

# **PIROLIS LIMBAH ORGANIK TINJAUAN PERKEMBANGAN PROSES\*)**

*Oleh : Ida Bagus Agra\*\*)*

*Limbah organik yang makin bertambah jumlahnya merupakan sumber energi yang sangat potensial. Sebagian kecil limbah itu sudah dipakai langsung sebagai bahan bakar, tetapi sisanya masih terbuang sia-sia. Pengolahan limbah menjadi sumber energi yang lebih tinggi mutunya atau yang dapat disimpan lama, meliputi antara lain gasifikasi dan pirolisis. Gasifikasi dapat mengubah limbah organik menjadi gas bakar, tetapi alat yang dipergunakan harus tahan suhu tinggi, dan hasilnya harus langsung dimanfaatkan. Pirolisis dapat dilaksanakan pada suhu yang lebih rendah dan menghasilkan arang yang dapat disimpan lama, tir, dan gas bakar. Cara pirolisis yang paling tepat ialah proses sinambung dengan prinsip oksidasi parsial. Peningkatan berat jenis limbah yang ringan atau yang berukuran kecil, memudahkan proses pirolisis. Pirolisis limbah kota dapat diselenggarakan sepanjang tahun, asalkan proses dilengkapi dengan alat pengempa atau penggilas dan pengering. Arang limbah kota memerlukan tungku yang khusus. Tir padat limbah kota dapat diolah lagi menjadi bahan bakar cair.*

---

\*) Pernah disajikan dalam Seminar Energi di Bidang Pertanian di Yogyakarta 21 — 22 Januari 1985.

\*\*) Prof. Dr. Ir. Ida Bagus Agra adalah Guru Besar Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UGM.

## PENGANTAR

Limbah organik, terutama limbah pertanian dan limbah kota, meningkat terus jumlahnya dari masa ke masa senada dengan pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi. Sebagian limbah itu sudah dimanfaatkan, tetapi sebagian besar masih terbuang sia-sia. Limbah organik mudah mengalami pembusukan, sehingga lingkungan hidup mudah sekali tercemar. Pemanfaatan limbah pertanian umumnya meliputi penggunaan bahan itu sebagai sumber energi, seperti ampas tebu pada pabrik gula, potongan-potongan kayu dan serbuk gergaji pada pabrik pengolahan kayu. Tindakan ini hanya dapat dilakukan pada tempat atau tidak jauh dari terjadinya limbah itu, sebab biaya pengangkutannya relatif tinggi.

Jalan lain yang sering ditempuh untuk mengatasi masalah limbah yang terbuang ialah gasifikasi dan pirolisis. Pada gasifikasi limbah pertanian dioksidasi secara terbatas pada suhu yang tinggi menjadi gas bakar yang mengandung karbon monoksida, karbon dioksida, hidrogen, uap air, metana, dan hidrokarbon lainnya. Sisa yang tertinggal hanya abu saja (Sasmojo dkk, 1980b). Kalau bersama-sama dengan udara juga dialirkan uap air, maka hasil yang berupa hidrokarbon makin bertambah. Gas bakar itu dapat dipakai untuk membangkitkan tenaga listrik, menggerakkan mesin bakar dan lain-lainnya. Tetapi gas yang terbentuk harus dibebaskan dari tar dan diber-

sihkan dari zat pengotor lainnya dengan cara pencucian memakai air, lalu disusul dengan pengeringan. Tindakan ini terutama sangat diperlukan bila gas bakar itu akan dipakai untuk melayani mesin bakar, agar lubang penyemburan jangan sampai tersumbat oleh zat pengotor itu. Proses gasifikasi memerlukan suhu tinggi (lebih dari 900°C), sehingga pada tempat yang demikian harus dipergunakan lapisan bata tahan panas. Kecuali itu gas bakar itu tidak dapat disimpan dalam waktu yang cukup lama tanpa tangki penampung yang besar.

