

## BIOKONVERSI KARBONDIOKSIDA UNTUK BAHAN BAKU INDUSTRI

**Untung Suwahyono**

Peneliti di Pusat Teknologi Bioindustri  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

### **Abstract**

*From the stand point of carbon dioxide cycle on global warming, the conversion of CO<sub>2</sub> into various useful carbonic material compound is one solution. Using natural energy sources such as LNG and cole may contribute to CO<sub>2</sub> removal in the atmosphere. As one of feasible measure though CO<sub>2</sub> is final oxidized product of carbon containing reaction have been proposed and investigate. Biological proces have to developed, CO<sub>2</sub> was efectivly converted to methan, acetat, and raw material for plastic degradable.*

**Key words:** *corabondioxide, biokonversion, industrial raw material*

### **1. PENDAHULUAN**

Isu pemanasan global “*Global warming*” muncul pada dekade tahun 70-an, setelah adanya laporan hasil penelitian yang diungkapkan oleh UK-Meteorological Agency. Dari hasil pantauan yang telah dilakukan terhadap iklim dunia, menunjukkan suatu indikasi yaitu, terjadinya fenomena kenaikan suhu atmosfer bumi yang rata-rata mencapai 0,5 °C/100 tahun. Fenomena yang sering diistilahkan dengan “efek rumah kaca”, diperkirakan penyebabnya adalah CO<sub>2</sub>. Andil CO<sub>2</sub> dalam efek rumah kaca mencapai 50%, berasal dari limbah CO<sub>2</sub>. Walaupun gas CO<sub>2</sub> efeknya relatif rendah terhadap kenaikan suhu, namun kuantitasnya cukup besar sebagai limbah dari aktivitas manusia. Pemanasan global sebagai dampak aktivitas manusia, dipilhkan bahwa 46% adalah bersumber dari pembangkitan energi, 24% penggunaan CFCs, 18 % perusakan hutan, 9% pertanian dan 3% lain-lain kegiatan. Hasil pantauan terakhir diantara jenis-jenis gas tersebut yang sangat

berpotensi saat ini adalah meningkatnya limbah CO<sub>2</sub>. Sebagai gambaran hasil penelitian yang dilakukan Word Resources International (WRI), dampak pembakaran minyak bumi untuk sumber energi, limbah kumulatif CO<sub>2</sub> diperkirakan mencapai 5,53 milyar ton. Sedangkan total limbah CO<sub>2</sub> saat ini diperkirakan mencapai 8,49 milyar ton merupakan dampak dari aktivitas manusia.

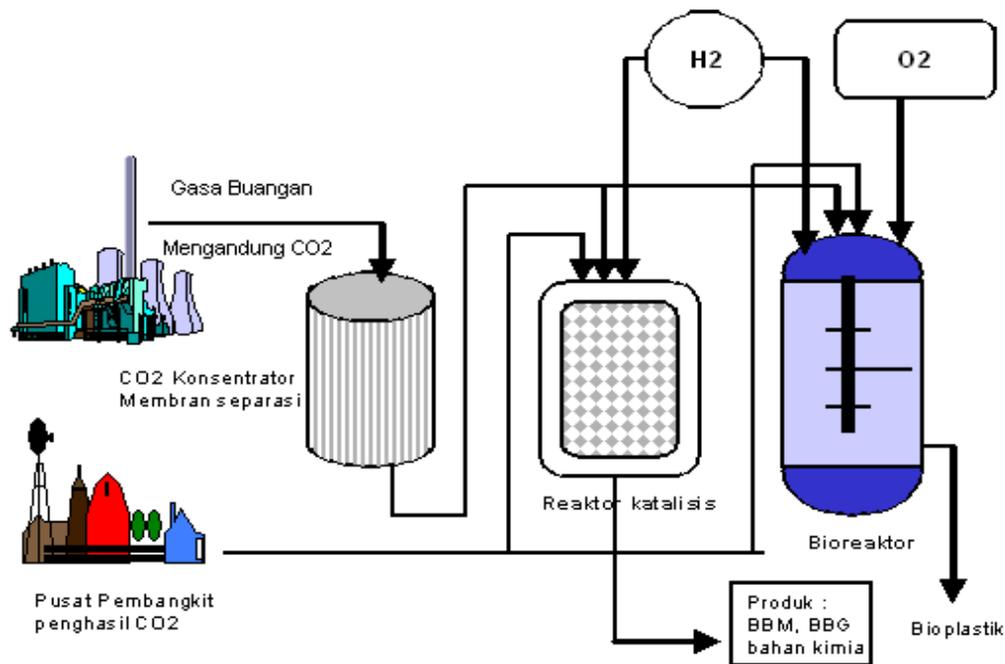
Kecenderungan meningkatnya limbah CO<sub>2</sub> akan berlanjut jika saja tidak dilakukan tindakan preventif secara global. Salah satu langkah yang dikembangkan yaitu CO<sub>2</sub> dapat dimanfaatkan dalam proses daur ulang. Berdasarkan fenomena diatas, tulisan ini bertujuan mengetengahkan bahasan untuk telaah dan memperoleh perkembangan informasi lptek tentang upaya daur-ulang dan memetik manfaat yang lebih bermakna dari limbah CO<sub>2</sub> yang mungkin saja bahwa nantinya akan menjadi masalah besar di Indonesia. Hal itu juga mengingat kepada kita bangsa Indonesia,

