

# Bab 8. Contoh Pemanfaatan Biomassa

## 8.1 Biometanasi Skala Kecil

### 8.1.1 Apa itu biometana dan biometanasi?

Biometana (juga dikenal sebagai “biogas”) diproduksi dari bahan organik saat terurai. Komponen utama biometana adalah CH<sub>4</sub> (55%-70%) dan CO<sub>2</sub> (25% -40%). Biometana dapat digunakan untuk memasak, memanaskan, menghasilkan listrik dan lain-lain.

Biometanasi adalah proses mengubah bahan organik dalam limbah (padat atau cair) menjadi biometana dan kotoran dengan bantuan mikrobial tanpa adanya udara, yang dikenal sebagai 'pencernaan anaerobik'.

### 8.1.2 Situasi biometana di Cina

Kuantitas limbah tahunan di Cina adalah lebih dari 150 juta ton. Produksi dan pembuangan dalam jumlah yang besar limbah hidup dan industri tanpa perawatan yang cukup menyebabkan pencemaran lingkungan. Sebagian dari sampah ini dapat dikumpulkan dan biometana dapat diproduksi dari digester anaerobik dimana kotoran tersebut terurai. Khususnya di beberapa daerah pedesaan dimana transportasi energi listrik mahal, biometana adalah cara yang baik sebagai penyedia energi untuk memasak, penerangan dan pemanasan, dll.

Sejak tahun 1950-an, pemerintah Cina mendorong biometanasi skala kecil menggunakan limbah hewan dan pertanian sebagai bahan baku. Tabel 8.1.1 menunjukkan perkembangan biometanasi pedesaan di Cina. Hingga 2006, sekitar 20 juta keluarga di daerah

pedesaan menggunakan biometana untuk memasak dan penerangan. Konsumsi tahunan mencapai 5 juta batu bara standar. Subsidi sebesar 2.5 miliar RMB dari pemerintah untuk pembangunan biometanasi berskala kecil. Ini berarti satu biometanasi skala kecil bisa mendapatkan subsidi 800-1200 RMB. Pemerintah Cina berencana untuk membangun 30 juta digester biometana pada tahun 2010 dan 45 juta digester biometana pada tahun 2020.

Tabel 8.1.1. Survei biomassa pedesaan di Cina, 1991-2005.

Tahun	Digester biometana (juta)	Output tahunan (milliar m <sup>3</sup> )
1991	4,75	1,11
1995	5,70	1,47
1999	7,63	2,25
2001	9,57	2,98
2002	11,10	3,70
2003	12,89	4,58
2004	15,41	5,57
2005	18,07	7,06

### 8.1.3 Karakteristik biometanasi skala kecil

Di Cina, luas area digester biometana skala kecil adalah sekitar 6-8 m<sup>2</sup>. Output tahunan mencapai 300 m<sup>3</sup>. Biaya dari setiap digester biometana adalah 1500-2000 RMB.

Selain sebagai penyedia energi, biometana di Cina juga memiliki karakteristik sebagai berikut: 1) ramah lingkungan. Untuk setiap digester biometana 3-10 m<sup>3</sup>, air seni 5-8 ekor babi atau 2000-3000 ayam dapat digunakan. 2) residu di dalam digester dapat juga digunakan sebagai pupuk. 3) ekonomis. Karena tidak perlu membeli listrik atau membayar pekerja yang mencari kayu bakar. Selain itu, menghemat kayu.

### *8.1.4 Proses biometanasi skala kecil*

Proses biometanasi skala kecil termasuk pengumpulan bahan baku, pra perlakuan, fermentasi, perlakuan dan pemurnian, penyimpanan dan transportasi, dimana digester fermentasi merupakan peralatan utama. Digester ini harus kedap udara dan tahan untuk memastikan mereka berada dalam kondisi anaerobik. Suhu di dalam digester harus dipertahankan pada 20-40°C. Harus ada kotoran yang cukup dalam pencernaan. Kadar air yang sesuai (sekitar 80%) dan pH (7-8.5) adalah diperlukan.

Fermentasi batch dan fermentasi semi kontinyu merupakan teknologi yang biasa untuk biometanasi skala kecil. Dalam teknologi fermentasi batch, semua bahan baku ditambahkan terlebih dahulu. Perolehan biometanasi adalah cepat pada awal dan kemudian menurun. Teknologi ini mudah dalam hal manajemen, tetapi laju perolehan biometanasi yang diperoleh berbeda-beda. Dalam teknologi fermentasi semi kontinyu, 1/4-1/2 bahan baku ditambahkan di awal. Ketika perolehan biometana berkurang, bahan baku ditambahkan lagi untuk menjaga biometanasi.

