

ISBN 978 - 979 - 15904 - 0 - 2

PROSIDING

Seminar Nasional
Teknologi dan Rekayasa Industri

SNTRI 07

APPLIED TECH 07

TEKNIK KIMIA
VOLUME 4



Penyelenggara :
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Indonesia
Jl. Raya Puspiptek
Serpong, Tangerang 15320

**SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI
dan REKAYASA INDUSTRI TAHUN 2007 (SNTRI 07)
“Applied Technology”
Serpong, 11-12 April 2007**

Editor :

Ir. Houtman P. Siregar, Ph.D
Ir. Linda Theresia ,MT.
Ir. Dwita Suastiyanti, M.Si
Ir. Bendjamin Ch.Nendissa,MSIE.

Editor Pelaksana :

Dra Perak Samosir ,M.Si
Ir. Tris Dewi Indraswati,MT
Dipl. Ing .M.Kurniadi Rasyid
Junius Hardi ,ST., MT
Drs.Moh.Hardiyanto, MT
Ir. Yustina Sri Suharini,MT

Perancangan Kulit Muka :

Dra .Perak Samosir, M.Si

Email :

sntri@yahoo.com

Cetakan Pertama:

April 2007

Penerbit :

Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Indonesia
Jl Raya Puspipetek Serpong-Tangerang

Percetakan :

PT PrimaNusa Lestari
Jl Persatuan No 17 Cinere Depok
Telp (021) 7530311

KATA PENGANTAR

Sinergi para dosen perguruan tinggi, peneliti, kalangan industri dan pengambil kebijakan merupakan stakeholder penentu yang menghasilkan teknologi terapan. Dengan semakin derasnya arus informasi dan hasil produksi luar negeri yang masuk ke Indonesia, menuntut agar sinergi dari elemen-elemen penentu dapat berkonvergensi untuk menghasilkan produk sebagai penerapan dari teknologi yang sedang atau telah dihasilkan, sehingga dapat bersaing dengan produk luar negeri baik dari segi kualitas, harga, maupun estetika sehingga produk kita senantiasa dapat menjadi tuan rumah di negeri sendiri.

Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa Industri pada tahun 2007 (SNTRI 07) bertujuan untuk membentuk wahana transformasi ilmu pengetahuan yang dapat diterapkan antara dosen perguruan tinggi, peneliti, kalangan industri dan pengambil kebijakan.

Sebagai salah satu elemen stakeholder yang bertanggung jawab dalam kemajuan teknologi Bangsa Indonesia, maka Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Indonesia bekerja sama dengan elemen stake holder lainnya mengadakan Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa Industri pada tahun 2007 (SNTRI 07), sebagai sumbangsih dalam rangka mensukseskan sinergi kemajuan teknologi.

Perkembangan penelitian di bidang Teknik Elektro, Teknik Mesin, Teknik Industri, Teknik Kimia, Teknik Informatika, Teknik Otomotif, dan Teknik Mekatronika menjadi latar belakang bagi Fakultas Teknologi Indonesia untuk mengadakan seminar ini.

Berkat kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak sehingga Seminar Nasional ini dapat diselenggarakan pada tgl 11-12 April 2007 di Institut Teknologi Indonesia, Serpong-Tangerang. Acara ini dihadiri oleh para dosen perguruan tinggi, peneliti, kalangan industri, pengambil kebijakan dan praktisi dengan berbagai latar belakang keilmuan.

Makalah yang dipresentasikan dalam seminar ini diterbitkan dalam bentuk Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa Industri pada tahun 2007 (SNTRI 07). Dalam seminar ini, kami menerima 115 abstrak. Setelah diseleksi, akhirnya terpilih 110 abstrak yang layak ditulis lebih lanjut menjadi makalah penuh. Dan dari 110 abstrak yang telah direkomendasi, hanya 102 yang mengirimkan makalah penuh yang dimuat dalam prosiding seminar ini.

