

# KAJIAN BIO OIL DARI LIMBAH PADAT SAWIT

## DENGAN METODA *FAST PYROLYSIS*

Irenne Detrina, Yusnitawati, Syaiful Bahri, Edy Saputra  
Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Pekanbaru

[ren\\_naruse@yahoo.co.id](mailto:ren_naruse@yahoo.co.id), [eetha\\_irsam@yahoo.com](mailto:eetha_irsam@yahoo.com), [sbahri@unri.ac.id](mailto:sbahri@unri.ac.id), [edy@unri.ac.id](mailto:edy@unri.ac.id)

### Abstrak

*Telah dilakukan penelitian pendahuluan pembuatan bio oil dari limbah padat sawit. Metoda yang digunakan adalah pyrolysis. Beberapa parameter yang diuji diantaranya variasi temperatur dan ukuran partikel. Pada telaah pendahuluan ini telah diperoleh fasa cair yang diyakini adalah bio oil dengan kualitas yang masih perlu dikaji lanjut. Kajian lanjut itu adalah pemurnian, penentuan sifat fisis, dan nilai kalor.*

Kata kunci ; *pyrolysis*, limbah padat sawit, *bio oil*

### 1. Pendahuluan

Bahan bakar minyak merupakan kebutuhan yang sangat penting dan hampir semua kegiatan yang dilakukan membutuhkan bahan bakar. Minyak bumi merupakan sumber bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, sehingga untuk beberapa tahun ke depan diperkirakan masyarakat akan mengalami kekurangan bahan bakar minyak. Walaupun Indonesia termasuk salah satu anggota OPEC yang memproduksi 1,5 juta barel/hari (Suwono, 2003), namun impor minyak Indonesia lebih besar yaitu 500.000 barel/hari. Jika kapasitas produksi minyak Indonesia 0,5 milyar barel/tahun dengan asumsi tidak ada eksplorasi minyak baru maka cadangan minyak Indonesia kurang dari 5 milyar barel dan akan habis dalam jangka waktu 10 tahun (Elyza dan Huliyah, 2005). Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif pengganti minyak bumi.

Saat ini, telah banyak dilakukan penelitian yang berkaitan dengan bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi. Salah satu diantaranya adalah proses pengolahan biomassa menjadi *bio-oil*, penelitian ini telah dikomersialkan dan diuji sejak tahun 1989 (ROI, 2001). Dynamotive Energy System Corporation (2005) melaporkan bahwa *bio-oil* memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi, yaitu *bio-oil* sangat ramah lingkungan, dapat mendaur ulang limbah, mengurangi penimbunan, mencegah pencemaran tanah dan air tanah, tidak menghasilkan emisi SO<sub>x</sub> dan ketika dibakar emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan hanya sekitar 50% dibandingkan bahan bakar dari minyak bumi.

Negara tropis seperti Indonesia umumnya mempunyai biomassa yang berlimpah, kira – kira 250 milyar ton/tahun yang dihasilkan dari biomassa hutan dan limbah pertanian. Limbah pertanian secara umum berasal dari perkebunan kelapa sawit, tebu, kelapa serta sisa panen dan lain - lainnya yang mencapai kira – kira 40 milyar ton/tahun (Suwono, 2003). Dari estimasi potensi limbah perkebunan dari tahun 2001 – 2003, Panaka melaporkan bahwa di Indonesia limbah kelapa sawit mempunyai potensi yang lebih besar dibandingkan dengan batang karet, kelapa dan tebu. Dengan perbandingan kelapa sawit 48,6 juta ton/tahun, batang karet 2,6 juta ton/tahun, kelapa 3,9 juta ton/tahun, tebu 0,14 juta ton/tahun.