jika nantinya akan mengarah menjadi negara industri, mempunyai cadangan sumber gas cukup besar serta dengan residu kandungan CO<sub>2</sub> yang cukup besar pula. Misalnya saja gas Arun mempunyai kandungan CO<sub>2</sub> 15,8%, Natuna 72%, untuk LNG Arun akan melepas CO<sub>2</sub> sekitar 20.000 ton/hari<sup>(1)</sup>, dan tentunya Natuna akan lebih besar lagi sekitar 2-3 kalinya. Di balik itu ada suatu harapan bahwa limbah CO<sub>2</sub> yang cukup besar sudah dapat diantisipasi jika saja terjadi krisis bahan baku industri dimasa depan.

## 2. PROSPEKTING CO<sub>2</sub>

Pemikiran yang berkembang bahwa limbah CO<sub>2</sub> pada dasarnya adalah hasil

dari pemecahan senyawa hidrokarbon kompleks. Logikanya bahwa dari fraksi tersebut dapat dibentuk kembali menjadi senyawa yang lebih kompleks. Seperti halnya yang dilakukan upaya pendaur-ulang pakai limbah plastik menjadi bahan bakar minyak yaitu, dengan pembalikan alir proses. Hasil kajian yang telah dilakukan menunjukkan sangat memungkinkan bahwa reaksi balik CO<sub>2</sub> dapat dibuat produk strategis seperti: bahan bakar cair, bahan bakar gas, serta beberapa jenis produk bahan baku industri seperti ethilen, propilen, benzen, alkohol, asam asetat, senyawa ester, urea dan bahan baku plastik yang mudah terurai. Alir proses dapat disederhanakan seperti tertera pada Gambar 1.



## 3. PENAMBATAN CO<sub>2</sub>

Penambatan CO<sub>2</sub> dapat dipilahkan berdasarkan prosesnya yaitu:

### 3.1. Proses Alam

Penambatan CO<sub>2</sub> secara alamiah terjadi di alam oleh beberapa jenis mikro alga dan tumbuh-tumbuhan. Sedangkan di

laut oleh beberapa jenis plankton dan hewan terumbu karang yang mampu menambat CO<sub>2</sub> yang terlarut di air. Diperkirakan bahwa dengan luas terumbu karang di permukaan bumi seluas 620.000 km<sup>2</sup> mampu menambat sekitar 2,5 milyar ton CO<sub>2</sub> atau 12% dari total limbah CO<sub>2</sub>. Disinilah

pentingnya perlindungan terhadap terumbu karang di tiap negara.