Sebaliknya proses pirolisis lebih mudah dilaksanakan dan suhu yang diperlukan pun tidak lebih dari 500°C, sehingga alatnya dapat dibuat dari baja biasa tanpa bata tahan panas yang khusus. Hasil yang diperoleh berupa arang, tar, cairan pirolignin, dan gas bakar. Arang hasil yang dapat mencapai jumlah 25 - 40% berat limbah, merupakan sumber tenaga yang tidak berasap dengan nilai kalor yang relatif tinggi. Biaya pengangkutan arang per satuan nilai kalor jauh lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakunya, dan hasil itu tahan lama, sehingga dapat disimpan tanpa ada kekhawatiran akan rusak. Tar sebagai hasil samping yang jumlahnya 5 - 15% berat limbah, dapat dipakai untuk mengawetkan kayu atau sebagai bahan bakar. Cairan pirolignin mengandung metanol, asam asetat, dan zat organik lain, tetapi pemungutan dan pemisahannya memerlukan alat dan cara yang agak

sulit. Gas bakar hasil pirolisis mempunyai susunan yang hampir sama dengan gas yang diperoleh dengan cara gasifikasi (Sasmojo dkk, 1980a; Sasmojo dkk, 1980b), dan hanya jumlahnya sajalah yang lebih rendah.

Proses pirolisis sudah dikenal sejak jaman dahulu. Rakyat membuat arang dengan jalan membakar potongan-potongan kayu dalam suatu lubang, dan setelah nyala api merata, dapur beserta dengan seluruh isinya ditutup dengan tanah dan proses pirolisis dibiarkan berlangsung selama beberapa hari. Yang dipungut hanya arang saja, sedangkan hasil sampingnya hilang sia-sia, dan prosesnya memerlukan waktu yang panjang. Pada perkembangan selanjutnya pirolisis dijalankan dalam suatu retort dengan pemanasan dari luar, agar hasil samping tir, asam asetat, metanol, dan gas bakar dapat dipungut. Dalam rangka penghematan tenaga, panas yang timbul dari peruraian lignoselulose yang berlangsung secara eksotermik, dapat dipakai untuk menjalankan pirolisis sinambung, asalkan umpan yang masuk betul-betul sangat rendah kadar airnya, yaitu sekitar 0,5% atau kurang. Prinsip ini telah diterapkan oleh Pabrik Mobil Ford untuk memirolisis potongan-potongan kayu sisa-sisa karoseri (Riegel, 1949). Umpan harus dikeringkan lebih dahulu. Cara yang lebih praktis dan sekarang banyak dipergunakan ialah pirolisis dengan prinsip oksidasi parsial. Udara, dalam jumlah terbatas, dihembuskan ke

dalam reaktor sehingga sebagian umpan teroksidasi dan mengeluarkan panas. Bersama-sama dengan panas reaksi eksotermik, panas akibat oksidasi itu melaksanakan pirolisis sisa umpan yang tersedia. Pirolisis potongan-potongan kayu, tempurung kelapa, dan hasil pertanian lain yang ukurannya besar-besar, umumnya dijalankan dengan cara itu tanpa banyak mengalami kesulitan.

Sebaliknya limbah pertanian yang halus, seperti sekam padi dan serbuk gergaji, demikian juga limbah yang berupa campuran dan beraneka bentuk dan bahan penyusunnya, seperti limbah kota, masih banyak menghadapi kesulitan, terutama oleh berat jenisnya yang relatif rendah. Pirolisis secara "batch" memang dapat berjalan dengan lancar (Agra, 1978), tetapi kehilangan waktu untuk membongkar dan mengisi alat, dan panas yang terbuang pada pendinginan sebelum alat dapat dibongkar, banyak sekali. Pada proses sinambung, kesukaran-kesukaran pun tidak sedikit, terutama pada aliran bahan di dalam reaktor. Sebab itu uraian di bawah ini dimaksudkan untuk meninjau perkembangan proses pirolisis limbah yang sangat ringan keadaannya dan usaha-usaha untuk mengatasi masalah yang timbul.

#### *PERKEMBANGAN PIROLISIS LIMBAH YANG RINGAN*

Usaha untuk meningkatkan dan menyempurnakan proses pirolisis limbah yang ringan terus-menerus

diadakan dan beberapa di antaranya ialah pirolisis semi sinambung, pirolisis dengan bantuan alat penyodok, pirolisis dengan reaktor konis atau silinder yang diameternya makin membesar, pirolisis umpan yang termampatkan, dan pirolisis limbah kota.