### *8.1.5 Pasokan energi biometanasi skala kecil*

Biasanya, laju perolehan biometana digester adalah 0.2-0.25 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>.d). Oleh karena itu, output tahunan digester 10 m<sup>3</sup> adalah sekitar 600 m<sup>3</sup> biometana. Biasanya, nilai kalor 1 m<sup>3</sup> biomethanol adalah setara dengan 3,3 kg batubara mentah. Seperti yang telah disebutkan di atas, konsumsi tahunan biometana mencapai 5 juta setara dengan batu bara di Cina. Hal ini jelas bahwa biometana memainkan peranan penting dalam penyediaan energi di pedesaan.

## ***Informasi Lebih Lanjut***

<http://www.cogeneration.net/BioMethanation.htm>

Wang Haibo, Yang Zhanjiang, Geng Yejiang, Analysis on the influence factors of rural household biogas production in Cina. *Renewable Energi Resources*, Vol. 25 No.5 Oct. 2007: 106-109

<http://www.biogas.cn/>

Gao Yunchao, Kuang Zheshi, etc. Development progress and current situation analysis of the rural household biogas in Cina, *Guangdong Agricultural Sciences*, 2006. 1: 22-27

Huang Fenglian, Zheng Xiaohong, etc. Actions and modes of household biogas for new rural area construction in Cina. *Guangdong Agricultural Science*, 2007. 8: 114-116

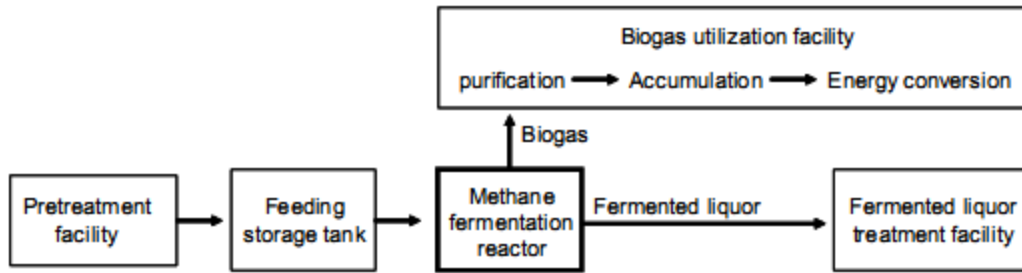
## **8.2 Biometanasi Skala Besar**

### ***8.2.1 Pengenalan pada biometanasi skala besar***

Pencernaan anaerobik telah lama digunakan secara praktis dalam jangka waktu yang lama. Industri ini telah dimulai sejak tahun 1900. Sejak itu, sistem pencernaan anaerobik terus ditingkatkan dan diperbesar untuk memperlakukan berbagai jenis limbah biomassa seperti limbah industri makanan, sampah, limbah ternak, kotoran dan sisa limbah dan lain-lain.

### ***8.2.2 Sistem pencernaan anaerobik skala besar***

Sistem pencernaan anaerobik skala besar yang khas disajikan pada Gambar 8.2.1. Fungsi setiap proses unit dijelaskan di bawah.



Gambar 8.2.1. Sistem pencernaan anaerobik skala besar yang khas.

### (a) Proses pra-perlakuan

Untuk mencapai pencernaan anaerobik yang efektif, pra perlakuan seperti pembuangan bahan asing yang tidak sesuai untuk pencernaan anaerobik, penghancuran, pelarutan dengan air, pemekatan, dan/atau perlakuan asam atau basa. Beberapa limbah biomassa seperti sampah, yang merupakan campuran berbagai bahan organik dan anorganik, dan, oleh karena itu komponen dan sifatnya tidak selalu konsisten, harus dipisahkan dengan menggunakan metode mekanis dan/atau pemisahan menggunakan magnet untuk membuang bahan-bahan yang tidak dapat dicerna seperti logam dan plastik. Limbah biomassa yang dipisahkan dihancurkan dan ditambahkan air untuk dijadikan bubur untuk proses berikutnya.

### (b) Tangki penyimpanan bubur

Bubur yang tersedia disimpan sementara di tangki penyimpanan bubur untuk penyetaraan fluktuasi harian baik kualitas dan kuantitas. Jika suhu sekitar adalah sesuai, aktivitas mikroba asidogen dalam tangki penyimpanan dapat ditingkatkan. Jika hal ini terjadi, akumulasi asam organik dalam bubur dapat menyebabkan penurunan pH ke level rendah sekitar 4. Tangki penyimpanan bubur harus dirancang untuk tahan terhadap korosi akibat dari kondisi pH yang rendah.