### 3.2. Proses Fisika & Kimia

Problem mendasar untuk pemanfaatan ulang CO<sub>2</sub> adalah bagaimana menambat CO<sub>2</sub> yang efektif agar limbah CO<sub>2</sub> dapat didaur ulang menjadi produk di dalam sistem produksi. Riset pendahuluan menemukan beberapa alternatif teknik penambatan,

pemisahan dan pengumpulan CO<sub>2</sub>. Teknik ini akan dikembangkan terutama untuk mengumpulkan CO<sub>2</sub> dari sumber pembangkit yang bervolume besar dan terkonsentrasi seperti, pabrik dan industri pengolahan gas alam. Ada beberapa teknik yang telah dikembangkan untuk penambatan dan pengumpulan CO<sub>2</sub> yang telah diperoleh dari hasil penelitian, dengan beberapa keuntungan dan kekurangannya (Tabel 1).

Tabel 1 : Paparan Banding dan Evaluasi Sistem Teknik Koleksi CO<sub>2</sub> Untuk Pusat Pembangkit Energi

Sistem	Diskripsi	Keuntungan	Kerugian
Absorpsi Kimia	CO <sub>2</sub> diadsorpsi berdasar reaksi kimia dengan absorban cair, pemisahan dan pengumpulan dengan pemanasan dan absorban cair	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudah dibuat untuk sistem yang berkapasitas kecil</li> <li>Sistem cocok untuk pengumpulan gas yang berkandungan rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penggunaan absorban jumlahnya besar dan mahal</li> <li>Membutuhkan energi cukup besar untuk pemisahan CO<sub>2</sub></li> </ul>
Adsorpsi Fisik	CO <sub>2</sub> secara fisik diadsorpsi menggunakan zeolit, dikumpulkan dan dipisahkan dengan tekanan rendah	Peralatan yang digunakan relatif mudah pengoperasiannya	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibutuhkan energi besar untuk proses pemisahan</li> <li>Secara teknis dibutuhkan sistem dalam kapasitas yang besar</li> </ul>
Separasi Membran	CO <sub>2</sub> dikumpulkan dan dipisahkan dengan mengkon - disikan perbedaan kecepatan pemisahan relatif terhadap membran berberat molekul besar	Peralatan sangat sederhana	<ul style="list-style-type: none"> <li>Harga membran sangat mahal, total biaya sangat tinggi</li> <li>Dibutuhkan membran dengan luasan besar dan sulit membuat sistem tersebut dalam ukuran besar</li> </ul>

Salah satu dari sistem tersebut yaitu adsorpsi kimia, yang beranjak dari sistem pembakaran konvensional, namun sangat praktis aplikasinya pada tambang gas dan pabrik kimia yang berskala kecil. Teknik pengumpulan dengan sistem adsorpsi kimia digunakan Asam-aminat (Aminic acide) 90% CO<sub>2</sub> dapat terkumpul. Dengan teknik ini, untuk pembangkit LNG diperkirakan

biayanya relatif murah, pada tahun 1994 diperkirakan Rp 220/lkWh. Biaya ini sudah termasuk biaya kebutuhan energi untuk proses pengumpulan, cairan adsorben dan pencairan relatif. Sedangkan kalau digunakan pada pembangkit BBM dan batubara biayanya dapat meningkat 1,2 – 1,5.

#### 4. BIOKONVERSI CO<sub>2</sub>

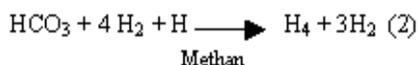
Yang dimaksud dengan biokonversi adalah mengubah satu bentuk bahan menjadi bahan lain prosesnya dengan perantaraan jasad hidup, umumnya yang digunakan adalah mikroorganisme. Penelitian dasar yang telah dikembangkan dan memberikan harapan saat ini yaitu penggunaan mikroorganisme untuk mengkonversi CO<sub>2</sub>, antara lain menjadi gas metan, asam asetat, bahan plastik yang dapat dicerna di alam (*biodegradable*).