Berdasarkan data BPS (2004) dari 4 juta Ha perkebunan tersebut, sekitar 1.231.323 Ha berada di Propinsi Riau. Luasnya lahan kebun kelapa sawit akan menghasilkan limbah padat sawit yang sangat banyak. Limbah padat sawit yang dihasilkan dapat berupa tandan kosong, batang, pelepah dan lain-lain yang merupakan sisa dari industri sawit yang belum dimanfaatkan secara optimal (Padil, 2005). Selama ini, limbah padat sawit dibakar di lahan dan menghasilkan abu yang digunakan sebagai pupuk tanaman (Suwono, 2003). Selain itu limbah padat digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk pembangkit uap serta bahan baku karbon aktif. Namun pemanfaatan limbah dengan metode seperti ini hanya dapat menanggulangi limbah dalam skala kecil sedangkan limbah padat diproduksi dalam skala yang cukup besar (Miura dkk, 2003). Untuk itu diperlukan suatu terobosan yang dapat mengolah limbah padat sawit. Karena limbah padat sawit mempunyai potensi sebagai sumber energi, maka pada penelitian ini menggunakan limbah padat sawit sebagai biomasa untuk memproduksi *bio-oil*.

Kandungan holoselulosa yang terdapat pada limbah padat sawit cukup tinggi (batang 86,03%, daun 69,86 %, tandan kosong 73,85%, akar 67,89%)(Anderson dan Khalid, 2000). Kandungan holoselulosa ini akan berpengaruh pada kecepatan pembentukan produk, semakin tinggi kandungan selulosa maka pembentukan produk akan lebih tinggi (Song dkk, 2000).

*Fast pyrolysis* merupakan proses yang digunakan untuk memproduksi *bio-oil*, dimana partikel-partikel bahan organik atau biomassa diberikan pemanasan secara cepat pada suhu antara 450-600 °C tanpa adanya kandungan oksigen dalam proses. Dari proses tersebut diperoleh uap organik, gas dan arang. Uap organik dikondensasikan menjadi *bio-oil* dengan hasil mencapai 70-75% berat dari umpan yang dimasukkan (BTG, 2004). *Bio-oil* yang dihasilkan dapat diolah lebih lanjut sebagai bahan bakar, pembangkit panas, listrik, resin, pupuk, dan bahan-bahan kimia seperti surfaktan, antibiotik, cat, detergen, *fatty acid* dan lain-lain (Bain dan Richard, 2004).

## 2. Fundamental

Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang dapat diperbaharui. Biomassa dapat diperoleh dari limbah organik yang terdapat pada limbah pertanian, limbah hutan, dan limbah perkotaan. Kandungan biomassa yang terdiri dari karbon dan hidrogen dapat dijadikan dasar sebagai kandungan yang terdapat dalam bahan bakar (Quebec,2004).

Biomass Technology Group (2003) melaporkan bahwa lebih dari 300 senyawa telah diidentifikasi terkandung dalam biomassa seperti *lignin* (diantaranya fenol, eugenol dan guaiacol), selulosa dan turunan hemi-selulosa (gula, asetaldehid dan asam formiat). Berdasarkan komponen kimia yang terdapat dalam biomassa tersebut, maka terdapat sejumlah fraksi yang diidentifikasi terdapat pada *bio-oil*. Beberapa bahan kimia penting yang terdapat dalam *bio-oil* yaitu hidroksi-asetaldehid, levoglukosan, levoglukosene, campuran fenol, *furfural* dan air. Dengan kandungan fenol yang dihasilkan lebih dari 50% maka *bio-oil* dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk masa yang akan datang (BTG,2003). Persentase bahan kimia penting yang terdapat dalam *bio-oil* ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Bahan kimia penting dalam *bio-oil*

Bahan kimia	Wt%
Hidroksi-asetaldehid	>17 (dari selulosa)
Levoglukosan	> 47 (dari selulosa)
Levoglukosen	> 24 (dari selulosa)
Campuran fenol	30 – 100
Furfural, Fulfuryl alkohol	> 30 (dari selulosa)

Sumber: [ BTG,2003]