Akhir kata, semoga prosiding ini dapat menjadi sumbangan yang berarti bagi pengembangan penelitian dan aplikasi ilmu pengetahuan dibidang teknologi, khususnya teknologi terapan saat ini dan di masa yang akan datang.

Jakarta, April 2007
Ketua Panitia Pelaksana

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi.....	iii
Panitia.....	iv
Informasi Seminar.....	v

KELOMPOK TEKNIK KIMIA

T4-01	Upaya Pengembangan Modifikasi Pati Cara Enzimatik, dari Umbi Mayor dan Umbi Minor Sebagai Bahan untuk Industri	T4-01/1-7
T4-02	Ekstraksi Pektin Dari Sabut Kelapa (<i>Cocos nucifera L.</i>)	T4-02/1-6
T4-03	Gasifikasi : Sebuah Proses Alternatif Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Gas	T4-03/1-9
T4-04	Penurunan Viskositas Biodiesel Berbahan Minyak Biji Jarak (<i>Ricinus communis Linn</i>) melalui Tiga Tahap Reaksi	T4-04/1-5
T4-05	Sintesa Membran Zeolit NaA yang Dikombinasikan dengan TiO ₂ untuk Dehidrasi Etanol	T4-05/1-7
T4-06	Pemanfaatan Sampah Taman untuk Pembuatan Kompos dengan Sistem Windrow	T4-06/1-6
T4-07	Kajian Awal Pemanfaatan Kitosan sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi/Flokulasi Limbah Cair Industri Tahu	T4-07/1-9
T4-08	Pengaruh Konsentrasi NAOH Dan Waktu Ekstraksi Terhadap Rendemen Karagenan Dari Rumput Laut Jenis <i>Eucheuma Cottoni</i>	T4-08/1-6
T4-09	Uji Kinerja Karbon Aktif dari <i>Bagasse</i> untuk Adsorpsi Logam Tembaga dengan Aktivator NaOH	T4-09/1-6
T4-10	Ekstraksi Minyak Atsiri dari Bunga Kenanga (<i>Canangium Odaratum</i>) Dengan Metode Imersi	T4-10/1-6
T4-11	Pengaruh Suhu Pada Reaksi Polimerisasi antara Asam Oleat dengan Etilen Glikol	T4-11/1-8
T4-12	Performance of a Bubble Column Reactor for the Non-catalytic Methyl Esterification of Free Fatty Acids at Atmospheric Pressure	T4-12/1-7
T4-13	Pembuatan Permen Kesehatan dari Buah Mengkudu	T4-13/1-7
T4-14	Pengaruh Silika Gel (Aerosil) pada Membran Elektrolit Berbasis Polieter-eter Keton	T4-14/1-4
T4-15	Formulasi Minuman Kesehatan Berbasis Jamu Kudu Laos	T4-15/1-12
T4-16	Aplikasi Mikroalga <i>Chlorella sp</i> Untuk Pengolahan Limbah Cair Tahu	T4-16/1-5
T4-17	Identifikasi Peluang Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Energi untuk Mengurangi Emisi CO ₂ pada Industri Padat-Energi	T4-17/1-

PANITIA

Panitia Pelaksana

Ketua Pelaksana :	Ir. Houtman P. Siregar, Ph.D
Wakil Ketua :	Ir. Linda Theresia, MT.
Sekretaris :	Ir. Dwita Suastiyanti, M.Si.
Wakil Sekretaris :	Dra. Budiwati
Bendahara :	Ir. Bendjamine Ch. Nendissa, MSIE
Wakil Bendahara :	Fretty Nora Siahaan, B.Ac

Dewan Pengarah

Prof. Ir. Krishnba Mochtar, Ph.D
Prof. Dr. Ir. Harsono Wiryosumarto
Prof. Dr. SM. Nababan
Prof. G.R. Kermitr M.Sc.E
Ir. Ismed Iskandar, MSIE, Ph.D
Ir. Ilham Hatta, MT, APU

Dewan Penasehat

Ir. Marga Alisjahbana, Ph.D.
Prof. Ir. Alexandra I. Kermite
Ir. Daniel Sembiring, SE, MM.
Dr. Ir. Sidik Marsudi, M.Si.
Sumiarti S.Si. M.Kom.