##### 4.1. Biokonversi Metan dan Asam asetat

Biokonversi CO<sub>2</sub> menjadi gas metan dan asam asetat dengan metode *Bioelectro reaktor* dikembangkan oleh Kuroda dkk<sup>(2)</sup>. Diagram sederhana peralatan reaktor tertera pada Gambar 2. Untuk pembentukan metan digunakan *bakteri methanogenic* dan pembentukan asam asetat digunakan *bakteri homo-acetogenic*. Proses produksi di dalam reaktor yang dilengkapi dengan elektroda pembangkit listrik arus searah (DC) dan bakteri dikekang pada bagian katoda. Fungsi aliran listrik adalah untuk elektrolisis air guna memproduksi gas H<sub>2</sub>. Pembentukan gas metan dan asam asetat di dalam reaktor pada kondisi anaerob dijabarkan dalam persamaan reaksi sebagai berikut:



Bakteri akan menggunakan HCO<sub>3</sub> untuk memproduksi metan dan asam asetat.



Pembentukan gas metan dan asam asetat dapat merupakan reaksi sinergis, jika di dalam reaktor ditumbuhkan bakteri pembentuk metan dan asam asetat bersamaan. Namun efektivitas konversi CO<sub>2</sub>

menjadi produk tersebut sangat tergantung pada kecukupan konsumsi H<sub>2</sub>. Hasil penelitian yang dilakukan dengan reaktor volume 1 m<sup>3</sup>, laju produksi rata-rata 7,4 ml gas metan/jam, tegangan arus listrik 100 mA, dengan efektivitas konsumsi H<sub>2</sub> mencapai 90%.

##### 4.2. Biokonversi Bahan Plastik

Biji plastik konvensional dibuat dengan bahan dasar dari polipropilen atau poliester yang berasal dari minyak bumi. Satu problem yaitu plastik konvensional, karena tidak dapat dirombak oleh alam, sehingga menimbulkan problem lingkungan. Upaya yang dilakukan sejak tahun 1927 oleh Pasteur Institute di Perancis, akhirnya memperoleh jenis bakteri yang dapat membentuk senyawa polimer yang disebut Poli-3-Hidroksibutirata (*Poly 3HB*) yang ternyata dapat digunakan sebagai pengganti bahan baku plastik konvensional.

Penelitian yang intensif baru dilakukan sekitar tahun 1983 oleh International Chemical Industries.Co di Inggris, dengan menggunakan bakteri *Alcaligenes eutropus* sebagai substrat digunakan asam propionat untuk memproduksi Poly-3HB, dan sekarang sudah diproduksi dalam skala komersial. Namun produk ini cukup mahal sekitar 2 – 3 kali, jika dibandingkan dengan harga plastik dari minyak bumi, serta kecocokan-gunanya masih terbatas.

Pembuatan bahan baku plastik secara mikrobiologis, pada prinsipnya adalah mendasarkan pada proses fermentasi di dalam suatu bentuk reaktor melalui jasa mikroorganisme. Sampai saat ini jenis mikroorganisme yang digunakan untuk produksi dalam skala komersial adalah bakteri *Alcaligenes eutropus*, walaupun ada jenis bakteri yang dapat menghasilkan bahan polimer lain seperti *Azotobacter bifernei* dan *Pseudomonas oleovoleus*. Sumber bahan substrat yang digunakan juga berbeda-beda, umumnya digunakan glukosa, fruktosa, asam propionat, asam pentanoat, asam oktanoat, atau campuran

dari bahan kimia tersebut. Jenis bahan substrat akan menentukan jenis dan kualitas polimer yang dibentuk atau disintesis yaitu homopolimer atau kopolimer.

Tanaka dkk<sup>(3)</sup>, berhasil mengisolasi jenis bakteri yang dapat membentuk bahan plastik, yang mempunyai karakteristik dasar mampu mengoksidasi hydrogen (*hydrogen-oxidizing bacterium*). Pada kondisi oksigen dan nutrien yang terbatas, dan ditumbuhkan substrat CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> mampu membentuk senyawa Poli (D-3-Hidroxybutirate) di dalam selnya.