### (c) Fermenter metana (digester anaerobik)

Ada tiga kelompok besar mikrob fungsional yang aktif dalam fermentasi metana. Ketiga fungsi ini secara berurutan adalah: hidrolisis, asidogenesis dan metanogenesis. Produk

akhir dari reaksi adalah metana dan karbon dioksida. Reaksi hidrolisis sering menjadi jalur pembatas-laju pada proses pencernaan anarobik untuk biomassa yang sulit untuk terbiodegrasi dan biomassa yang keras seperti lumpur limbah dan biomassa berlignin, sedangkan metanogenesis menjadi jalur pembatas-laju pada proses pencernaan anarobik untuk biomassa yang terbiodegrasi seperti sampah dan limbah air berpati. Untuk membangun sistem pencernaan anaerobik yang efisien, penting untuk mempertimbangkan jalur pembatas-laju dan untuk memilih rancangan reaktor yang paling sesuai untuk sifat limbah biomassa. Misalnya, laju keseluruhan pencernaan anaerob pada limbah biomassa biodegradabel sangat bergantung pada rapatannya metanogen aktif dalam reaktor, maka reaktor harus dirancang untuk memaksimalkan rapatannya atau massa metanogen dalam sistem.

#### **(d) Perlakuan air limbah fermentasi**

Air limbah fermentasi yang dibuang dari digester anaerobik biasanya mengandung konsentrasi bahan organik yang tinggi, senyawa nitrogen dan senyawa fosfor. Air limbah fermentasi harus dilakukan perlakuan untuk mengurangi konsentrasi polutan ini demi memenuhi standar untuk pembuangan akhir limbah ke penerima air atau sistem saluran pembuangan. Sistem perlakuan air limbah yang paling khas adalah proses lumpur teraktivasi dengan perawatan tersier.

#### **(e) Pemanfaatan biogas**

Karena sebagian besar limbah biomassa mengandung protein (sumber nitrogen dan sulfur) dan garam sulfat, biogas mengandung konsentrasi hidrogen sulfida dan amonia tertentu. Biogas yang dihasilkan dari lumpur limbah, yang biasanya mengandung sejumlah besar silikon, mungkin juga mengandung siloksan. Karena kotoran ini dapat menyebabkan kerusakan pada fasilitas pemanfaatan biogas seperti mesin gas, boiler gas, turbin gas dan sel bahan bakar, dan/atau menyebabkan pencemaran udara sekunder, unit proses pemanfaatan biogas sering dilengkapi dengan perangkat desulfurisasi dan/atau pembuang siloksan sebelum memasuki tangki penyimpanan gas.

### 8.2.3 Contoh sistem pencernaan anaerobik skala besar

Beberapa implementasi khas dari sistem pencernaan anaerobik skala besar dijelaskan di bawah.

#### (a) Lumpur limbah

Lumpur limbah merupakan limbah biomassa yang dibuang dalam jumlah besar dari pusat pengolahan limbah. Dalam jangka waktu yang lama, pencernaan anaerobik telah dilakukan salah satu perlakuan di lumpur limbah untuk menstabilkan lumpur dan mengurangi volumenya. Rancangan reaktor yang biasanya digunakan pada pencernaan lumpur limbah adalah rancangan reaktor tercampur (Gambar 8.2.2). Sebuah digester anaerobik kontemporer untuk lumpur limbah memiliki volume efektif sebesar 10.000 m<sup>3</sup>. Parameter rancangan khas meliputi suhu ruang operasional (ca. 20°C) hingga kisaran mesofilik (ca. 35°C), dan waktu retensi relatif panjang dari 20 hingga 30 hari.

#### (b) Air limbah organik dari industri

Air limbah industri mengandung bahan organik biodegradabel, namun sedikit padatan, seperti pembuangan air limbah dari pusat pembuatan bir, rancangan reaktor UASB (aliran-atas, lapisan lumpur anaerobik/ *up-flow, anaerobik sludge blanket*), yang dikembangkan di Belanda, biasanya dipilih. Rancangan reaktor UASB mempertahankan rapatan mikroorganisme anaerobik yang tinggi dalam bentuk mikrob "granul" teragregasi sendiri yang memungkinkan tercapainya pencernaan anaerobik dengan laju tinggi.

#### (c) Limbah organik dari industri makanan

Rancangan digester anaerobik yang memungkinkan tercapainya pencernaan anaerobik dengan laju yang tinggi pada biomassa biodegradabel yang mengandung konsentrasi padatan yang tinggi sedang dikembangkan, dan beberapa sudah beroperasi baru-baru ini. Contoh rancangan baru adalah rancangan DAPR (*down-flow anaerobik packed-bed reactor*). Banyak fasilitas jalur pencernaan anaerobik berlaju tinggi untuk limbah makanan dan sisa

penyulingan, menggunakan rancangan DAPR, telah diimplementasikan di Jepang. Pembangkit yang terbesar adalah berkapasitas 400 ton/hari. (Gambar 8.2.3).



Gambar 8.2.2. Contoh digester anaerobik lumpur limbah skala besar.



Gambar 8.2.3. Contoh pembangkit biometanasi skala besar dari limbah makanan.

(Pabrik daur ulang limbah hasil distilasi yang dikembangkan oleh Kirishima Shuzo co. LTD.)

