

## **KONVERSI SAMPAH ORGANIK MENJADI BIO-OIL MELALUI PROSES PIROLISIS DENGAN RECYCLE GAS<sup>1)</sup>**

Oleh :  
Arief Budiyanto, M.T.<sup>2)</sup>



**One of the potential energy sources available abundantly in Indonesia is organic biomass waste, which composes 60% of the total waste in Indonesia. Organic waste from leafs and branches can be converted into an alternative fuel, that is bio-oil, through fast pyrolysis process. This process requires fast heat transfer and therefore necessitates the use of additional inert gas from outside. The objective of this research is to study the influence of recycle gas and raw material on the yield and bio-oil quality.**

**Raw materials that are composed of dry leaves and branches of angkana, mahogany and manggo trees, with leaf composition ranging from 0% to 100%, are crushed to maximum lengths of 10 cm. Then, it is pyrolyzed in pyrolysis reactor. In this study, non-condensable gas from the condensor is recycled to improve heat transfer. In addition, biomass fuel is also used to avoid dependency on other form of energy.**

**The result of this research shows that branches have a higher caloric value than leaves. This trend is similar with the caloric value of bio-oil produced in pyrolysis process of 100% branches. The experiment also shows that recycle gas slightly increases yield and caloric value. The highest caloric value (5,175.35 J/g) and highest yield (24.5%) of bio-oil are obtained from pyrolysis of 100% branches with recycle gas using blower. The obtained caloric value and yield are, however, far lower than those of bio-oil obtained from fast pyrolysis with fluidized bed process which gives 70% optimum yield and 18,000 J/g caloric value. To produce 200 litre of bio-oil per month needs Rp. 11.000.000 of fixed capital investment and Rp. 926.250 of working capital investment. This is expected to give total sale of Rp. 1.095.000 and net profit of Rp. 168.750 per month. The BEP value is estimated 264,64 liter/month, and the B/C Ratio is 1,1, while ROI and POT are estimated 1,58% and 5,28 years respectively. The economic analysis shows that this process is not so feasible with the current oil price. However, when the oil price is higher, bio-oil will be one of the valuable alternative fuels.**

1) Penelitian ini menjadi salah satu pemenang pada Pogram P3SWOT Beasiswa Unggulan berdasarkan Surat Keputusan Nomor : 39487/A2.5/LN/2010, Biro Perencanaan dan Kerja sama Luar Negeri, Sekretariat Jenderal Kementerian Pendidikan Nasional di Jakarta

2) Arief Budiyanto, M.T. adalah alumni Magister Sistem Teknik UGM yang bekerja sebagai staf pengajar di SMK 1 Swayu Kabupaten Bantul,

## I. PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Tidak bisa dipungkiri, permasalahan utama yang muncul saat ini di Indonesia adalah krisis energi. Pertumbuhan penduduk serta perkembangan industri yang pesat menyebabkan peningkatan terhadap kebutuhan dan konsumsi BBM. Di sisi lain, produksi BBM yang berasal dari minyak bumi (*fossil fuel*) semakin menurun. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika banyak dijumpai masyarakat harus antri mendapatkan BBM.

Di sisi lain, permasalahan sampah juga menjadi salah satu isu penting saat ini. Masalah yang sering terjadi yaitu keterbatasan lahan tempat pembuangan akhir (TPA), sedangkan produksi sampah semakin lama semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia dan perubahan pola hidup, sehingga ada kecenderungan sampah kurang bisa diatasi dengan baik.

Salah satu jenis sampah yang sangat mengganggu adalah sampah organik, yaitu sampah yang mudah didegradasikan oleh alam, seperti daun, ranting, sisa makanan, dan sebagainya. Sampah ini jumlahnya sangat besar dan dapat menimbulkan bau busuk serta penyakit yang berbahaya jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, perlu diupayakan alternatif pemanfaatan sampah organik, misalnya sebagai sumber energi berupa bio-oil melalui proses pirolisis.