Komponen yang terdapat dalam limbah padat sawit terdiri dari N, P, K, Ca, Mg, SiO<sub>2</sub>, C, Lignin dan Holoselulosa. Oleh karena itu sangat berpotensi digunakan sebagai biomassa penghasil *bio-oil*. Perbandingan komponen pada limbah padat dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Perbandingan Komponen yang Terkandung dalam Limbah Padat Sawit**

Limbah Padat	Daun	Tandan Kosong	Batang	Akar
Komponen	(%)			
N	2,66	0,44	0,56	0,41
P	0,15	0,05	0,06	0,04
K	1,33	1,8	1,86	0,9
Ca	0,62	0,55	0,38	0,07
Mg	0,26	0,17	0,15	0,11
SiO <sub>2</sub>	1,55	0,39	0,84	0,52
C	47,91	47,34	44,77	48,00
Lignin	24,96	20,96	18,14	23,77
Holoselulosa	69,86	73,85	83,06	67,39

Sumber : [Anderson dan Khalid, 2000]

*Pyrolysis* merupakan suatu bentuk insinerasi yang menguraikan bahan organik secara kimia melalui pemanasan dengan mengalirkan gas nitrogen (Miura dkk, 2003). Pemanasan berlangsung pada suhu 450-600°C, yang mengkonversi biomassa mencapai 70-75% berat umpan. Proses ini menghasilkan uap organik, gas *pyrolysis* dan arang (BTG, 2004). Uap organik kemudian dikondensasikan menjadi cairan yang disebut dengan *bio-oil*. Selain dengan *pyrolysis*, biomassa dapat diproses dengan pembakaran langsung dan gasifikasi. Jika dibandingkan dengan pembakaran langsung dan gasifikasi, produk yang terbentuk lebih banyak dihasilkan dari *pyrolysis* (Inovative Natural Resource Solution LLC, 2004). Perbandingan ini dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Perbandingan produk yang dihasilkan dari konversi biomassa secara termodinamik**

	<i>Liquid</i>	<i>Char</i>	Gas
<i>Pyrolysis</i>	75%	12%	13%
Pembakaran Langsung	30%	35%	35%
Gasifikasi	5%	10%	85%

Sumber : [Inovative Natural Resource Solution LLC , 2004]

Pada dasarnya jumlah produk yang dihasilkan dari *pyrolysis* tergantung pada suhu proses dan bahan baku yang digunakan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh BTG (2004) menunjukkan bahwa maksimum minyak yang dihasilkan mencapai 79% berat umpan pada suhu 500°C. Hal tersebut menjelaskan bahwa produksi minyak akan meningkat dengan bertambah tingginya temperatur, dan arang yang dihasilkan akan turun dengan meningkatnya temperatur.

Menurut Ensyn Group INC (2001), *bio-oil* adalah cairan yang dapat larut dalam air, bahan bakar yang dapat dioksidasi, mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen. Kandungan *bio-oil* tergantung pada biomassa yang digunakan, namun zat-zat kimia yang terdapat pada *bio-oil* terdiri dari kelompok karbonil, karboksil, hidroksil dan metoksil. Semua kelompok ini mengandung

oksigen, dimana minyak yang berasal dari minyak bumi hampir semuanya mengandung hidrokarbon (Renewable Bio Oil, 2001).

*Bio-oil* diproduksi dengan proses *pyrolysis* menggunakan biomassa dengan pemanasan, tanpa adanya kandungan oksigen. Uap organik yang dihasilkan dari proses *pyrolysis* dikondensasikan menjadi *bio-oil*.