Tim Redaksi

Dra Perak Samosir, M.Si.
Ir. Tris Dewi Indraswati, MT.
Dipl. Ing. M. Kurniadi Rasyid
Junius Hardi, ST, MT.
Drs. Moh. Hardiyanto, MT.
Ir. Yustina Sri Suharini, MT.

INFORMASI SEMINAR

- Tema : Applied Technology
- Waktu Pelaksanaan : Rabu-Kamis, 11-12 April 2007
- Panitia Pelaksana : Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Indonesia
- Tempat : Kampus Institut Teknologi Indonesia
Jl Raya Puspiptek Serpong-Tangerang
Telp (021) 7560546
Email : sntri07@yahoo.com
- Sekretariat : Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Indonesia
Jl Raya Puspiptek Serpong-Tangerang
Telp : (021) 7560546
Fax : (021) 7561095
Email : sntri07@yahoo.com
- Website : **<http://www.iti.ac.id>**

GASIFIKASI : SEBUAH PROSES ALTERNATIF PEMANFAATAN LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKAR GAS

Hasan Basri

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Indralaya, OI, Sumsel, Indonesia
E-mail : fajrividian@yahoo.com
: hasanbas1@yahoo.com

Abstrak

Gasifikasi merupakan salah satu alternatif proses termokimia yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan limbah padat serabut, tempurung dan tandan kosong kelapa sawit menjadi energi. Energi yang dihasilkan dalam bentuk bahan bakar gas atau gas mampubakar (CO, CH_4, H_2). Proses gasifikasi dapat dilakukan menggunakan beberapa pilihan tipe gasifier yang disesuaikan dengan: ukuran bahan bakar, kandungan air, kandungan abu bahan bakar, kapasitas panas yang akan dihasilkan dan pemanfaatan gas hasil gasifikasi.

Kata Kunci : Energi, Limbah padat kelapa sawit, gasifier, gasifikasi

I. PENDAHULUAN

Limbah padat hasil pengelolaan kelapa sawit merupakan salah satu potensi biomassa yang dapat menghasilkan energi khususnya di kawasan Asia Tenggara dengan negara penghasil utamanya Malaysia, Indonesia

Asia merupakan penyuplai 79% tandan buah segar (FFB) kelapa sawit dari total produksi di dunia. Dimana 95% dari total suplai asia dihasilkan oleh negara Malaysia dan Indonesia. Pada tahun 1998 produksi tandan buah sugar dunia adalah 94 juta ton dimana 43 % – 45 % merupakan limbah padat serabut, tempurung dan tandan kosong. Indonesia sebagai penghasil kelapa sawit terbesar setelah Malaysia menghasilkan 8,2 juta ton pertahun limbah padat berupa serabut, batok dan tandan kosong yang setara dengan energi yang dapat dihasilkan sebesar 67 GJ/Tahun [9,10,13].

Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengkomversikan biomassa (khususnya limbah padat kelapa sawit) menjadi energi. Salah satu cara melalui proses termokimia. Dengan proses termokimia biomassa dapat di konversikan menjadi energi melalui tiga cara yaitu: pembakaran langsung (direct combustion), gasifikasi dan pirolisa.

Pembakaran langsung (pembakaran pada udara lebih) pada kenyataannya adalah sangat praktis tetapi mempunyai permasalahan pada besarnya jumlah polusi

udara yang dihasilkan seperti nitrogen oksida [1], serta laju transfer energi masih rendah [12] terutama untuk biomassa yang mempunyai kandungan air yang tinggi.

Pirolisa adalah satu proses pengkonversian biomassa menjadi energi melalui pemanasan tanpa menggunakan oksigen. Proses ini tidak menimbulkan polusi serta energi yang dihasilkan dalam bentuk bahan bakar gas dan cair . Tetapi gas yang dihasilkan mempunyai nilai net heating value yang rendah serta jumlah tar yang tinggi jika dibandingkan dengan proses gasifikasi [1].