Bio-oil adalah bahan bakar cair berwarna gelap, beraroma seperti asap,

dan diproduksi dari *biomassa* seperti kayu, kulit kayu, kertas, atau *biomassa* lain melalui teknologi pirolisis cepat (*fast pyrolysis*). Bio-oil memiliki nilai kalor (*heating value*) yang lebih besar dibandingkan bahan bakar oksigenasi lainnya dan sedikit lebih rendah dibandingkan *diesel oil*.

Salah satu cara untuk mendapatkan bio-oil adalah melakukan pirolisis dengan sistem *fluidized bed* melalui penambahan gas inert dari luar. Akan tetapi, proses ini tidak ekonomis. Karena itu, perlu dipikirkan metode yang tepat untuk menggantikan gas *inert*, salah satunya adalah dengan mendaur ulang gas hasil pirolisis ke dalam reaktor untuk mempercepat transfer panas ke material, agar proses pemecahan bahan organik menjadi lebih sempurna. Melalui penelitian yang tepat, akan dihasilkan produk bio-oil yang lebih bernilai dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam jumlah yang signifikan.

### B. TINJAUAN PUSTAKA

Sampah organik yaitu sampah yang terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam dan mengandung senyawa-senyawa organik serta mudah diuraikan secara alami. Menurut Nisandi (2007), sampah organik dapat diubah menjadi arang dan produk cair melalui metode pirolisis. Pirolisis merupakan proses destilasi destruktif dari bahan organik yang berlangsung bila pemanasan dilaksanakan dalam sebuah bejana tertutup tanpa oksigen ( $O_2$ ). Ditinjau dari prosesnya, pirolisis dapat dibagi menjadi beberapa macam, yaitu *fast*

*pyrolysis*, *medium pyrolysis* dan *slow pyrolysis*.

Menurut Bridgewater (2007), *fast pyrolysis* merupakan sebuah proses dengan suhu tinggi, di mana *biomassa* dipanaskan secara cepat pada kondisi tanpa oksigen. Hasilnya berupa uap, aerosol dan sejumlah arang. Produksi cairan membutuhkan waktu tinggal uap yang sangat singkat untuk meminimalkan reaksi sekunder, yaitu sekitar 1 detik. Setelah pendinginan dan kondensasi, terbentuk cairan coklat gelap dengan nilai kalori setengah dari bahan bakar konvensional.

Jika dihubungkan dengan pirolisis tradisional yang menghasilkan arang, *fast pyrolysis* merupakan proses lanjut yang memerlukan kontrol khusus untuk menghasilkan cairan berkualitas tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa cairan berkualitas tinggi bisa dihasilkan dari proses dengan laju pemanasan cepat, suhu sekitar 500°C dan waktu tinggal uap yang singkat untuk mencegah

reaksi sekunder. Proses pirolisis cepat juga dikembangkan untuk memproduksi perasa makanan (untuk menggantikan proses *slow pyrolysis* tradisional yang menghasilkan produk dengan rendemen kecil), terutama bahan-bahan kimia dan bahan bakar.

Saat ini, pirolisis diarahkan untuk pembentukan bahan bakar cair menggunakan proses *fast pirolisis*. Produk utama, bio-oil, adalah campuran *miscible* dari bahan organik polar (sekitar 75-80%) yang tersusun dari senyawa-senyawa teroksidasi tinggi (*highly oxygenated compounds*) dan air (20-25%). Bio-oil bersifat asam dengan pH sekitar 3-4, nilai kalor sebesar 18.000 J/g, dan sifat-sifatnya mendekati *heavy fuel oil* (HFO). Kualitas bio-oil dipengaruhi oleh bahan baku, laju transfer panas, waktu reaksi dan suhu (Bridgewater, 2007).

Ada beberapa teknologi yang digunakan untuk menghasilkan bio-oil. Yang paling umum adalah *fluidized bed*.