#### *Pirolisis semi sinambung*

Di Ghana (Chiang dkk, 1976) dipergunakan beberapa buah reaktor berbentuk drum yang dihubungkan dengan sebuah alat pendingin dan pirolisis dilakukan dengan prinsip oksidasi parsial. Pengisian dan penyalaan sekam dalam reaktor dilaksanakan pada waktu yang berlainan, sehingga gas yang mengalir ke alat pengembun berlangsung terus. Permasalahan aliran bahan di dalam reaktor tidak ada, karena alat bekerja secara batch. Tetapi panas yang hilang dan waktu pengisian - pembongkaran reaktor cukup besar.

#### *Pirolisis dengan bantuan penyodok*

Pada cara ini sekam padi dipirolisis secara sinambung di dalam reaktor yang dibuat dari pipa air dengan diameter 5 cm dan dilengkapi dengan pemanas listrik, corong pengumpulan, pendingin, pengeluaran arang, dan dua buah batang penyodok (Agra, 1977). Selama proses berlangsung, batang penyodok selalu bergerak naik turun mengikuti alat eksentrik yang dipasang di atas corong pengumpulan. Kalau alat penyodok ini tidak dijalankan, maka aliran

bahan di dalam reaktor tidak dapat lancar dan terbentuk rongga akibat adanya tir yang menempel pada permukaan sekam sehingga terjalin suatu ikatan cukup kuat. Berat umpan sekam yang ada di atasnya tidak dapat mengalahkan gaya ikat antara butir-butir sekam yang sudah dilalui oleh tir yang tersuling. Dengan bantuan batang penyodok rongga-rongga itu dapat ditiadakan dan pirolisis dapat berlangsung dengan baik pada suhu 300°C. Hasil arang 44,6%, tir 3%, asam asetat 1,7%, dan metanol 0,3%. Kesulitan yang dihadapi hanyalah timbulnya kebocoran gas ke arah corong pengumpulan melalui celah yang ada di sekitar batang menyodok yang selalu bergerak. Kecuali pemanasan masih menggunakan tenaga listrik.

#### *Pirolisis dengan reaktor konis*

Dengan tujuannya agar aliran bahan dalam reaktor tidak terhambat, reaktor yang dipakai di Filipina (Stone dkk, 1980) berupa silinder tegak yang diameternya makin ke bawah makin besar. Udara dihembuskan dari lubang-lubang di sekeliling reaktor dan gas hasil pirolisis dikeluarkan dari bagian tengah. Bagian atas reaktor berfungsi sebagai penimbun umpan sekam, dan arang ditampung dalam suatu drum yang disumbangkan pada ujung bawah alat itu. Gesekan antara sekam dengan dinding dalam reaktor diharapkan tidak besar, sehingga umpan mudah bergerak ke bawah, bila hasil arang ditarik

keluar melalui kisi yang ditempatkan pada dasar alat. Namun ternyata rongga-rongga tetap terbentuk, sehingga aliran bahan dalam reaktor terganggu. Untuk mengatasi kesulitan itu dipasanglah batang pengaduk yang diberi sudu-sudu. Dengan cara itu rongga-rongga tidak terjadi dan aliran bahan dapat berjalan dengan lancar, tetapi batang pengaduk menjadi bengkok akibat selalu berhubungan dengan suhu yang tinggi.

Prinsip pirolisis seperti ini juga telah dikembangkan di Bandung (Sasmojo dkk, 1980a) dengan perubahan sedikit-sedikit. Hasil yang diperoleh berupa arang sebanyak 30,8% dan tir (yang disebut minyak) sekitar 3%. Arang yang halus harus dibentuk lagi menjadi bola-bola dengan diameter 3 - 5 cm dan pekerjaan itu tidaklah mudah, memerlukan perekat, dan pengeringan.