Gasifikasi adalah proses pengkonversian biomassa menjadi gas yang mudah menyala (CO, H_2, CH_4) melalui suplai jumlah oksigen yang terbatas sehingga terjadi pembakaran tak sempurna. Gas hasil dari proses gasifikasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar gas untuk boiler, turbin gas dan mesin pembakaran dalam sehingga terjadi proses pembakaran bertingkat dari biomassa yang sangat signifikan dalam mengurangi jumlah nitrogen oksida [9].

Gasifikasi telah menarik minat yang tinggi di sebabkan oleh proses ini menawarkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembakaran langsung dan pirolisa [16].

II. PROSES GASIFIKASI

Gasifikasi adalah proses dimana bahan organik diuraikan melalui reaksi thermal, dengan menyediakan jumlah udara terbatas sebagai perantara oksidasi sehingga terjadi pembakaran tak sempurna (partial combustion). Proses ini menghasilkan campuran gas yang mudah menyala ($\text{CO}, \text{H}_2, \text{CH}_4$), emisi (CO_2, NO_x), bahan padat (arang, abu) dan bahan cair (uap air, tar).

Selama proses gasifikasi biomassa mengalami urutan reaksi yang kompleks (pengerinan, pirolisa, pembakaran, reduksi).

- Pengerinan/Drying (25°C s/d 150°C)

Kandungan air (moisture) yang terkandung didalam bahan bakar (biomassa) dipisahkan kedalam bentuk uap, tanpa penguraian secara kimia dari bahan bakar.

Biomassa dengan kandungan air + panas = Biomassa tanpa kandungan air + uap

- Pirolisa (150°C s/d 900°C)

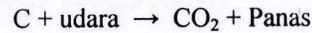
Tanpa mensyaratkan udara, struktur alami dari bahan bakar dipecahkan melalui reaksi eksotermalnya sendiri secara terus menerus. Dimana akan menghasilkan arang, tar, asam organik, uap air, CO_2 , CO , H_2 , CH_4 , dan jumlah hydrocarbon berat. Arang yang dihasilkan melalui proses ini akan digunakan dalam proses pembakaran dan reduksi.

Biomassa tanpa kandungan air + panas = arang, tar, uap air, asam organik, CO_2 , CO , CH_4 , H_2 .

- Pembakaran (900°C s/d 1400°C)

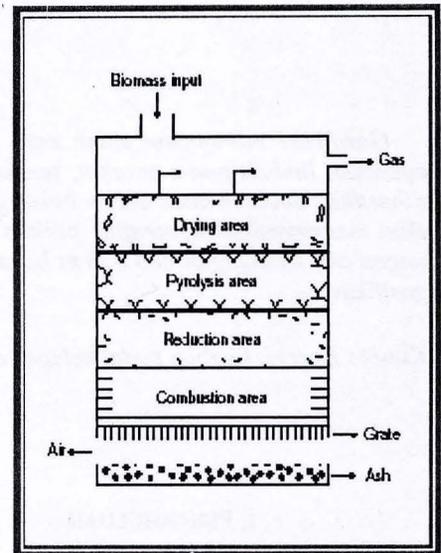
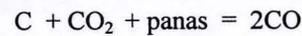
Pada proses pembakaran, arang dari proses pirolisis dibakar dengan menggunakan media oksidasi udara untuk menghasilkan CO_2 dan panas. Panas hasil proses

pembakaran digunakan untuk proses pengerinan, pirolisa dan reduksi.



- Reduksi (600°C s/d 1400°C)

Pada daerah ini gas yang tidak bisa menyala (CO_2) yang dihasilkan dari reaksi pembakaran, diubah menjadi gas yang mudah menyala (CO) tanpa menggunakan udara.



