murah:

Kombinasi <u>pirolisis lambat</u> biomassa dengan pemanfaatan biochar sebagai amelioran tanah

Teknologi
penting dalam
menuju
tercapainya
net-zero
emission!.



## Jadi: Gambaran Masa Depan (1)

- Listrik terbarukan akan menjadi energi final yang (lebih) dominan.
- > Jarak antara pusat pembangkitan dan pasar akan membuat (surplus) listrik dikonversi menjadi bahan bakar cair via teknologi elektrokimia.
- Asam format akan muncul sebagai (salah satu) cairan pembawa (energi) hydrogen melalui reduksi CO<sub>2</sub> dengan teknologi elektrokimia, fotoelektrokimia, maupun fotosintesis artifisial.
- Sel bahan-bakar asam format (*formic acid fuel cell*) akan bisa menyediakan listrik secara terpusat, tersebar, maupun untuk kendaraan.
- Eersama dengan (surplus) minyak-lemak dari tanaman darat, minyak mikroalga akan menjadi bahan mentah utama produksi biodiesel dan aneka bahan bakar biohidrokarbon.
- ➤ Karbohidrat (terutama selulosa) tanaman darat maupun perairan tidak hanya akan tetap menjadi sumber BBN bioalkohol, melainkan (dengan bantuan asam format sebagai reduktor) juga dapat dikonversi ke BBN biohidrokarbon.

## Gambaran Masa Depan (2)

- Disamping kendaraan-kendaraan listrik baterai (BEV), kendaraan-kendaraan berbahan bakar cair (apalagi untuk transportasi udara) akan tetap ada dan dibutuhkan, dengan bahan bakar yang kian berkelanjutan dan teknologi propulsi *fuel cell* dll.
- ➤ Pemanfaatan *biochar* dari pirolisis lambat biomassa sebagai amelioran tanah akan dapat membantu menetralkan emisi CO<sub>2</sub> dari pendayagunaan sumber daya fosil dan, kemudian, juga menurunkan kadar CO<sub>2</sub> di atmosfir.

# Sekian dan Terima Kasih

thsoerawidjaja@gmail.com