

PROSES *HYDROCARB* UNTUK BIOMAS DAN BAHAN BAKAR FOSIL¹

Agus Sugiyono

Staf Peneliti Direktorat Teknologi Energi, BPP Teknologi

1. Pendahuluan

Sektor energi merupakan sektor yang sangat penting di Indonesia karena selain sebagai penggerak ekonomi dalam negeri juga sebagai komoditi ekspor. Untuk memenuhi keperluan energi dalam negeri, ada beberapa sumber energi yang tersedia seperti : minyak bumi, gas alam, batubara, geothermal, biomass, dan sumber energi baru yang lainnya. Pada tahun 1991 kebutuhan energi dalam negeri mencapai 52 MTOE yang sebagian besar menggunakan minyak bumi (41 %) dan biomas, sebagai sumber energi tradisional (31 %). Sisanya dipenuhi dengan gas alam sebesar 18 %, batubara 6 % dan tenaga air bersama-sama dengan geothermal sebesar 4 % [3].

Sumber energi di Indonesia ditandai dengan keterbatasan cadangan minyak bumi, cadangan gas bumi yang mencukupi dan cadangan batubara yang masih melimpah. Cadangan minyak bumi diperkirakan sebesar 10.73×10^9 barrel dengan rata-rata produksi 0.47×10^9 barrel per tahun, sedangkan cadangan gas alam sebesar 101.8×10^{12} SCF dengan rata-rata produksi 2.1×10^{12} SCF per tahun dan cadangan batubara sebesar 34.31×10^9 ton dengan rata-rata produksi 0.011×10^9 ton per tahun [2]. Sumber biomas tersebar di seluruh wilayah baik yang berupa produksi hasil hutan maupun limbah pertanian. Potensi produksi biomas diperkirakan sebesar 246.3×10^6 ton per tahun dengan perincian : hasil hutan sebesar 217.0×10^6 ton per tahun dan limbah pertanian sebesar 29.3×10^6 ton per tahun [4]. Keterbatasan bahan bakar minyak dalam negeri telah mendorong pemerintah untuk melaksanakan kebijaksanaan diversifikasi energi. Berbagai sumber energi alternatif terus dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, termasuk pemanfaatan biomas menjadi energi yang komersial.

Teknologi pemanfaatan biomas menjadi bahan bakar komersial terus dikembangkan dewasa ini. Pemanfaatan energi dari biomas mula-mula dikembangkan dari hasil manajemen limbah. Pembangkit listrik yang memanfaatkan limbah dari penggergajian kayu telah dikembangkan di Amerika. Kemudian pemanfaatan limbah pertanian juga dikembangkan untuk pembangkit tenaga listrik. Contoh lain pemanfaatan biomas yaitu produksi alkohol dari biji tumbuh-tumbuhan di Amerika dan Eropa dan produksi alkohol dari tebu yang dapat digunakan sebagai bahan bakar mobil di Brasil. Meskipun produksi biomas sebagai bahan bakar komersial secara ekonomis masih mahal, tetapi teknologi pemanfaatan biomas untuk memperoleh nilai tambah yang lebih baik terus

¹ Innertap - DJLPE, Proseding Prospek Pemanfaatan Biomasa Sebagai Energi di Indonesia, hal. 83-90, September 1995.

dikembangkan termasuk salah satunya yaitu proses *hydrocarb*. Dalam makalah ini akan dibahas proses *hydrocarb* dengan bahan baku biomas dan bahan bakar fosil.

2. Proses *Hydrocarb*

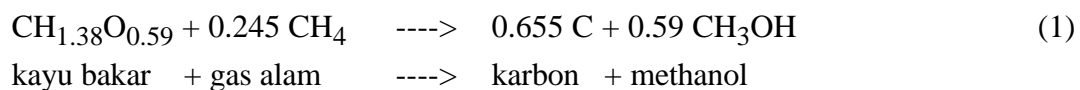
Secara umum proses *hydrocarb* dibagi menjadi tiga tahap, yaitu : proses *hydrogasification* dari bahan baku (biomas atau bahan bakar fossil), proses *pyrolysis* yang merupakan proses dekomposisi methane secara thermal dan proses pembentukan *methanol* secara *catalytic*.