### ***Informasi Lebih Lanjut***

R.E. Speece: Anaerobik Biotechnology, Archae Press, pp.127, Tennessee (1996)

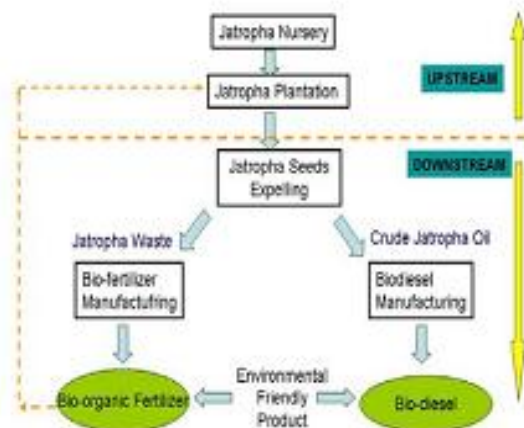
Japan Sewage Works Association: Sewage Facilities planning, policy, and explanation (second part) 2001, pp.384, Japan (2001)

J.B. Lier: Current Trends in Anaerobik Digestion; Diversifying from waste(water) treatment to re-source oriented conversion techniques, 11<sup>th</sup> IWA World Congress on Anaerobik Digestion, 23-27 September 2007, Brisbane, Australia (2007)

Hisatomo Fukui and Motonobu Okabe: Distilled spirit processing waste recycling plant using thermophilic dawn-flow packed-bed reactor, Gas fuel manufacture from biomass and its energi utilization, NTS, pp-265-275, Japan (2007)



## 8.3 Perkebunan Jarak Pagar



Gambar 8.3.1. Bisnis jarak pagar yang terintegrasi.

memproduksi pupuk bio dan aplikasi lainnya. Kedua aktivitas ini dikenal sebagai produk yang ramah lingkungan.

### 8.3.1 Budi daya jarak pagar



Gambar 8.3.2. Perkebunan jarak pagar.  
(Bambang P., 2007)

waktu 9 hari. Penambahan kotoran saat perkecambahan memiliki efek negatif selama fase itu, tetapi menguntungkan jika dilaksanakan setelah perkecambahan sempurna. Namun, biasanya ia mengalami perbanyakan dengan pemangkasan, karena memberikan hasil yang lebih cepat

Bisnis terpadu jarak pagar terdiri atas aktivitas hulu dan hilir. Kegiatan hulu meliputi pembibitan jarak pagar dan perkebunan jarak pagar. Aktivitas hilir meliputi proses-proses pengupasan biji di mana minyak jarak pagar mentah yang diperoleh dapat digunakan untuk pembuatan biodiesel, sedangkan hasil samping/limbah jarak pagar (yaitu bungkil jarak, kulit biji, gliserin) dapat digunakan untuk

dibandingkan perbanyakannya dengan biji. Bunga hanya berkembang sekali, sehingga percabangan yang baik (tanaman yang memiliki banyak cabang) menghasilkan jumlah buah yang banyak. Faktor produktivitas lainnya adalah rasio antara bunga betina dan jantan dalam suatu perbungaan (biasanya perbandingan bunga betina dan jantan adalah 1:10, lebih banyak bunga betina berarti lebih banyak buah).

Jarak pagar dapat tumbuh pada kadar hujan tahunan 300 – 2.380 mm, dengan kadar hujan optimum 625 mm/tahun. Waktu terbaik untuk memulai penanaman adalah pada musim kering atau sebelum musim hujan, dengan suhu rata-rata tahunan adalah 20 - 28°C.

### 8.3.2 Metode propagasi

Ada dua metode propagasi, yaitu propagasi generatif (pembenihan) dan vegetatif (pemotongan). Untuk monokuler, lebar penanaman adalah 2 × 2, 2,5 × 2,5 dan 3 m × 3 m. Hal ini setara dengan rapat tanam 2.500, 1.600 dan 1.111 tanaman/ha. Namun, tanaman



Gambar 8.3.3. Buah dan biji jarak pagar.

yang dipropagasi dengan pemotongan menunjukkan umur yang lebih rendah dan memiliki kekeringan serta ketahanan terhadap penyakit lebih rendah dibandingkan tanaman yang dipropagasi dengan biji. Hanya selama dua tahun pertama ia harus disiram pada hari-hari akhir pada musim kering. Pembajakan dan penanaman tidak selalu diperlukan, karena ia

memiliki umur sekitar empat puluh tahun. Penggunaan pestisida dan zat-zat pencemaran lainnya tidak diperlukan, karena tanaman tersebut sudah memiliki sifat pestisida dan fungisida.

1 ha tanaman jarak pagar biasanya akan memberikan hasil 2.250 kg biji (Gambar

8.3.3 buah jarak pagar & biji) dan 750 kg minyak, maka rasio benih dan minyak adalah 3:1. Minyak biji dapat diekstraksi secara hidrolis menggunakan tekanan atau secara kimia menggunakan pelarut, namun, ekstraksi kimia tidak dapat dicapai dalam skala kecil.