Tabel 1.  
Spesifikasi bio-oil untuk bahan bakar

Properties	Spesifikasi	Keterangan
HHV	>70.000 BTU/Gal	Metode DINS 51900
Kandungan air	<25%	ASTM D1744
Viskositas	10-150 cP @ 50 C	ASTM D445
Spesifik gravity	1,2 @ 15 C	ASTM D4052
<b>Elemental analisis :</b>	<b>Range</b>	<b>Average</b>
Karbon	51,5-58,3	54,5
Hidrogen	5,5-6,8	6,4
Nitrogen	0,07-0,40	0,2
Sulfur	< 0,07	0,0005
Debu	0,13-0,21	0,16

Sumber : [www.dynamotive.com](http://www.dynamotive.com)

Dalam teknologi ini, partikel *biomassa* dimasukkan kedalam sebuah reaktor untuk difluidisasi oleh gas *inert* dari luar dengan laju alir tertentu. Laju perpindahan panas yang tinggi akan menghasilkan pemanasan cepat dari partikel *biomassa*. Keuntungan sistem ini adalah selain karena sistemnya tidak terlalu kompleks, rendemen bio-oil yang dihasilkan juga cukup besar, mencapai 75 % dan produknya mempunyai nilai kaloryang tinggi.

Akan tetapi, kesulitan utama adalah penyediaan gas untuk fluidisasi material. Salah satu alternatif adalah melakukan *recycle* gas produk ke dalam reaktor. Meskipun terdapat kesulitan dalam *recycle* gas terutama karena laju alirnya yang sangat lambat dan kemungkinan terjadi fluidisasi sangat kecil, adanya *recycle* gas akan memperluas permukaan kontak antara bahan baku dengan sumber panas sehingga kalor akan lebih mudah ditransfer dan produk yang dihasilkan lebih besar. (Brown & Jennifer, 1999)

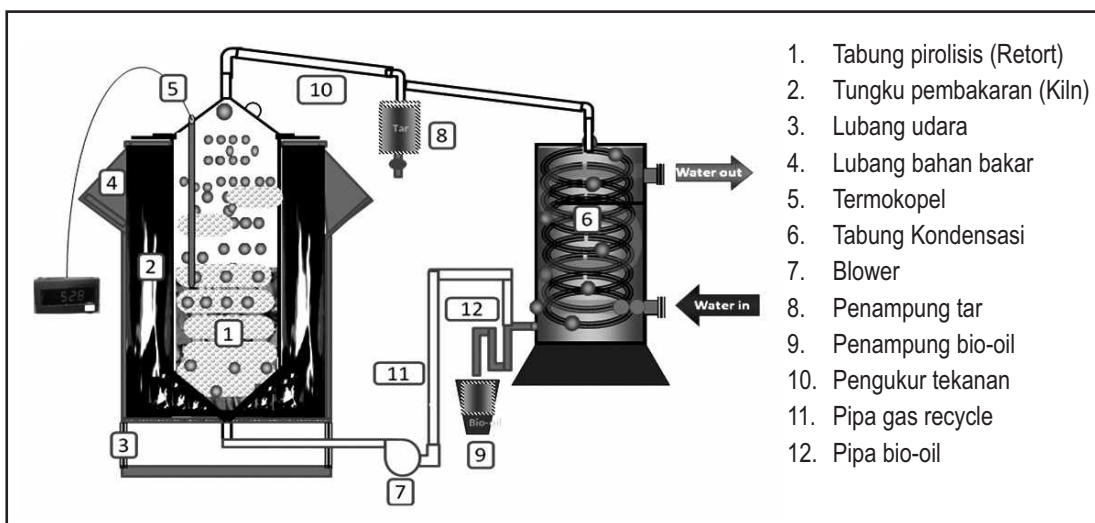
## C. METODE PENELITIAN

### 1. Bahan Penelitian

Bahan baku dari sampah organik berupa daun dan ranting tanaman angkana, mahoni dan mangga. Bahan baku tersebut dikeringkan sampai kadar air sekitar 15 %, kemudian dicacah sampai ukuran maksimal 10 cm. Di sisi lain, ranting dan jerami digunakan sebagai bahan bakar untuk proses pirolisis. Dalam satu kali pirolisis, digunakan bahan baku sebanyak 1 kg dan bahan bakar 5,5 kg.