Gambar 1. Proses Gasifikasi Biomassa (sumber :[4])

III. TIPE GASIFIER

Reaktor yang digunakan untuk proses gasifikasi mempunyai kesamaan untuk proses pembakaran. Tipe yang paling utama dari reaktor tersebut adalah : Tipe Unggun Tetap (*Fixed Bed*) dan Unggun Terfluida (*Fluidized Bed*).

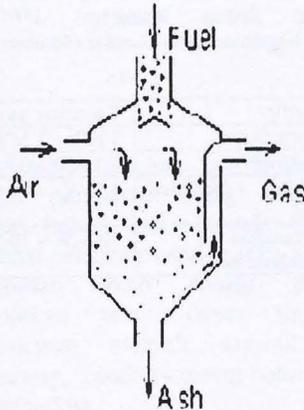
3.1. Unggun Tetap (*Fixed Bed*)

Gasifier ungun tetap mempunyai sebuah tungku untuk menopang bahan umpan (bahan bakar) dan menjaga suatu daerah reaksi yang stabil. Bentuk ini relatif mudah untuk di desain dan dioperasikan namun terdapat kesulitan dalam menjaga keuniforman temperatur operasi dan memastikan proses percampuran yang cukup memadai di daerah reaksi, akibatnya gas yang dihasilkan tidak dapat diprediksi dan tidak optimal untuk pembangkit daya berskala besar (diatas 1MW). Ada dua tipe utama gasifikasi ungun tetap yaitu aliran keatas (*updraft*) dan aliran kebawah (*downdraft*).

3.1.1 Gasifier Aliran Kebawah (*Downdraft Gasifier*)

Pada gasifier jenis ini media gasifikasi udara/ O_2 /uap dimasukkan dalam arah yang sama terhadap arah masuknya bahan bakar sehingga membentuk pola aliran udara dan bahan bakar satu arah (*co-current*). Gas hasil gasifikasi dikeluarkan melalui bawah *gasifier*. Pada *gasifier* jenis ini tar yang dihasilkan pada daerah pirolisis dilewatkan melalui daerah pembakaran sehingga tar tersebut mengalami penguraian menjadi gas yang dapat mengkondensasi karena melalui temperatur tinggi [2]. Sehingga gas hasil gasifikasinya relatif bersih, yang sangat sesuai untuk penggunaan pada mesin pembakaran dalam dan turbin gas, temperature gas 700°C . Maksimum kandungan air (*moisture*) dan abu

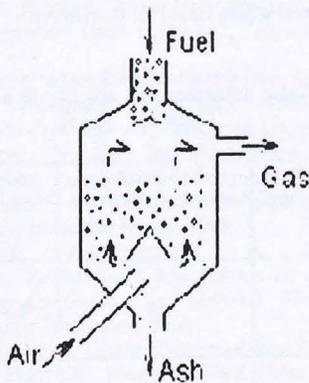
(ash) dari bahan bakarnya adalah 25 % dan 6% [20]. Untuk skala daya yang dihasilkan diatas 1 MW *gasifier* ini tidak ideal digunakan karena problema dari bentuk geometrik dari throatnya [5]. Jumlah carbon yang tak terbakar mencapai 6-7% [18].



Gambar 2. *Gasifier* Aliran Kebawah (sumber : [19])

3.1.2 *Gasifier* Aliran Keatas (*Updraft Gasifier*)

Pada *gasifier* aliran keatas media gasifikasi udara/O₂/uap dimasukkan dari arah bawah unggun, sedangkan umpan atau bahan bakar dimasukkan dari arah atas unggun. Sehingga membentuk suatu pola aliran udara dan bahan bakar berlawanan arah (*counter-current*). Gas hasil gasifikasi keluar dari bagian atas *gasifier*. Gas hasil gasifikasi banyak mengandung tar, temperatur gas 200°C s/d 400°C, mempunyai efisiensi thermal yang tinggi serta jumlah karbon yang dikomversikan tinggi [16]. Sehingga sering digunakan untuk pemanas dan bahan bakar gas pada *boiler* yang tidak memerlukan pendinginan gas. Maksimum kandungan air (*moisture*) dan abu (*ash*) dari bahan bakarnya adalah 60% dan 25% [20].