#### *Pirolisis serbuk gergaji cetak*

Untuk mempertinggi berat jenis limbah supaya dapat mengalahkan gaya ikat butir-butir dengan tir, serbuk gergaji dimampatkan dan dicetak menjadi potongan-potongan silinder dengan panjang 2 - 3 cm, sebelum dipirolisis. Pemampatan dilakukan dengan pompa air bekas yang berpengisap dan ujung pengeluarannya diganti dengan pipa konis yang disambung dengan pipa pemanas. Oleh gerakan maju mundur pengisap baru yang dipasang pada ujung pengisap yang lama, serbuk gergaji yang dicurahkan melalui

suatu corong, didorong dan didesak melalui pipa konis, sehingga terjadi pemampatan dan seterusnya digiring masuk ke dalam pipa pemanas (Agra, 1981; Agra, 1982). Silinder serbuk gergaji mampat yang bagian luarnya telah mengalami pengarangan sebagian, muncul dari ujung pemanas, lalu patah menjadi potongan-potongan silinder. Limbah yang sudah dicetak itu dipirolisis dalam suatu reaktor silinder tegak yang diperlengkapi dengan pengumpan yang bertutup ganda dan pengeluaran arang yang berupa dua lempeng baja berlubang-lubang yang dapat diputar dari luar, sehingga lubangnya dapat dibuka dan ditutup. Pada ujung pengeluaran arang terdapat tutup yang dapat dikunci rapat. Gas yang tersuling dikeluarkan dari sisi atas reaktor untuk disalurkan ke dalam alat pendingin. Udara disemburkan melalui 4 buah lubang kira-kira 15 cm di atas lempeng pengeluaran arang. Dengan umpan serbuk gergaji yang sudah dimampatkan, aliran bahan di dalam reaktor dapat berjalan dengan baik. Arang yang diperoleh pada suhu 350°C - 500°C mencapai 29 - 32% dalam bentuk silinder yang berpori-pori dan sangat baik dipakai sebagai bahan bakar, karena kadar belerang dan nitrogennya amat rendah (yaitu 0,04% S dan 0,2% N), serta mempunyai nilai kalor sebesar 6020 kkal/kg. Di samping itu juga dihasilkan 12 - 15% tir. Gas bakar yang tidak dapat mengembun, dibakar untuk mengeringkan serbuk gergaji yang baru.

Kesukaran yang masih dihadapi ialah adanya kebocoran gas sedikit sedikit melalui sistem pengumpanan, karena kedua tutup yang dibuka secara bergantian kurang rapat menempel pada bibir silinder. Pemanasan pada pencetakan serbuk gergaji masih menggunakan tenaga listrik.

#### *Pirolisis limbah kota*

Limbah kota tersusun atas bermacam-macam bahan dan ukurannya pun beraneka pula. Meskipun demikian zat organik yang ada mencapai 90% atau lebih (Fakultas Teknik UGM, 1981) dan sebagian besar berupa daun-daunan, sisa buah-buahan, sayur-sayuran, dan plastik pembungkus. Barang-barang logam, pecahan gelas, dan bekas ember plastik umumnya diambil oleh para tuna wisma untuk dijual kepada para tengkulak. Karena itu limbah kota merupakan sumber tenaga yang sangat potensial.

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan untuk memanfaatkan sumber tenaga yang masih tersedia, limbah kota telah dipirolisis dengan prinsip oksidasi parsial dengan reaktor yang serupa dengan alat yang dipakai untuk mengolah serbuk gergaji cetak, tetapi ukurannya lebih besar (Fakultas Teknik UGM, 1982; Agra dan Soehendro, 1982). Limbah kota yang sudah dikeringkan diumpankan secara berkala dari puncak reaktor dan udara dihembuskan melalui lubang-lubang yang terdapat pada dinding bagian bawah. Gas

yang tersuling disalurkan ke dalam 2 buah pendingin udara yang bekerja berturutan, dan arang dikeluarkan dari dasar reaktor pada waktu-waktu tertentu. Tir yang sangat kental dan cairan pirolignin ditampung terus-menerus, sedangkan gas yang tidak dapat mengembun dibakar di dalam suatu tungku untuk mengeringkan limbah kota yang akan diproses. Dengan reaktor yang berdiameter 75 cm dan tinggi sekitar 240 cm, limbah kering yang dapat diolah berjumlah 54 kg/jam, dan arang yang diperoleh pada pirolisis dengan suhu 300• - 400•C mencapai 32% dan tir yang berbentuk padat kira-kira 5%. Nilai kalor arang yang sebagian besar berbentuk kecil-kecil 5690 kcal/kg dan tir padat yang terpungut 6885 kcal/kg. Tir padat ini dapat diolah lagi menjadi bahan bakar cair (Agra & Warnijati, 1984).