### 2. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan berupa satu set alat pirolisis dilengkapi dengan *blower*, seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Satu set alat pirolisis

### 3. Jalannya Penelitian

Tahap pertama adalah memasukkan bahan baku yang telah disiapkan ke dalam tabung pirolisis (*retort*), kemudian memasang tutupnya yang telah dilengkapi indikator *temperature* dan *pressure*. Di sisi lain, bahan bakar yang disiapkan dimasukkan ke tungku pembakaran (*kiln*). Setelah itu, alat dirangkai dengan memasukkan *retort* ke dalam *kiln* dan memasang pipa uap untuk mengalirkan uap menuju kondensor, dan pipa *recycle* gas yang dilengkapi *blower* juga dipasang untuk mengalirkan gas dari kondensor ke *retort*.

Tahap kedua setelah peralatan terpasang adalah melakukan pembakaran, di mana penyalaan awal dilakukan dari bagian bawah *kiln* dengan membakar jerami yang mudah terbakar, sehingga bahan bakar yang terdapat di dalam *kiln* juga ikut terbakar dengan cepat. Pada saat pembakaran, dilakukan pengamatan terhadap suhu dan tekanan di dalam *retort* di mana suhu dijaga sekitar 500°C selama 1 jam, dengan cara memperkecil lubang udara *kiln* jika suhu naik lebih dari 500°C serta menambahkan bahan bakar apabila suhu turun di bawah 500°C.

Pada saat pirolisis, terjadi penguapan *volatile matter* dan penguraian bahan organik menghasilkan uap dan arang. Uap yang terbentuk dialirkan menuju kondensor untuk didinginkan agar terbentuk bio-oil, sedangkan sisa gas yang *non condensable* dialirkan kembali ke *reactor* menggunakan *blower* untuk mempercepat transfer panas dan menyempurnakan reaksi pembentukan

bio-oil. Sedangkan arang akan tertinggal di dalam *retort* dan akan dikeluarkan setelah selesai percobaan. Bio-oil yang terbentuk kemudian ditampung dalam penampung lalu diukur volume dan nilai kalornya.

### D. HASIL PENELITIAN.

#### 1. Karakteristik Bahan Baku

Untuk mengetahui kondisi awal bahan baku, dilakukan pengujian nilai kalor, kadar air dan kadar abu di Laboratorium Kimia dan Biokimia Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM, dengan hasil disajikan pada Tabel 2.

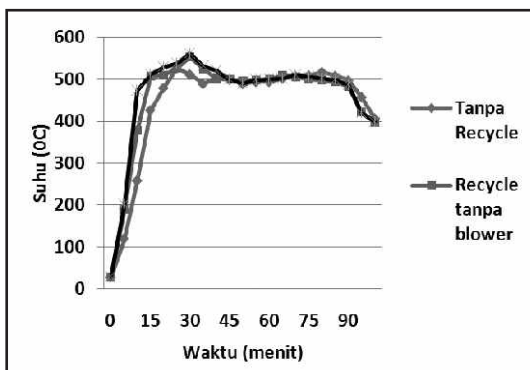
Tabel 2.  
Hasil analisa bahan baku

No	Analisa	Daun kering	Ranting kering
1	Nilai kalor (J/g)	14968	17083
2	Kadar Air (%)	12,53	14,56
3	Kadar Abu (%)	11,34	13,89

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai kalor campuran ranting kering tanaman angkana, mahoni dan mangga lebih besar daripada campuran daun kering tanaman yang sama. Begitu juga dengan kadar air dan kadar abu dari ranting kering yang lebih besar daripada daun kering. Hal ini disebabkan karena kandungan senyawa kimia di dalam ranting lebih kompleks dibandingkan kandungan kimia daun (Soenardi, 1995).