Umumnya, *bio-oil* yang dihasilkan merupakan cairan coklat kehitaman, mudah terbakar (*combustible*), tidak bercampur dengan hidrokarbon, bersifat asam, viskositas tergantung kadar air yang dikandungnya (Bain dan Richard, 2004). Kandungan air dalam *bio-oil* 15 – 30 wt% dan pH 2,8 – 3,8 (BTG, 2003). Untuk sifat fisis *bio-oil* lainnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Sifat fisis *bio-oil*

	Sifat fisis
Kandungan air (wt%)	15 – 30
PH	2,8 – 3,8
Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )	1110 – 1250
Analisa unsur (wt%)	
C	55,3 – 63,5
H	5,2 – 7,0
N	0,07 – 0,39
S	0,00 – 0,05
Abu	0,03 – 0,30
Viskositas (315 K, Cp)	25 – 1000

Sumber : [BTG,2003]

*Bio-oil* merupakan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil yang dapat digunakan untuk pembangkit ” green power “, transportasi dan pemanasan. Sebagai bahan bakar yang tidak menghasilkan polusi, *bio-oil* mempunyai sejumlah keuntungan melebihi bahan bakar petroleum, yaitu:

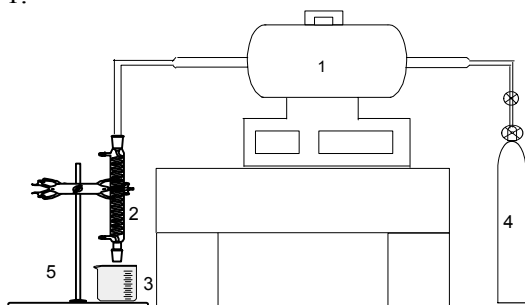
1. Kandungan oksigen yang tinggi dapat mengurangi emisi/polusi dari karbondioksida ketika *bio-oil* dibakar.
2. Kandungan nitrogen yang rendah dapat mengurangi emisi NO<sub>x</sub> sebagai contoh pengujian pembakaran pada turbin memperlihatkan bahwa emisi NO<sub>x</sub> menggunakan bahan bakar diesel dua kali jika dibandingkan dengan *bio-oil*.
3. Kandungan sulfur yang rendah juga dapat mengurangi emisi SO<sub>x</sub> dibandingkan menggunakan bahan bakar diesel.
4. Karena *bio oil* diperoleh dari limbah organik, maka hal ini didasarkan sebagai gas alam rumah kaca.

Berdasarkan DynaMotive Energy System Corporation pada tahun 2005 dapat diketahui bahwa *bio-oil* memiliki produk yang bermanfaat diantaranya:

1. *Bio-oil* merupakan senyawa yang tidak stabil, sehingga tidak mungkin didistilasi, tapi *bio-oil* dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar. Untuk mendapatkan *bio-oil* yang stabil, maka *bio-oil* direaksikan dengan etanol. Karena reaksi kelompok karbonil dan karboksil dengan etanol dapat menstabilkan *bio-oil*.
2. Reaksi dengan ammonia, urea atau komponen amino lainnya dapat menghasilkan campuran yang tidak beracun yang cocok untuk menghasilkan pupuk seperti amida, amina dan lain –lain.
3. Campuran fenol tinggi dapat digunakan untuk menghasilkan resin penolik untuk produk dari kayu seperti plywood dan MDF

### 3. Metodologi

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah padat sawit yang terdiri dari batang, tandan kosong, dan pelepah. Rangkaian alat yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Percobaan

Keterangan gambar :

1. Furnace
2. Kondenser
3. Beaker Glass
4. Gas Nitrogen
5. Statip

Reaktor yang digunakan terbuat dari *stainless steel* dengan diameter 1,5 inci dan panjang 60 cm. Reaktor dipanaskan menggunakan *furnace tubular*. Kecepatan gas nitrogen yang digunakan diatur pada kecepatan tertentu untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Gas yang terbentuk dikondensasikan menggunakan kondenser untuk mendapatkan cairan yang dinamakan *bio-oil*.

Hasil dari proses *pyrolysis* berupa gas, padatan yang berupa *char* dan sisa biomassa, dan cairan. Cairan yang dihasilkan ditampung dengan *beaker glass*, ditimbang dan dianalisa dengan mengukur sifat-sifat fisis seperti pH, densitas, viskositas, warna, dan bau.