### 8.3.3 Biodiesel jarak pagar

Esterifikasi-Transesterifikasi, juga dikenal sebagai proses 'estrans' (Gambar 8.3.4) telah dikembangkan dan dipatenkan oleh Prof. R. Sudradjat (2003). Ada dua tahap dalam proses ini:



Gambar 8.3.4. Tingkatan kualitas estrans.

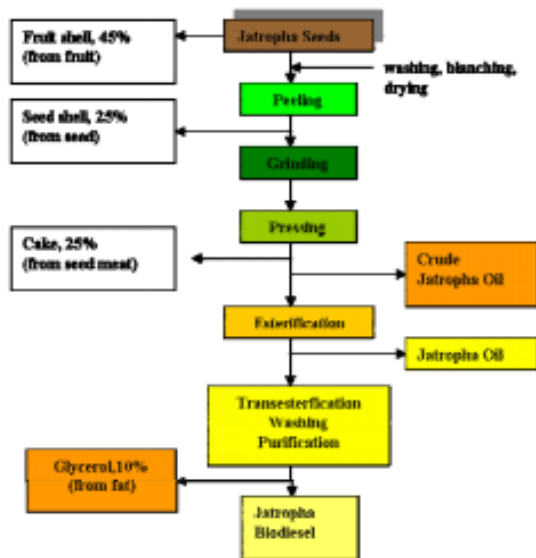
1. Dalam proses esterifikasi, asam lemak bebas (penyebab utama keasaman biodiesel) diubah menjadi biodiesel (metil ester)
2. Trigliserida dan asam lemak yang masih terikat dengan trigliserida dalam minyak diubah menjadi metil ester melalui transesterifikasi. Dengan proses ini, perubahan minyak menjadi biodiesel (tanpa gliserol) 99,75% dapat tercapai.

Kelebihan lain proses ini adalah penggunaan reaktan metanol/etanol dapat dikurangi hingga <20% dan katalis HCl dapat diganti dengan katalis padat dari bahan alami (FKS) yang jauh lebih murah dan dapat didaur ulang.

Dari siklus produksi, tiga kualitas hasil estrans (Gambar 8.3.4) dapat diperoleh: 1) Minyak jarak pagar mentah (CJO) - sebagai pengganti minyak tanah atau residu yang dapat digunakan untuk pembakaran langsung; 2) Minyak jarak pagar (JO) - sebagai pengganti minyak diesel (ADO) untuk mesin yang memiliki rpm rendah (seperti generator portabel, traktor/bulldoser, dll); 3) Biodiesel sebagai bahan bakar (otomotif).

Gambar 8.3.5 menunjukkan diagram proses produksi biodiesel jarak pagar dari biji. Dari gambar tersebut terlihat bahwa proses ini meliputi pencucian, pemucatan dan

pengeringan biji sebelum diteruskan ke proses pengelupasan. Daging biji yang dihasilkan digiling dengan mesin penggiling, serbuk yang digiling ditekan menggunakan mesin pres hidrolis (manual atau listrik). Minyak jarak pagar mentah (CJO) kemudian diekstrak dan residu bungkil jarak dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak, biopestisida, dll.



Gambar 8.3.5. Diagram proses produksi biodiesel jarak pagar.

(sumber: R. Sudradjat, 2006)

Produksi biodiesel dari minyak jarak pagar (JO) dilakukan dengan menggunakan reaktor estrans di mana JO dipanaskan pada suhu antara 50-60°C. Metanol sebagai pelarut (5%) digunakan dan katalis HCl (10% v/v) ditambahkan dan kemudian dicampur. Proses esterifikasi memerlukan waktu selama 2 jam pada suhu 50°C. Campuran ini kemudian dipisahkan ke separator gliserol dimana proses ini memerlukan waktu 4 jam. Gliserol (pasta putih) akan tinggal di bagian bawah sedangkan bagian atas JO dapat diekstrak dan dimasukkan

ke pemisah air dan netralisasi. Dalam pemisahan air ini, JO dibilas dua kali dengan menggunakan air demineralisasi, kemudian netralisasi dilakukan dengan menggunakan 0,01% NaHCO<sub>3</sub> dan terakhir demineralisasi menggunakan air dilakukan sekali lagi. Produk akhir akan dipompa keluar ke tangki penyimpanan.

Produksi biodiesel: JO dimasukkan ke dalam reaktor estran pada suhu 50-60°C. Campuran metanol (10% v/v) dan katalis KOH (0,5% v/v) dimasukkan ke dalam reaktor. Selama proses transesterifikasi dilakukan pengadukan selama 0,5 - 1 jam suhu dijaga sekitar 50°C. Pisahkan biodiesel dari gliserol dengan prosedur yang sama seperti membuat JO. Prosedur yang sama untuk mencuci dan proses netralisasi, tapi proses ini menggunakan 0,01% CH<sub>3</sub>COOH menggantikan NaHCO<sub>3</sub>. Terakhir, produk akhir dari biodiesel jarak pagar

siap untuk digunakan sebagai pengganti minyak diesel (ADO). Karakteristik biodiesel jarak pagar disajikan pada Tabel di bawah ini.