Biomas yang berasal dari kayu bakar mempunyai komposisi seperti ditunjukkan dalam Table 1 dan mempunyai rumus kimia $CH_{1.38}O_{0.59}$. Kandungan abu dan sulfur dari kayu bakar lebih kecil bila dibandingkan dengan batubara, yang akan mengurangi biaya dan kesulitan dalam memanfaatkan biomass.

Table 1. *Ultimate Analysis* dari kayu bakar

	Wt % (<i>dry basis</i>)
Ash	0.74
Carbon (total)	51.94
Hydrogen	5.99
Sulfur	0.18
Nitrogen	0.48
Oxygen	40.67
Total	100.00

Total proses *hydrocarb* dapat dinyatakan dalam persamaan reaksi sebagai berikut :



Mula-mula biomas, gas alam, dan penyerap sulfur diumpankan ke reaktor *hydrogasification* pada suhu 800 °C dengan tekanan 5×10^6 N/m² (50 atm). Reaksi yang terjadi selama proses ini :



Abu, karbon dan penyerap sulfur keluar dari reaktor *hydrogasification* dalam bentuk padat sedangkan gas yang dihasilkan diumpungkan ke reaktor kedua yang mempunyai suhu 1100 °C dan tekanan sekitar 50 atm dan reaksinya :



Karbon murni yang terbentuk dalam dekomposisi thermal dari *methane* dalam reaktor *pyrolysis* dibuang sebagai hasil sampingan. Kemudian *methanol* diproses dalam reaktor ketiga pada suhu 260 °C dan tekanan sekitar 50 atm.



Setelah kondensasi *methanol*, sisa-sisa gas dikembalikan ke reaktor *hydrogasification*. Seluruh nitrogen yang terkandung dalam bahan baku diubah menjadi N₂.

Untuk proses *hydrocarb* yang menggunakan bahan baku campuran biomas dan batubara mempunyai proses yang sama dengan proses di atas.



Kesetimbangan materi dan komposisi kimia ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar 2 dan 3 memperlihatkan kesetimbangan energi dalam reaktor *hydrogasification* dan dalam reaktor *pyrolysis*.

3. Permasalahan dan Prospek

Meskipun sistem yang terintegrasi belum beroperasi, tetapi tiap proses telah dicoba menggunakan bahan baku batubara di Brookaven National Laboratory (BNL). Juga telah dicoba dengan bahan baku biomas dan terus dilakukan perbaikan. Jika biomas saja yang digunakan sebagai bahan baku, proses *hydrocarb* akan mendekomposisi biomas menjadi karbon, *hydrogen* dan air. Proses ini dapat menyimpan karbon yang terkandung dalam biomas tapi hanya 3 % dari energi biomas yang diubah menjadi *hydrogen*. Jika bahan baku ditambah dengan gas alam, *coprocessing* akan menghasilkan *methanol* sebagai tambahan dari karbon. Dengan proses yang sama, proses *hydrocarb* dapat menggunakan bahan baku campuran biomas, batubara dan gas alam.

Biomas mengandung 0.18 % sulfur yang menghasilkan 340 ppm H₂S dalam reaktor *hydrogasifier*. Dalam *methanol converter*, gas *synthetic* harus mempunyai kandungan sulfur yang

kurang dari 2 ppm sehingga selama proses *hydrogasification* dari biomass perlu menambahkan penyerap H_2S . Meskipun batu kapur ($CaCO_3$) telah berhasil digunakan sebagai penyerap H_2S pada proses *hydrogasification* dari batubara pada tekanan yang rendah, pada proses *hydrogasification* dari biomas ada kemungkinan $CaCO_3$ tidak reaktif dengan H_2S . Diperkirakan *dolomite* ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$) dapat digunakan untuk menyerap sulfur menjadi $MgO \cdot CaS$. Karena CaS tidak dapat dibuang langsung dan tidak dapat dioksidasi tanpa melalui emisi SO_2 , maka CaS hasil dari proses *hydrogasification* digunakan sebagai bahan bakar *reheater* pada temperatur 1500 °C. Pada temperatur ini oksidasi CaS dan dekomposisi menjadi $MgO \cdot CaO + SO_2$ akan berlangsung. Kemudian SO_2 dikumpulkan dari gas buang *reheater* dengan *scrubber* konvensional.