#### 4. Hasil dan pembahasan

Proses *pyrolysis* terjadi pada temperatur 450 – 600°C. Proses berlangsung sampai tidak lagi terlihat gas yang dihasilkan atau tidak lagi terlihat cairan yang keluar dari kondenser.

Limbah padat sawit yang digunakan terlebih dahulu dipotong kecil-kecil, kemudian diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 2, 6 dan 10 mesh. Sehingga diperoleh biomassa dengan ukuran 2 – 3,35 mm dan 3,35 – 6 mm. Selanjutnya kadar air dari biomassa terlebih dahulu dikurangi dengan cara mengeringkannya di dalam oven hingga kandungan air < 10%.

*Pyrolysis* dilakukan dengan memvariasikan jenis limbah padat sawit, ukuran partikel dan temperatur proses. Hal ini dilakukan untuk melihat jenis limbah, ukuran partikel dan temperatur yang dapat menghasilkan *yield* yang tinggi.

Pada tabel 5 dapat dilihat hasil dari percobaan *pyrolysis* limbah padat sawit untuk variasi temperatur dan ukuran partikel.

Tabel 5. Hasil *Pyrolysis* Limbah Padat Sawit untuk Variasi Temperatur dan Ukuran Partikel.

Jenis Limbah	Ukuran Partikel	Temperatur	
		450°C	500°C
		Liquid (gram)	Liquid (gram)
Batang	2-6 mesh	14,6	23

	6-10 mesh	11,5	18,6
Tandan Kosong	2-6 mesh	10,3	13,8
	6-10 mesh	9,8	12,9
Pelepah	2-6 mesh	11,5	18,8
	6-10 mesh	10,8	10,9

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa, variasi temperatur dan ukuran partikel limbah kelapa sawit sangat mempengaruhi jumlah cairan yang dihasilkan. Semakin tinggi temperatur proses maka hasil yang diperoleh akan semakin banyak. Dan semakin besar ukuran partikel maka *yield* yang diperoleh juga akan semakin tinggi.

Berdasarkan data pada tabel 5, pada temperatur 450°C diperoleh *yield* mencapai 32%. Sedangkan untuk temperatur 500°C, *yield* yang diperoleh mencapai 51%. Hal ini dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, dimana pada temperatur tersebut hasil yang diperoleh mencapai 75% dengan biomassa yang berbeda.

Dari percobaan ini juga dapat diketahui bahwa dari ketiga jenis limbah padat sawit yang digunakan, batang sawit dapat memberikan *yield* yang lebih tinggi yaitu mencapai 50% dari pada pelepah dan tandan kosong yang hanya berkisar 20-30%. Berdasarkan data kandungan holoselulosa pada limbah padat sawit, dapat dilihat bahwa kandungan holoselulosa pada batang sawit lebih besar daripada limbah padat sawit lainnya. Secara teoritis, semakin besar kandungan holoselulosa maka laju pembentukan produk membentuk *bio-oil* akan semakin tinggi.

Dari hasil percobaan pendahuluan yang telah dilakukan ini, dapat dilihat bahwa limbah padat sawit merupakan biomassa yang sangat berpotensi menghasilkan *liquid* yang dapat diidentifikasi sebagai *bio-oil*. Dimana sifat-sifat fisis yang diperoleh:

$\rho$  : 1,1 – 1,7 gr/ml  
pH : 3  
warna : coklat tua  
bau : asap

## 5. Kesimpulan

1. Limbah padat sawit sebagai biomassa sangat berpotensi untuk menghasilkan *bio-oil*.
2. *Yield bio-oil* yang diperoleh mencapai 51% pada temperatur 500°C untuk biomassa batang kelapa sawit dengan ukuran 2-6 mesh.