Kesulitan yang timbul mencakup bocornya gas selama pemasukan umpan limbah, akibat kurang sempurnanya konstruksi tutup bawah alat pengumpan dan kecerobohan para petugas, yang tidak sabar membuka tutup secara bergantian. Aliran bahan di dalam reaktor juga agak terganggu oleh terbentuknya rongga-rongga. Arang yang ukurannya kecil-kecil tidak dapat dipakai melayani anglo tradisional dan pencetakannya menjadi bola arang kurang efektif. Tir padat tidak dapat langsung dimanfaatkan sebagai pengawet kayu atau sebagai bahan bakar. Yang masih merupakan masalah yang agak berat

ialah sulitnya mengolah limbah yang sangat basah pada musim hujan.

## PEMBAHASAN

Cara pengolahan limbah organik menjadi sumber tenaga yang lebih tinggi mutunya, banyak jenisnya dan perbedaannya pun cukup besar. Sebab itu tidak ada salahnya kalau diadakan pembahasan terhadap cara-cara yang sudah pernah disinggung pada uraian sebelumnya.

Gasifikasi dapat diterapkan pada limbah pertanian untuk memperoleh gas bakar yang dapat dipakai untuk membangkitkan tenaga listrik, untuk menggerakkan motor bakar pada kendaraan darat, perahu-perahu, dan traktor. Tetapi gas itu tidak mudah disimpan dan harus dipakai langsung. Kecuali itu suhu gasifikasi yang tinggi (sekitar  $1000^{\circ}\text{C}$ ) memerlukan alat yang khusus, terutama pada daerah oksidasi.

Pirolisis dapat diselenggarakan pada suhu yang lebih rendah ( $300^{\circ}$  -  $500^{\circ}\text{C}$ ) dengan alat yang lebih sederhana dan lebih mudah. Hasil arangnya merupakan bahan bakar yang tak berasap dan dapat disimpan dalam waktu yang panjang. Di samping itu masih dapat dipungut tir dan gas bakar. Dari pelbagai cara pirolisis, proses sinambung dengan prinsip oksidasi parsial merupakan cara yang paling tepat untuk dikembangkan lebih lanjut. Jika ukuran limbah cukup besar atau berat jenisnya agak tinggi, pengolahannya relatif mudah.

Yang memerlukan pemikiran agak mendalam ialah pirolisis limbah yang berat jenisnya rendah, terutama yang ukurannya kecil-kecil. Pamakaian reaktor konis tidak dapat dilepaskan dari perhitungan untung rugi, karena biaya pembuatannya lebih besar dibandingkan dengan reaktor silinder. Pengaduk yang bertugas mencegah pembentukan rongga dan meratakan umpan di dalam reaktor, sedapat-dapatnya tidak usah dipergunakan mengingat suhu dalam reaktor cukup tinggi. Baja biasa, kalau terus-menerus berada di dalam lingkungan yang bersuhu tinggi, tidak akan tahan lama, kecuali kalau dilengkapi dengan alat pendingin di dalamnya. Perlengkapan yang demikian tentu tidak murah harganya. Pembentukan bola arang atau arang cetak tidak mudah pelaksanaannya dan diperlukan waktu tambahan untuk mengeringkan hasil akhir.

Pemampatan dan pencetakan limbah pertanian yang agak halus dan ringan sebelum dipirolisis merupakan salah satu cara yang cukup baik. Jika pemampatan dan pirolisis dipadukan dan kapasitas keduanya disesuaikan, maka pemanas listrik tidak diperlukan. Dengan memasukkan pipa pemanas ke dalam reaktor, tenaga yang diperlukan pada pemampatan diperoleh dari panas yang timbul dari reaksi oksidasi. Limbah yang sudah termampatkan yang ke luar dari pipa pemanas langsung jatuh ke dalam reaktor dan terus dipirolisis. Dengan demikian kehilangan panas

yang terjadi pada pendinginan hasil bila pemampatan dipisahkan dari pirolisis, dapat diabaikan. Kecuali alat pengumpan reaktor pirolisis tidak diperlukan lagi, sebab tugas itu sudah dirangkap oleh alat pemampat. Kebocoran gas melalui alat pengumpan reaktor juga tidak ada. Aliran bahan di dalam reaktor dapat berjalan lebih lancar. Arang hasil tidak usah dicetak, karena sudah besar-besarnya ukurannya dan cukup kuat keadaannya.