Gambar 3. *Gasifier* Aliran Keatas (sumber : [19])

3.2. Unggun Terfluida (*Fluidized Bed*)

Pada *gasifier* unggun terfluida, unggunnya mempunyai partikel lembam seperti pasir kwarsa. Udara bertekanan dimasukkan dari dari bawah unggun melalui plat distribusi. Udara bertindak sebagai media fluidisasi serta perantara pemanasan dan pembakaran bahan bakar. Bahan bakar dimasukkan dari atas atau bawah daerah fluidisasi.

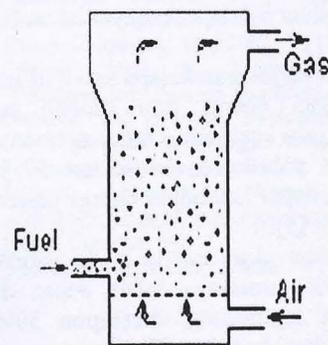
Unggun terfluida mempunyai keuntungan yaitu percampuran udara dan bahan bakar yang lebih uniform serta perpindahan panas yang tinggi antara partikel unggun (pasir kwarsa) dan bahan bakar.

Dengan tingginya perpindahan panas antara bahan bakar dan partikel unggun menyebabkan dapat digunakan untuk bahan kar yang mempunyai kandungan air sebesar 65% [3]. Maksimum kandungan abu (*ash*) dari bahan bakarnya adalah 25%. Unggun cair sangat cocok untuk pembangkit daya lebih besar dari 10 MW karena dapat digunakan untuk jenis bahan bakar yang bervariasi serta ukuran bahan bakar antara 0 s/d 20 mm, membutuhkan ruang bakar yang relatif kecil serta kemudahan dalam kontrol operasi [6].

3.2.1 Unggun Terfluida Gelembung (*Bubbling Fluidized Bed / BFB*)

Aliran udara yang semakin meningkat melalui partikel unggun mengakibatkan timbulnya titik awal fluidisasi dimana terjadi keseimbangan gaya gravitasi kearah bawah dan gaya drag keatas pada aliran. Jika kecepatan udara ditingkatkan maka gelembung akan terbentuk. Gelembung tersebut membuat percampuran udara, bahan bakar serta partikel unggun lebih baik.

Unggun jenis ini mempunyai efisiensi pengkonversian yang tinggi memungkinkan jumlah tar serta carbon yang tak terbakar rendah, dapat digunakan untuk rentang ukuran bahan bakar yang besar termasuk yang halus [18].

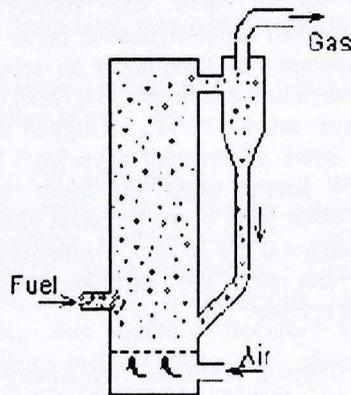


Gambar 4. *Gasifier* Unggun Terfluida Gelembung (sumber : [19])

3.2.2 Unggun Terfluida Sirkulasi (Circulation Fluidized Bed Gasifier)

Jika kecepatan udara pada ungun terfluida gelembung dinaikkan diatas kecepatan pada saat partikel ungunnya berhenti (*terminal velocity*), maka partikel ungun tersebut akan akan bergerak mengikuti aliran gas keluar ruang bakar. Partikel tersebut dipisahkan dari gas dengan menggunakan ruang siklon dan dimasukkan kembali keruang bakar secara bersirkulasi.

Unggun tipe ini mempunyai kelebihan dari keuntungan yang dimiliki *gasifier* ungun terfluida gelembung [16]. *Gasifier* jenis ini cocok untuk reaksi yang cepat [18].