Penggunaan alumina untuk mengendalikan suhu dalam *hydrogasifier* dan sebagai penukar kalor dalam reaktor *pyrolysis* merupakan hal perlu diperhatikan. Keseimbangan energi memperlihatkan bahwa tingkat daur ulang dari alumina sangat tinggi, sekitar 20 kali dibandingkan dengan tingkat penggunaan bahan baku biomas. Menangani aliran masa yang besar dan bertekanan tinggi dari alumina juga masih merupakan masalah.

Keuntungan dari proses ini adalah dapat dikembangkan lebih lanjut untuk bahan baku dari bahan yang mengandung karbon selain bahan bakar fosil seperti limbah padat. Aspek penting yang lain yaitu aspek lingkungan disaat kebutuhan bahan bakar cair yang bersih lingkungan juga semakin meningkat. Dalam proses *hydrocarb* dengan bahan baku biomas, hasil sampingan yang berupa karbon bebas dari abu, sulfur dan nitrogen, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar bersih lingkungan di sektor industri khususnya untuk menghilangkan emisi SO_2 dan emisi abu dari boiler atau mesin diesel. Oleh karena bahan bakar ini tidak mengandung nitrogen maka emisi NO_x dapat dikurangi sebesar 50 % bila dibandingkan dengan penggunaan batubara.

Methanol dan karbon serta *hydrogen* dan *methane* dapat sebagai alternatif hasil gabungan dari proses *hydrocarb*. Jika suatu saat *hydrogen* menjadi standard bahan bakar untuk transportasi, pada saat pergantiannya memerlukan fasilitas pemroses yang mampu memproduksi *methanol* dan *hydrogen*. Prospek lain dari proses *hydrocarb* yaitu untuk menanggulangi masalah pemanasan global. Proses *hydrocarb* dapat mengubah gas alam ke *methanol* dan kemudian menggunakan *methanol* sebagai bahan bakar dengan jumlah emisi CO_2 total adalah nol.

Perbandingan secara ekonomis teknologi *hydrocarb* ditunjukkan dalam Table 2. Dari Tabel 2 dapat ditunjukkan bahwa *coprocess* biomas dan gas alam mempunyai efisiensi thermal yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses *hydrocarb* yang lainnya. Makin besar karbon yang disimpan maka makin mahal biaya investasinya sehingga harga *methanol* hasil proses *hydrocarb* juga meningkat. *Coprocess* biomas dan gas alam dapat menurunkan biaya investasi tersebut.

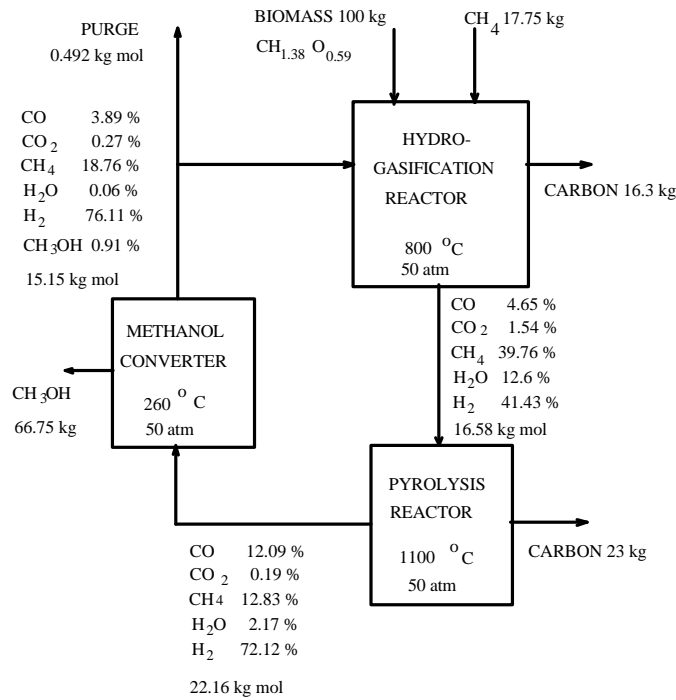
4. Penutup

Proses *hydrocarb* merupakan salah satu proses untuk memanfaatkan biomas menjadi bahan bakar komersial dan mempunyai beberapa keuntungan diantaranya :