## 2. Proses Pirolisis

Bio-oil terbentuk pada pirolisis *biomassa* pada suhu sekitar 500°C selama 1 jam, di mana kenaikan suhu dari keadaan standar (30°C) ke suhu 500°C diusahakan terjadi secepat mungkin (Bridgewater, 2007). Pada penelitian ini, suhu 500°C tercapai pada waktu 20 menit, lebih cepat dari proses pirolisis biasa yang menghasilkan produk asap cair dan arang yang terjadi dalam waktu sekitar 90 menit (Nisandi, 2007). Proses kenaikan panas yang terjadi selama pirolisis ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Kenaikan suhu pada proses pirolisis

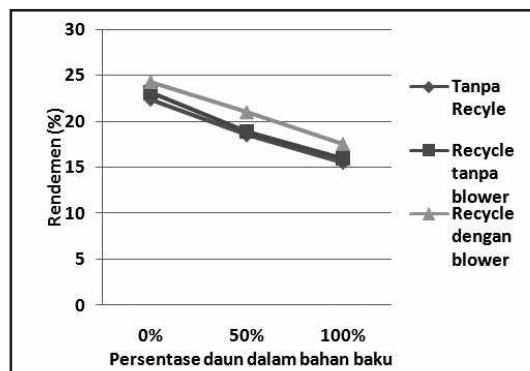
Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa adanya *recycle* gas dapat meningkatkan kecepatan kenaikan suhu. Hal ini disebabkan karena adanya aliran gas di dalam reaktor dapat memperbesar luas permukaan kontak sehingga kalor lebih mudah ditransfer ke permukaan material. Semakin mudah kalor diserap bahan, maka reaksi akan semakin cepat sehingga bio-oil yang terbentuk juga akan semakin bagus. (Bridgewater, 2007).

## 3. Pengaruh Bahan Baku dan Recycle Gas Terhadap Rendemen Bio-oil

Rendemen bio-oil yang dihasilkan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai rendemen tertinggi dihasilkan untuk bahan baku daun 0% (atau 100% ranting) pada pirolisis dengan *recycle gas* menggunakan *blower*, yaitu sebesar 24,3 %. Sedangkan rendemen terendah dihasilkan untuk bahan baku daun 100% (atau 0% ranting) pada pirolisis tanpa *recycle gas*, yaitu sebesar 15,5 %.

Tabel 3.  
Rendemen Bio-oil (%)

Variabel	Persentase daun dalam bahan baku total		
	0%	50%	100%
Tanpa Recycle	22,4	18,5	15,5
Recycle tanpa blower	23,2	18,9	16
Recycle dengan blower	24,3	21	17,5



Gambar 3.  
Pengaruh bahan baku dan *recycle* gas terhadap rendemen bio-oil

Rendemen bio-oil pada pirolisis dengan *recycle* gas menggunakan *blower* lebih tinggi disebabkan karena adanya *recycle* gas menyebabkan transfer panas dari bahan bakar ke bahan baku lebih cepat, sehingga reaksi pembentukan bio-oil lebih sempurna. Selain itu, penambahan *blower* dengan daya yang tepat dapat meningkatkan rendemen bio-oil, dibandingkan tanpa *blower*, karena gas bisa terdorong dengan lancar ke dalam tabung pirolisis.

Akan tetapi, rendemen bio-oil pada penelitian ini masih jauh di bawah rendemen yang dihasilkan pada proses *fluidized bed* yaitu sebesar 70% (Bridgewater, 2007). Hal ini disebabkan karena pada proses *fluidized bed* terjadi fluidisasi material yang berukuran sangat kecil di dalam reaktor dengan bantuan gas *inert* bertekanan tinggi, sehingga proses transfer panas bisa terjadi dengan sangat cepat, uap yang terbentuk juga semakin besar dan cepat terkondensasi. Hal ini berbeda dengan penelitian ini yaitu *recycle* gas hanya bisa dilakukan dengan *blower* berdaya kecil, karena jika daya *blower* terlalu cepat, ada kemungkinan udara dari luar akan ikut tertarik ke dalam reaktor yang akan menyebabkan terjadi reaksi sekunder yang dapat mengurangi bio-oil yang dihasilkan.