Pirolisis limbah kota memerlukan perhatian yang khusus, sebab proses itu merupakan salah satu cara yang relatif mudah dan murah untuk memecahkan masalah sampah. Berat jenis yang sangat rendah menjadi penyebab utama timbulnya kesulitan pada pirolisis limbah kota. Sampah yang dimasukkan ke dalam alat pengumpan, karena ringannya dan bentuknya yang beraneka, tidak dapat jatuh seketika ke dalam reaktor sebelum didorong dari atas. Adanya alat pengempa atau penggilas akan dapat menaikkan berat jenis limbah kota dan juga mengurangi kadar airnya, sehingga aliran bahan dapat menjadi lancar dan pirolisis dapat dilaksanakan sepanjang tahun tanpa harus berhenti pada musim hujan. Sistem pengumpanan harus lebih disempurnakan. Arang hasil yang berukuran kecil memerlukan tungku yang khusus, agar proses pembakaran dapat berjalan dengan baik. Udara pengoksidasi harus dapat mencapai seluruh permukaan arang. Pembakar

kisi mungkin merupakan tungku yang cocok bagi arang limbah kota. Tir yang padat harus diolah lagi supaya dapat dipakai untuk tujuan tertentu, misalnya sebagai pengawet kayu atau sebagai bahan bakar cair. Proses batch yang sudah pernah dirintis untuk mengolah tir padat perlu diperluas dan disempurnakan menjadi proses sinambung.

### *KESIMPULAN*

Kesimpulan yang dapat ditarik meliputi :

1. Gasifikasi dapat mengubah limbah pertanian menjadi gas bakar, tetapi alat yang diperlukan harus tahan suhu tinggi dan gas hasil harus langsung dipergunakan.
2. Pirolisis dapat dilaksanakan pada suhu yang lebih rendah, dan hasil arangnya dapat disimpan lama. Di samping itu juga dapat dipungut hasil samping tir dan gas bakar.
3. Pirolisis sinambung dengan prinsip oksidasi persial tepat sekali dipakai untuk mengolah limbah organik.
4. Peningkatan berat jenis limbah dengan pemampatan, pengempaan, atau penggilas mempermudah pelaksanaan proses pirolisis.
5. Pirolisis limbah kota dapat diselenggarakan sepanjang tahun, asalkan proses dilengkapi dengan alat pengempa atau penggilas limbah di samping penering.

6. Pemanfaatan arang limbah kota yang ukurannya kecil-kecil membutuhkan tungku yang khusus agar udara dapat menembus seluruh bahan.