Gambar 5. *Gasifier* Unggun Cair Sirkulasi (sumber : [19])

Secara umum pemilihan teknologi gasifikasi didasar oleh kualitas bahan bakar yang tersedia ,rentang kapasitas panas dan kualitas gas yang akan dihasilkan. Tabel dibawah ini menunjukkan batasan kapasitas panas untuk tipe utama gasifier .

Tabel 1. Kapasitas panas *Gasifier* (Sumber: [6])

<i>Gasifier</i>	Kapasitas panas
<i>Down Draft</i>	1 KW – 1 MW
<i>Up Draft</i>	1,1 MW – 12 MW
<i>Bubling Fluidized Bed</i>	1 MW – 50 MW
<i>Circulation Fluidized Bed</i>	10 MW – 200 MW

VI. LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT SEBAGAI PENGHASIL ENERGI

Limbah padat dari proses pengolahan kelapa sawit berupa tandan kosong (*empty fruit bunches*), serabut (*fiber*) dan tempurung (*shell*). Pada tahun 1998 jumlah produksi limbah kelapa sawit dunia mencapai 94 juta ton dimana 43 – 45 % merupakan limbah padat tandan kosong, serabut dan tempurung. Potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan adalah 12,4 TWh dimana untuk pengunnaan pada pabrik pengolahan sebesar 1,1 TWh berarti potensial energi listrik lebih untuk digunakan diluar pabrik sebesar 11,3 TWh pertahun. Jika mengacu pada kebutuhan perkapita pada saat itu maka kelebihan ini dapat menyediakan listrik untuk 12 juta orang [7].

Pabrik Pengolahan kelapa sawit di Indonesia dapat menghasilkan energi dari limbah padat tersebut sebesar 79 juta kkal/jam. Untuk memenuhi kebutuhan energi pada pabrik sendiri sekitar 57 juta kkal/jam, sehingga terdapat kelebihan energi panas sebesar 22 juta kkal/jam [5].

Kebutuhan akan energi pada pabrik pengolahan kelapa sawit umumnya telah dapat dipenuhi oleh serabut dan tempurung, meskipun 50% merupakan limbah tandan kosong. Keseluruhan serabut habis dipakai untuk bahan bakar boiler sedangkan tempurung baru 50% digunakan. Sedangkan tandan kosong sama sekali belum dimanfaatkan [7].

Proses pembakaran tempurung dan sabut masih dinilai tidak efisien meskipun cukup untuk mengahasikan uap panas dan tenaga yang dibutuhkan untuk proses pengolahan dipabrik [7].

Limbah tersebut mempunyai potensi untuk menghasilkan energi melalui proses gasifikasi, dengan nilai kalor ,kandungan kebasahan serta abu seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Nilai kalor, kebasahan dan abu limbah padat kelapa (Sumber : [8,15])

Limbah Padat Kelapa Sawit	Kandungan air(moisture) % air	Abu (ash) %	Nilai Kalor Bawah /LHV (kJ/kg) basis kering
Tandan Kosong (EFB)	60	4,34	18972
Serabut (<i>fiber</i>)	20	2,37	17918
Batok (<i>shell</i>)	9,7	2,1	19100

Dengan kandungan kebasahan dan abu seperti tabel diatas, maka limbah padat kelapa sawit dapat digasifikasi terutama tempurung kelapa dan serabut kelapa sawit. Untuk tandan kosong karena memiliki kandungan air (*moisture*) yang tinggi sehingga diperlukan pengurangan moisture hingga mencapai kandungan 20% terutama untuk gasifier tipe *downdraft*.