Secara teknis ada dua cara untuk proses produksi yaitu sistem *batch* dan *sinambung*. Tetapi sampai saat ini lebih sering digunakan sistem *batch*, sedangkan sistem *sinambung* masih dalam proses pengembangan teknologinya. Sistem *sinambung* ini akan lebih menguntungkan, karena kapasitas produksi akan lebih besar, sehingga harga jual produk diharapkan akan lebih murah.

Untuk proses volume besar, terlebih dulu dibuat kultur biakan sebagai biangnya (*seed culture*), dengan volume bertingkat. Tiap tahap minimal 10% dari volume total. Medium tumbuh untuk pembuatan kultur biang untuk tiap volume 1 liter mengandung; 1,7 g fruktosa, 0,15 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1,1 g Na<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.12H<sub>2</sub>O, 1.02 g MgSO<sub>4</sub> dan 0,1 ml unsur mikro. Pada tiap tahapan lama pembiakan bakteri 5 – 6 jam, baru dipindahkan kedalam bioreaktor besar. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tanaka dkk (1995), sangat menggembirakan dan memberikan prospek, lama proses 40 jam produktivitas bakteri menghasilkan masa-sel 91,3 g/L/jam dengan kandungan P(D-3HB) 61,9 g/L/jam, diagram alur proses diperlihatkan pada *Gambar 3*.

## KESIMPULAN DAN CATATAN

Penemuan teknologi baru, seperti telah dipaparkan di atas memberikan harapan dan sekaligus tantangan. Bagi Indonesia tentunya sangat memberikan harapan yang cukup bermakna, karena dalam beberapa hal Indonesia mempunyai faktor dominan yang sinergis. Cadangan sumber gas alam yang cukup besar, umumnya dengan

kandungan CO<sub>2</sub> relatif tinggi. Arahannya menuju negara industri kebutuhan bahan baku industri akan meningkat terutama untuk industri kimia dasar. Meningkatnya kondisi sosial ekonomi dan jumlah penduduk yang besar, akan semakin besar pula andil timbulnya limbah CO<sub>2</sub> karena meningkatnya akan konsumsi energi, barang dan jasa perkapita.

Pada sisi lain adalah adanya salah satu kemungkinan penghematan cadangan sumber energi dan cadangan bahan baku dari konversi CO<sub>2</sub> serta pemanfaatan optimal sumber daya alam yang ada tentunya ini akan seiring dengan kebijakan global seperti diamanatkan pada Deklarasi KTT Bumi 2002 di Johannesburg. Tantangannya adalah bahwa isu lingkungan terutama faktor-faktor penyebab dari "efek rumah kaca" harus bisa dieliminir. Karena Indonesia termasuk salah satu negara yang sangat berpotensi terhadap timbulnya pemanasan global. Catatan dari World Resources Institute, hasil survey 1987 memperlihatkan bahwa, emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia mencapai 2,5 milyar ton, hampir setara dengan negara industri maju seperti Jerman (2,7 milyar ton), walaupun masih lebih rendah dari India dan China.

## RUJUKAN PUSTAKA

1. Massama.A.,1995.Karbon Dioksida, "Kawan dan lawan,". Warta Insinyur Kimia, Vol.9 No.4.pp.32-34  
Kaoyuki.K., Yoshiharu.D.,1995. Continuous Production of Poly(3-Hydroxybutirate by *Alcaligenes eutropus*
2. Kurada M.T.,Watanabe.,1995. CO<sub>2</sub> Reduction To Methane and Acetat Using A Bio-Electro reactor With Immobilizes Methanogens and Homoaceto gens on Electrodes. J.Energy. Convers.Mgmt. Vol 36 No.6-9.pp.787-790.
3. Tanaka, K., Ayaki.I.,Toshibisa.K and Takaheru.K.,1995. Produc tion of Poly(D-3- Hydro xybutirate) from CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub> by High Ceell Density