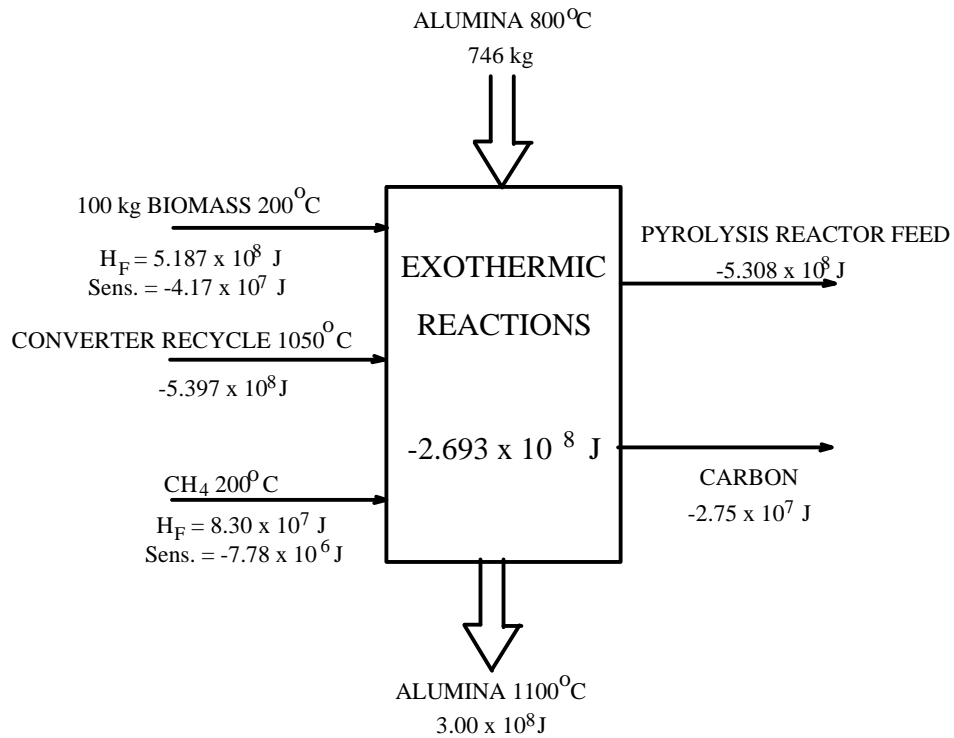
- bahan bakar hasil proses *hydrocarb* dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak bila suatu saat cadangan minyak habis.
- karbon yang dihasilkan oleh proses *hydrocarb* bebas dari abu, sulfur dan nitrogen sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk sektor industri dan mempunyai dampak pemakaiannya terhadap lingkungan yang kecil.
- mempunyai prospek untuk membuat dan memanfaatkan *methanol* dengan emisi CO₂ yang minimum.