7. Tir padat limbah kota dapat diolah lebih lanjut menjadi bahan bakar cair.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agra, I.B., 1977, "*Pirolisa Sekam Padi Secara Kontinu*", Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.
- Agra, I.B., 1978, "*Pyrolysis of Waste Materials*", Proceeding of the Firt Conference Asian Pacific Confederation of Chemical Engineers, p.p. 65 - 74, Badan Kejuruan Kimia, Persatuan Insinyur Indonesia, Jakarta.
- Agra, I.B., 1981, "*Pirolisis Limbah Pertanian Secara Sinambung*", Pusat Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMI-GAS". Jakarta.
- Agra, I.B., "*Pyrolysis of Pelletized Sawdust*", Seminar-cum-Work-Energy Recovery and Utilization of Solid Wastes, p.p. 75 - 84, Regional Centre for Energy, Heat and Mass Transfer for Asia and the Pacific, Nagoya.
- Agra, I.B. and Soehendro, B., 1982, "*Pyrolysis of Municipal Wastes*", Seminar-cum-Workshop Energy Recovery and Utilization of Solid Wastes, p.p. 109 - 116, Regional Centre for Energy, Heat and Mass Transfer for Asia and the Pacific, Nagoya.
- Agra, I.B. and Warnijati, S., 1984, "*Conversion of Solid Municipal Wastes Tar to Liquid Fuel*", Energy Developments : New Forms, Renewables, Conservation, p.p. 959 - 963, ENERGEX '84, Pergamon Press, Toronto.
- Chiang, T.I., Tatom, J.W., de Graft-Johnson, J.W.S., and Powell, J.W., 1976, "*Pyrolytic Conversion of Agricultural and Forestry Wastes in Ghana, a Feasibility Study*", Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.
- Fakultas Teknik UGM, 1981, "*Pengembangan dan Peragaan Pemanfaatan Limbah Kota/Limbah Industri sebagai Sumber Energi*", Direktorat Jenderal Ketenagaan, Jakarta.
- Fakultas Teknik UGM, 1982. "*Pengoperasian Pengembangan dan Peragaan Pemanfaatan Limbah Kota/Limbah Industri sebagai Sumber Energi di Yogyakarta*", Direktorat Jenderal Ketenagaan, Jakarta.
- Riegel. E.R., 1949, "*Industrial Chemistry*", 5 ed., p.p. 317 - 322, Reinhold Publishing Corporation, New York.
- Sasmojo, S., Harahap, F., Priyatna, dan Pengestiono, 1980a, "*Pengembangan dan Hasil Kajian Pendahuluan Pirolisa Limbah Pertanian*", Hasil Lokakarya Pengembangan Energi Non Konvensional, hlm. 65 - 80, Direkto-

rat Jenderal Ketenagaan, Jakarta.

Sasmojo, S., Susanto, H. Purwasamita, M., dan Manurung, R., 1980 b, "Hasil Kajian tentang Konversi Limbah Pertanian Menjadi Bahan Sumber Energi dengan Cara Gasifikasi", Hasil Lokakarya Pengembangan Energi Non Konvensional,

hlm. 81 - 99, Direktorat Jenderal Ketenagaan, Jakarta.

Stone, C.A., Festin, T.F., Malvar, F.J., and Moh, K.C. 1980, "Indigenous Energy Resources Development of a Pyrolytic Converter to Use Rural Wastes in the Phipippines, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.

## MENCARI BENTUK TEKNOLOGI UNTUK PRODUKSI ETHANOL SEBAGAI ENERGI CAIR DARI BIOMASA\*)

*Oleh : Saraswati\*\*)*

### PENDAHULUAN

Salah satu kebijaksanaan Pemerintah dalam bidang energi adalah pengembangan sumber energi yang terbarukan (renewable energy resources).

Di Indonesia energi yang banyak digunakan adalah energi berbentuk cair. Ethanol adalah salah satu dari bentuk energi cair yang terbarukan, karena dapat diproduksi dari biomasa yang merupakan renewable resources melalui proses fermentasi. Biomasa yang dimungkinkan untuk dibuat ethanol dengan proses ini adalah karbohidrat yang antara lain :

— bahan bula (nira tebu, tetes atau molasses dll.)

— bahan pati-patian (ubi kayu, ubi jalar, jagung dll.)

— bahan selulosa (kayu, jerami dll.)

Di Indonesia yang beriklim tropis karbohidrat sangat melimpah dan industri ethanol telah ada sejak awal abad 20, bahkan saat ini telah berjumlah belasan buah yang tersebar di seluruh Jawa serta beberapa di luar Jawa yang ada pabrik gula, karena seluruhnya menggunakan bahan baku tetes, pada saat ini di Indonesia belum ada yang menggunakan bahan baku pati secara komersial.

Sehubungan dengan upaya mengembangkan renewable energy resources tersebut, pada tahun awal 1980 Prof. Dr. Ing. B.J. Habibie Menteri Negara Riset dan Teknologi merangkap Ketua BPP Teknologi

\*) Pernah disajikan dalam Seminar Energi Untuk Pertanian di Yogyakarta, 21 — 22 Januari 1985.

\*\*\*) Ir. Saraswati PdE adalah Direktur Pengkajian dan Penerangan Ilmu Teknik, BPPT, Jakarta.