Tabel 8.3.1. Karakteristik perbandingan minyak jarak pagar, biodiesel CPO dan minyak diesel.

(sumber: Soerawidjaja, Tatang H, 2005)

Parameter	Minyak jarak pagar	Biodiesel CPO	Minyak diesel (ADO)
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0,92	0,87	0,841
Viskositas (cSt)	52	-	6-11.75
Bilangan setana	51	64	51
Titik nyala (°C)	240	182	50
Sulfur (ppm)	0,13	0,0068	1,2
Bilangan iodin (mg iodin/g)	105,2±0,7	-	-
Bilangan asam (mg KOH/g)	3,5±0.1	0,5	-
Nilai kalor (kcal/kg)	9.720	8.783	10.200

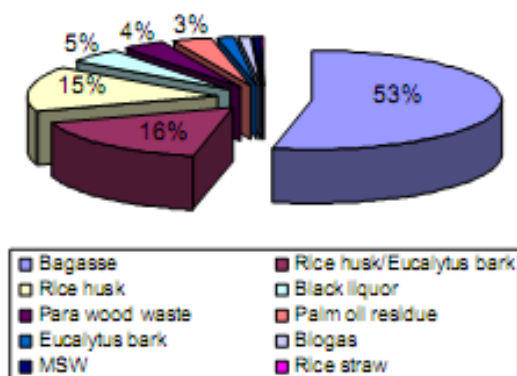
## 8.4 Pembangkit Listrik dari Sekam Padi

### 8.4.1 Promosi produksi energi di Thailand

Pada tahun 2007, Kementerian Energi (Thailand) telah mempromosikan SPP (Small Power Producer: 10-90 MW) dan VSPP (Very Small Power Producer: <10 MW), khususnya yang menggunakan biomassa, dengan harga pembelian kembali jaringan listrik yang tinggi dan prosedur sederhana untuk mendapatkan izin lisensi dalam rangka mengatasi situasi energi. Pada Oktober 2007, lebih dari 77 SPP dan VSPP dengan kapasitas terpasang lebih dari 1.100 MW, separuhnya dijual kembali ke jaringan listrik.

### 8.4.2 Pusat pembangkit listrik di Thailand

Seperti yang disajikan dalam Gambar 8.4.1, pusat pembangkit listrik biomassa semuanya terdistribusi di seluruh negara, terutama di bagian tengah dan timur laut. Dari segi penjualan kembali ke jaringan listrik, lebih dari separuh pusat pembangkit listrik menggunakan ampas tebu sebagai bahan baku, diikuti oleh sekam padi 31%, seperti yang disajikan pada Gambar 8.4.2.



Gambar 8.4.2. Pembangkit listrik biomassa.



Gambar 8.4.1. Distribusi Pembangkit Listrik Biomassa di Thailand.

Sumber: diadaptasi dari Energy for Environment Foundation

(<http://www.efe.or.th>)

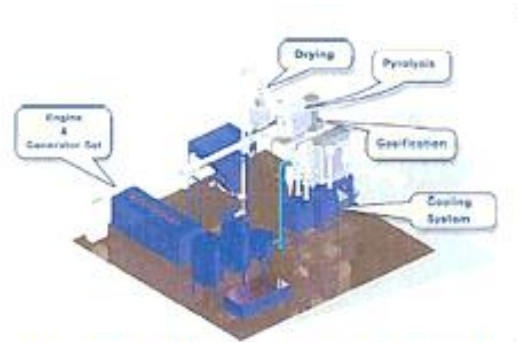
### 8.4.3 Teknologi gasifikasi untuk sekam padi

Meskipun ada banyak pusat pembangkit listrik biomassa, beberapa diantaranya masih beroperasi pada efisiensi rendah menggunakan pembakaran konvensional untuk menghasilkan uap untuk pembangkit listrik. Oleh karena itu, proses konversi termo-mekanis seperti teknologi gasifikasi dapat membantu menyelesaikan masalah ini. Sekam padi merupakan bahan baku lain yang menarik untuk pembangkit listrik biomassa karena ketersediaan yang

banyak dari pabrik padi, ukurannya yang kecil dan kelembapannya rendah. Baru-baru ini, Kementerian Energi telah membiayai sebuah proyek pada Kasetsart University dan Great Agro Co, Ltd untuk menunjukkan kelayakan pembangunan sistem gasifikasi biomassa di masyarakat (menggunakan sekam padi). Proyek ini dimulai untuk memupuk filsafat Kecukupan Ekonomi oleh Raja Thailand. Sistem ini tidak hanya menghasilkan 80kW listrik tetapi juga panas dan abu biomassa untuk dijadikan pupuk, seperti yang disajikan pada Gambar 8.4.3. Rancangan sistem menggunakan pirolisis dan gasifikasi lapis berfluida tiga-tahap, terdiri atas 5 unit utama: pengeringan, pirolisis, gasifikasi, sistem pendinginan dan set mesin/generator, seperti yang disajikan pada Gambar 8.4.4.