Daftar pustaka

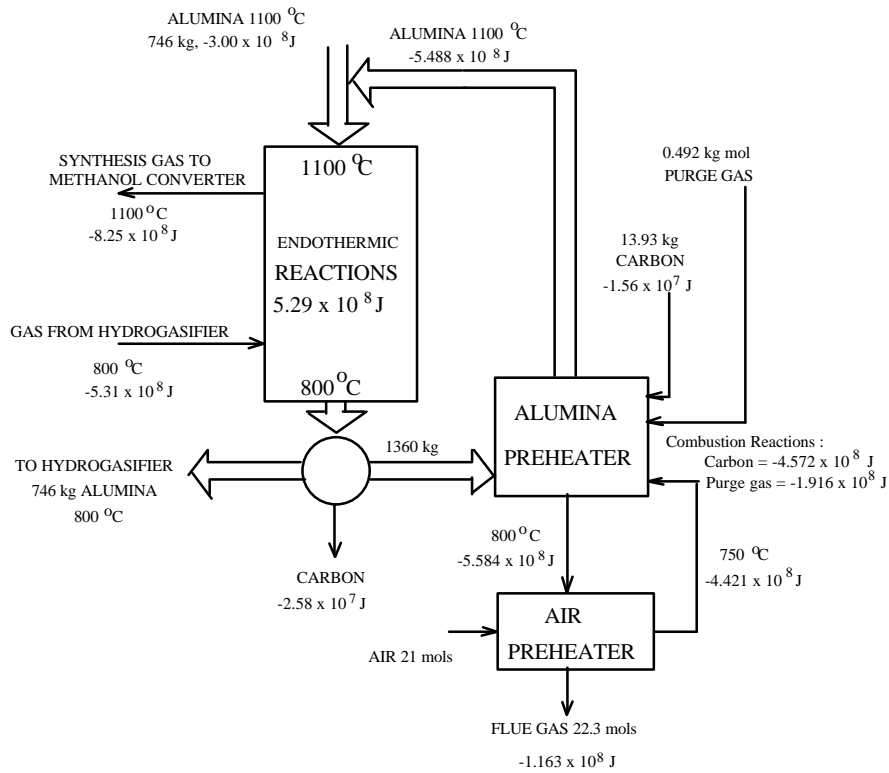
- [1] Arnulf Grubler, Nebojsa Nakicenovic dan Andreas Schafer, *Summary of IPCC/EIS - IIASA International Workshop on Energi-Related Greenhouse Gases Reduction and Removal*, IIASA, 1992
- [2] BPPT-KFA, *Environmental Impact of Energy Strategies for Indonesia : Final Summary Report*, May 1993.
- [3] International Energy Agency, *The IEA Energy Balance and Statistics Databases, on diskette*, 1993.
- [4] Riyanto Marosin, L.M. Panggabean, *State of the Art of Biomass Gasification Technology in Indonesia*, Seminar on Power Generation Technology Using Biomass, 17-18 Januari 1989.
- [5] Robert H. Borgwardt, Meyer Steinberg, Edward W. Grobse and Yuanki Tung, *Biomass and Fossil Fuel to Methanol and Carbon via The Hydrocarb Process*, US EPA.



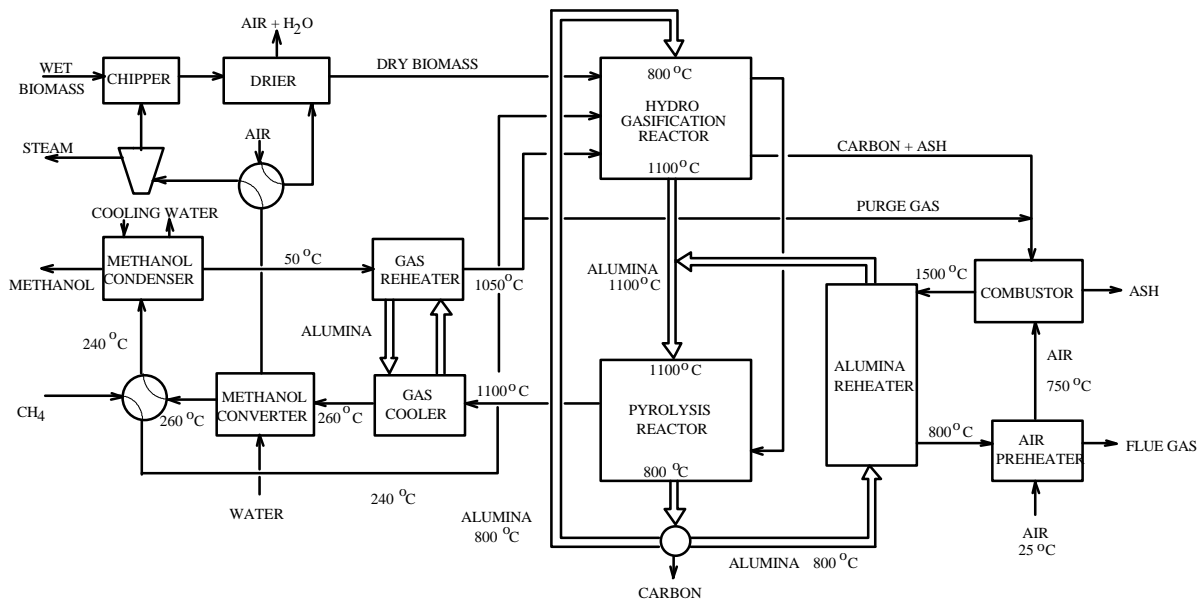
Gambar 1. Kestimbangan Materi dan Komposisi Kimia [5]