## 6. Referensi

- [1] Anderson dan Khalid, (2000), *Decomposition Processes and Nutrient Release Patterns of Oil Palm Residu*, Journal of Oil Palm Research.12(1), hal. 46-63.
- [2] Bain dan Richard, L., (2004), *An Introduction to Biomass Thermochemical Conversion*, DEO/NASLUGC Biomass and Solar Energy Workshop, August 3-4.
- [3] Biomass Technology Group, (2003), *Bio-oil Applications*, [http://www.btgword.com/technologies/bio-oil\\_application.html](http://www.btgword.com/technologies/bio-oil_application.html), 16 Mei 2005
- [4] Biomass Technology Group, (2004), *Flash pyrolysis*, <http://www.btgword.com/technologies/pyrolysis.html>, 16 Mei 2005
- [5] DynaMotive Energy System Corporation. (2005), *Complete Profile*, <http://www.dynamotive.com>, 19 Desember 2005

- [6] DynaMotive Energy System Corporation. (2005), *Renewable Resources Bio-Oil From Fast Pyrolysis*, [http:// www.dynamotive.com](http://www.dynamotive.com), 19 Desember 2005.
- [7] Easterly, J.L., (2002), *Assessment of Bio-Oil as a Replacement for Heating Oil*, <http://www.eren.doe.gov/femp/resources/renewableguide.html>, 15 April 2005.
- [8] Elyza, R. dan Hulaiyah, Y., (2005), *Kenapa Harus Menghemat Energi?* <http://www.pelangi.com>, 25 Maret 2006.
- [9] Ensyn Group INC, (2001), *Bio-Oil Combustion Due Diligence : The Conversion Of Wood And Another Biomass*, Cole Hill Associates.
- [10] Freil, B and Graham, R.G., (2002), *Bio-oil Preservatives*, U.S. Patent No. 6485841B1.
- [11] Miura, K. Masuda, T. Funazukuri, T. Suguwara, K. Shirai, Y. Hayashi, J. Karim, M.I.A. Ani, F.N dan Susanto, H, (2003), *Efficient Use of Oil Palm as Renewable Resource for Energy & Chemical*, Project Design Document.
- [12] Inovative Natural Resource Solution LLC, (2004), *New Hampshire Bio –Oil Oppurtunity Analysis*, Inovative Natural Resource Solution LLC Handbook.
- [13] Oregon Department of Energy., Biomass Energy Fuel, (2005), *Fast Pyrolysis of Biomass to Produce Synthetic Fuel Oil*, <http://www.cdsanalytical.com/product/pyrowhy.html>, 13 Oktober 2005.
- [14] Padil, (2005), *Rancangan Proses Pengolahan Limbah Padat Sawit Menjadi Asap Cair (Liquid Smoke)*, Prosiding Seminar Teknik Kimia – Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia (STK-TOPI), Pekanbaru, 21 Desember 2005.
- [15] Panaka, P, *The Role Of Biomass For The Energy Sustainable Development In Indonesia*, Energy Technology Center (BBTE), Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT), Jakarta, Indonesia.
- [16] Quebec, (2004), *Biomass*, <http://www.mrn.gouv.qc.ca/english/energy/index.jsp.html>, 14 April 2005.
- [17] Renewable Oil International, LLC, (2001), *Uses of Bio-Oil as a Boiler Fuel*. <http://www.ensyn.com.html>, 13 April 2005.
- [18] Ryohei dan Tanaka, (2001), *Utilisation Of Oil Palm Biomass For Various Types Of Pulp*, Forestry and Forest Products Research Institute, Japan.
- [19] Song,, C., Hu, H., Wang, G., dan Chen, G., (2000), *Liquefaction of Biomass with Water in Sub – and Supercritical States*, Scientific Research Fund For Doctoral Award Unit In Chines University.
- [20] Suwono, A., (2003), *Indonesia’s Potential Contribution of Biomass in Sustainable Energy Development*, Thermodynamics Laboratory, IURC for Engineering Sciences. Bاندung Institute of Technology, Bandung, Indonesia.
- [21] Wikipedia, (2005), *Thermal Depolymerization*, [http://www.wikipedia.org/wiki/thermal\\_depolymerization.html](http://www.wikipedia.org/wiki/thermal_depolymerization.html), 25 Juni 2005.