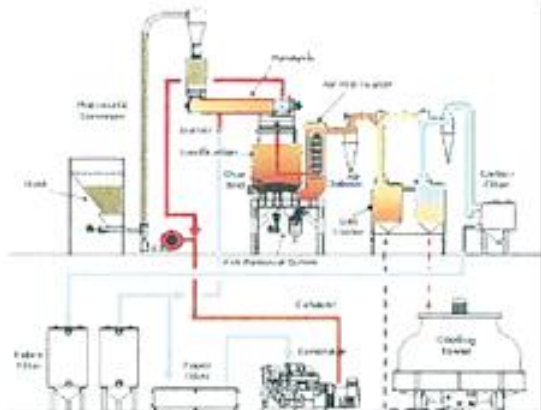
Gambar 8.4.3. Konsep sistem gasifikasi biomassa.



Gambar 8.4.4. Unit sistem gasifikasi.

Seperti yang disajikan dalam Gambar 8.4.5 dan 8.4.6, sistem tersebut telah dipasang di Lamukka Cooperative Rice Mill & Paddy Center Market Co, Ltd untuk demonstrasi dan uji selama lebih dari 360 jam. Dengan laju aliran gas sebesar  $240 \text{ m}^3/\text{jam}$  (nilai kalor  $4,5 \text{ MJ/m}^3$ ) dan konsumsi sekam padi  $85 \text{ kg/jam}$ , efisiensi sistem gasifikasi keseluruhan adalah 92%. Dengan kata lain,  $1,25 \text{ kg /jam}$  konsumsi sekam padi menghasilkan  $1 \text{ kW}$  listrik. Selain itu, volume residu tar sekitar  $22 \text{ mg/m}^3$ . Pada analisis ekonomi, sistem  $80\text{kW}$  membutuhkan investasi modal sekitar  $\sim 3,9\text{M}$  Baht dengan biaya operasi  $\sim 1,79$  Baht/unit. Dengan anggapan bahwa sistem menghasilkan listrik pada  $460.800$  unit/tahun, yang menggantikan biaya listrik  $3$  Baht/unit, keuntungan bersih diperkirakan mencapai  $0,56\text{M}$  Baht/tahun dengan periode

pengembalian 7 tahun. Langkah selanjutnya adalah kolaborasi antara MTEC dan Great Agro Co, Ltd untuk meningkatkan skala sistem hingga kapasitas 1MW.



Gambar 8.4.5. Diagram alir sistem gasifikasi. Gambar 8.4.6. Menjalankan uji pada peralatan.

### ***Informasi Lebih Lanjut***

S. Nivitchanyong, Alternative Energi Cluster, National Metal and Materials Technology Center: MTEC (siriluck@mtech.or.th)

## **8.5 Produksi Etanol**

### ***8.5.1 Bahan baku apa yang baik untuk produksi etanol?***

Di Thailand, sebagian besar pabrik etanol komersial menggunakan molase sebagai bahan baku, tetapi pabrik baru yang menggunakan ubi kayu meningkat dalam waktu dekat. Namun, kedua tanaman energi tersebut masih dianggap sebagai bahan pangan, yang dapat mengganggu isu 'makanan vs bahan bakar'. Sebagai hasilnya, lebih banyak orang mencari alternatif, yaitu tanaman energi yang tidak dapat dimakan. Beberapa diantaranya adalah lignoselulosa dari berbagai residu pertanian telah menerima banyak perhatian, memulai era bioetanol lignoselulosa generasi kedua.



### 8.5.2 Bahan baku biomassa lignoselulosa untuk etanol di Thailand

Setiap tahun di Thailand, industri pertanian menghasilkan jutaan ton berbagai bahan baku biomassa lignoselulosa yang dikenal sebagai residu pertanian, termasuk jerami, ampas tebu, serat/tongkol jagung dan serpihan kayu. Tebu dan beras, yang terkonsentrasi di wilayah-wilayah utara dan timur laut, merupakan dua produsen pertanian nasional (dalam berat) terbesar seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 8.5.1 Produksi pertanian empat besar di Thailand (2004).

	Tebu	Padi	Ubi kayu	Jagung
Produksi (ribu ton)	64.974	27.038	21.440	4.216
Luas area (ribu rai*)	7.009	63.709	6.608	6.810
Hasil per rai (kg)	9.270	424	3.244	619

Sumber: kantor ekonomi pertanian (2004)

\*6,25 rai = 1 hektar

Pada umumnya, residu ini dimanfaatkan secara tidak efisien karena kebanyakan disebabkan oleh masalah lingkungan. Jerami dianggap limbah dan dibuang melalui berbagai metode seperti pembakaran udara terbuka (sebagaimana disajikan pada Gambar 8.5.1 dan 8.5.2), penimbunan atau untuk pakan ternak. Sebuah metode yang lebih menarik untuk mengelola jerami yang berlimpah adalah diubahnya menjadi etanol.