Gambar 2. Kestimbangan Energi dalam Reaktor Hydrogasification [5]



Gambar 3 Kestimbangan Energi dalam Reaktor Pyrolysis [5]



Gambar 4. Diagram Proses Hydrocarb [5]

Table 2. Perbandingan Teknologi Hydrocarb [1]

No.	Process	Feed-stock	Capacity <u>Ton/Day</u> Energy PJ/yr Input	Fuel Product	Fuel Product Output per Day	Carbon Utili- zation eff. (%)	Thermal Eff. (%)	Capital Cost of Plant \$ 10 ^ 6 Millions	Fuel Product Selling Price \$/MMBtu of Total	Deve- lopment time Yrs	O&M \$/Day	Energy Output PJ/yr
1	Hydrocarb Methanol	Bit. Coal	<u>25,000 T/D</u> 216 PJ/yr	Methanol Carbon	96,000 B/D 11,600 T/D	90	95	860	2.40	4	100,000	205
2	Hydrocarb Methanol Store 50% C	Bit. Coal	<u>25,000 T/D</u> 216 PJ/yr	Methanol Carbon	96,000 B/D 5,800 T/D	59	69	860	3.30	4	100,000	149
3	Hydrocarb Methanol Store all C	Bit. Coal	<u>25,000 T/D</u> 216 PJ/yr	Methanol Carbon	96,000 B/D 0 T/D	27	43	860	5.30	4	100,000	93
4	Hydrocarb Gasoline Store all C	Bit. Coal	<u>25,000 T/D</u> 216 PJ/yr	Gasoline Carbon	43,500 B/D 0 T/D	25	35	1100	7.40	4	150,000	55
5	Hydrocarb Gasoline	Bit. Coal	<u>25,000 T/D</u> 216 PJ/yr	Gasoline Carbon	43,500 B/D 11,600 T/D	85	87	1,100	2.90	4	150,000	190
6	Hydrocarb Coproces Methanol	Bit. Coal Biomass	<u>28,400 T/D</u> 14,900 T/D 318 PJ/yr	Methanol Carbon	110,000 B/D 17,700 T/D	112	114	1,200	2.50	4	125,000	275
7	Hydrocarb Coproces Store 50 % C	Bit. Coal Biomass	<u>28,400 T/D</u> 14,700 T/D 318 PJ/yr	Methanol Carbon	110,000 B/D 8,900 T/D	70	78	1,200	5.30	4	125,000	173
8	Hydrocarb Coproces Store all C	Bit. Coal Biomass	<u>28,400 T/D</u> 14,700 T/D 318 PJ/yr	Methanol Carbon	110,000 B/D 0 T/D	27	43	1,200	8.00	4	125,000	104
9	Hydrocarb Coproces Coal Gas. Store C	Bit. Coal Biomass	25,000 T/D <u>13,300 T/D</u> 318 PJ/yr	Gasoline Carbon	49,300 B/D 0 T/D	26	36	1,500	9.70	4	175,000	86
10	Hydrocarb Coproces Nat. Gas & Biomass	Natural Gas Biomass	238 x 10^6 SCF/D <u>25,000 T/D</u> 219 PJ/yr	Methanol Carbon	136,000 B/D 6,800 T/D	370	237	850	4.70	4	110,000	197
11	Hydrocarb Coproces Nat. Gas & Store all C	Natural Gas Biomass	238 x 10^6 SCF/D <u>25,000 T/D</u> 219 PJ/yr	Methanol Carbon	136,000 B/D 0 T/D	187	158	850	6.10	4	110,000	131

* Efficiencies based only on fossil fuel utilization whenever biomass is coprocessed

** Unregulated Industrial Processes Fixed Charges 21.9 % on Capital, 90 % P.F. and 1989 Dollars