V. KESIMPULAN

- Pemanfaatan limbah padat kelapa sawit sebagai penghasil energi baru dilakukan sebagai bahan bakar untuk boiler dengan efisiensi pengkomversian 10% s/d 15%.
- Kebutuhan akan energi pada pabrik pengolahan telah dapat dipenuhi oleh pembakaran seluruh serabut dan 50% tempurung. Tandan kosong belum sama sekali dimanfaatkan.
- Limbah padat dapat digasifikasi dengan menggunakan empat tipe utama gasifier (*updraft, downdraft, bubbling fluidized bed dan circulating fluidized bed gasifier*)
- Pemilihan tipe *gasifier* didasarkan pada :
 - Ukuran ,kandungan air (*moisture*), kandungan abu (ash) dari bahan bakar.
 - Kapasitas panas yang akan dihasilkan.
 - Pemanfaatan gas hasil gasifikasi.
- Tandan kosong mempunyai konstrain pada tingginya kandungan air untuk digasifikasi pada *gasifier* aliran kebawah.

REFERENSI

- [1] Manuring, Robert., "Gasification and Pyrolytic Conversion of Agriculture and Forestry Wastes" , *Renewable Energy Review Journal* : Vol.3 No 1, June 1981
- [2] Bhattacharya,S.C., "State of- the- art, Utilizing Residues and Other Types of Biomass as an Energy Sources", *ERIC International Journal*: Vol.15, No1, June 1993
- [3] Malcolm, D. Lefcort, S.C.D. (Heuristic Engineering Inc)., "Gasification/Two-Stage Combustion of Sawmill Wood Waste and The Pending Ban on Beehive Burners by The BC Ministry of Environment", *Residual Wood Residues to Revenues Conferences in Richmond*, November 1995
- [4] A Thermie Programme Action., "Combustion and Gasification of Agricultural Biomass – Technologies and Application"., *Journal*, Desember 1995
- [5] Anis, Y., "Laporan Tolak Ukur Pengembangan Peralatan dan Teknologi Hasil Pertanian", *Laporan Teknis*, BPPT, 1996
- [6] Morris, M., "Electricity Production from Solid Waste Fuels Using Advanced Gasification Technologies", *TPS. Termiska Processer AB*, 1998, www.tps.se
- [7] Yusnitati "Potensi Industri Kelapa Sawit dalam Penyediaan Energi Melalui Penggunaan Co-Generation" , *Informasi Energi Baru dan Terbarukan*, Dirjen Listrik dan Pengembangan Energi, 1998.
- [8] Kittikun, A.H. Prasertsan, P. Srisuwan, G. Krause., "Environmental Management for Palm Oil Mill", *Internet Conference on Material Flow Analysis of Integrated Bio-System*, 2000
- [9] The Bronzoek Group., "Maximizing Energy Recovery From Palm Oil Wastes", *World Palm Oil Congress*, Kuala Lumpur, 1999
- [10] The FAO Data Base (1999)
- [11] FAO Website <http://www.fao.org>
- [12] Tananbaun , " BIOMASS (Method for Producing Energy from Waste)", *Internet Paper*, 1999
- [13] Julio Tumba. Alberto, " Biomasa Gasification for Sustainable Development", *Internet Compilation*, 2001
- [14] Indarti, Country Paper, *Regional Seminar on Commercialization of Biomass Technology*, Guangzhou, China, June 2001
- [15] Patumsawad, Suthum., " Fluidised Bed Combustion of Oil Palm Solid Waste", *Journal of KMITNB*: Vol.12 No.2, April – Juni 2002
- [16] Surjosatyo, Adi. Ani, F.N., "Development of Two - stage biomass combustion system on reduction the gas emission", *Journal Teknologi (A) Universitas Teknologi Malaysia*, 2002
- [17] Bridgwater, A.V. " Thermal Processing of Biomass for Fuels and Chemical" , *6th Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization*, May 2002
- [18] Surjosatyo, Adi. Ani, F.N., "Development of Swirl Burner Incorporated with A Biomass combustion System. 6th "Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization", May 2002
- [19] Ciferno. Jorid P, Morano. Jhon P, "Benchmarking Biomass Gasification for Fuels, Chemical and Hydrogen Production", *Report, U.S Department of Energy, National Energy Technology Laboratory*, June 2002.
- [20] Scootish Agricultur Website (2002) <http://www.sac.ac.uk/envsci/External/Willow Power/ Conversn.htm>
- [21] www.gasnet.uk.net/files/115.pdf