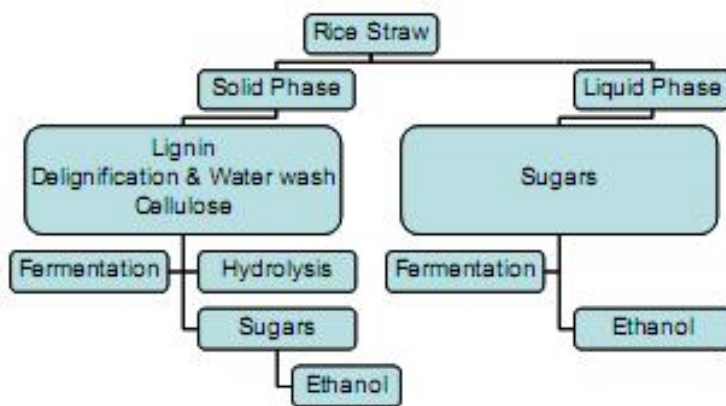
Gambar 8.5.1. Pembakaran udara terbuka menyebabkan polusi udara.



Gambar 8.5.2. Pembakaran juga menyebabkan polusi tanah.

### 8.5.3 Pelopor kerja R&D pada pemrosesan

Karena lignoselulosa utamanya tersusun atas selulosa, hemiselulosa dan lignin, maka diperlukan pra perlakuan tambahan untuk mendapatkan monomer gula yang siap untuk dilakukan proses fermentasi. Proses ini membutuhkan SHF (Pemisahan, Hidrolisis, dan Fermentasi/*Seperate, Hydrolisis and Fermentation*) yang kompleks yang melibatkan pra perlakuan, fraksinasi, delignifikasi, hidrolisis dan fermentasi. Cara lainnya adalah pra perlakuan dengan ledakan uap (*steam explosion*) yang sesuai untuk menghasilkan hidrolisat, yang dapat dicerna secara enzimatik dan difermentasi di dalam reaktor tunggal melalui metode SSF (Sakarifikasi dan Fermentasi yang Simultan/*Simultaneous Saccharification and Fermentation*), seperti yang disajikan pada Gambar 8.5.3, 8.5.4 dan 8.5.5, hanya melibatkan langkah pra perlakuan dan hidrolisis/fermentasi. Tujuannya adalah untuk mencari SSF yang sesuai yang menggunakan enzim selulase yang tersedia secara komersial dan mikroorganisme yang tersedia di pasar Thailand.



Gambar 8.5.3. Proses produksi etanol dari lignoselulosa.



Gambar 8.5.4. Prototipe unit ledakan uap.

Sumber: C. Pomchaitaward *et al.*, MTEC report (2007)

Ledakan uap digunakan pada jerami Supunburi1<sup>TM</sup> menunjukkan perolehan kembali karbohidrat yang baik dan konsentrasi etanol yang tinggi yang diperoleh dalam reaktor

tunggal dengan suplementasi enzim dan ragi yang minimum. Sebanyak 150 g jerami kering dikukus dengan tekanan antara 10 hingga 25 bar (dengan suhu yang sesuai 185 dan 210°C masing-masing) selama 5 menit. Tekanan uap yang tinggi (atau suhu yang lebih tinggi) meningkatkan kelarutan hemiselulosa. Namun,



Gambar 8.5.5. Hasil ledakan uap pada jerami.

pengaruh tekanan uap pada kelarutan selulosa tidak ditemukan. Kondisi pra perlakuan optimum menghasilkan produk dekomposisi gula dalam jumlah yang sangat kecil, yang memungkinkan fermentasi gula menjadi etanol berlangsung efektif. Kesimpulannya, kondisi uap pra perlakuan yang sederhana pada 15 bar selama 5 menit mendapatkan hasil hidrolisis tertinggi.

Proses ini secara substansial mengurangi kerumitan biokonversi jerami menjadi etanol, sekaligus mengurangi biaya modal investasi dan waktu yang terkait dengan kebutuhan untuk proses pemisahan. Selain itu, secara signifikan menurunkan dampak buruk terhadap lingkungan karena bahan kimia yang digunakan serta kondisi proses yang terlibat tidak berbahaya. Ia juga memberikan alternatif untuk efisiensi energi yang lebih baik dalam pengelolaan limbah pertanian.

### ***Informasi Lebih Lanjut***

C. Pomchaitaward et al., Feasibility Study of Ethanol Production from Lignocellulose Materials via the Steam Explosion Pretreatment, MTEC in-house project report 2007 ([chaiyapp@mtec.or.th](mailto:chaiyapp@mtec.or.th))

S. Nivitchanyong, Alternative Energi Cluster, MTEC ([siriluck@mtec.or.th](mailto:siriluck@mtec.or.th))