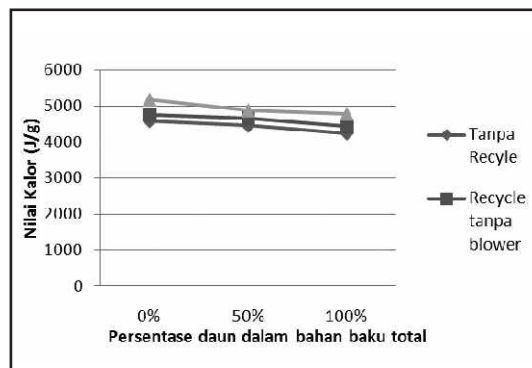
#### 4. Pengaruh Bahan Baku dan Recycle Gas terhadap Nilai Kalor Bio-oil

Nilai kalor bio-oil yang dihasilkan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 4. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai kalor tertinggi dihasilkan untuk bahan baku daun 0%

(atau 100% ranting) pada pirolisis dengan *recycle* gas menggunakan *blower*, yaitu sebesar 5175,35 J/g. Sedangkan nilai kalor terendah dihasilkan untuk bahan baku daun 100% (atau 0% ranting) pada pirolisis tanpa *recycle* gas, yaitu sebesar 4249,20 J/g.

Tabel 4.  
Nilai kalor bio-oil (J/g)

Variabel	Persentase daun dalam bahan baku total		
	0%	50%	100%
Tanpa Recycle	4579,96	4454,38	4249,20
Recycle tanpa blower	4757,88	4667,86	4445,31
Recycle dengan blower	5175,35	4876,06	4779,64



Gambar 4.  
Pengaruh bahan baku dan *recycle* gas terhadap nilai kalor bio-oil

Nilai kalor bio-oil dari pirolisis ranting lebih besar daripada daun, disebabkan karena bahan baku awal berupa ranting sebelum dipirolisis memiliki nilai kalor yang lebih besar dibandingkan daun. Nilai kalor bio-oil pada pirolisis dengan *recycle* gas menggunakan *blower* lebih tinggi disebabkan karena adanya *recycle* gas

menyebabkan transfer panas dari bahan bakar ke bahan baku lebih cepat, sehingga reaksi pembentukan bio-oil lebih sempurna dan dihasilkan bio-oil berkualitas lebih baik, terutama nilai kalornya. Selain itu, penambahan *blower* dengan daya yang tepat dapat meningkatkan nilai kalor bio-oil, dibandingkan tanpa *blower*, karena gas lebih mudah terdorong ke dalam tabung pirolisis.

Akan tetapi, nilai kalor bio-oil pada penelitian ini masih jauh dibawah rendemen yang dihasilkan pada proses *fluidized bed* yaitu sebesar 18.000 J/g (Bridgewater, 2007). Hal ini disebabkan pada proses *fluidized bed* terjadi fluidisasi material yang berukuran sangat kecil di dalam reaktor dengan bantuan gas inert bertekanan tinggi, sehingga proses transfer panas bisa terjadi dengan sangat cepat, uap yang terbentuk juga semakin besar dan cepat terkondensasi sehingga produk bio-oil mempunyai nilai kalor lebih tinggi. Hal ini berbeda dengan penelitian ini yaitu *recycle* gas hanya bisa dilakukan dengan *blower* berdaya kecil, karena jika daya *blower* terlalu cepat, ada kemungkinan udara dari luar akan ikut tertarik ke dalam reaktor yang akan menyebabkan terjadi reaksi sekunder yang dapat mengurangi kualitas bio-oil yang dihasilkan.

## 5. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan untuk melihat potensi ekonomi dari usaha bio-oil dari sampah organik. Dari perhitungan yang dilakukan, untuk menghasilkan bio-oil dengan kapasitas 200 liter per bulan, dibutuhkan investasi

alat senilai Rp. 10.700.000 dengan biaya produksi tetap sebesar Rp.196.250 dan biaya produksi variabel sebesar Rp. 730.000.

Pendapatan yang didapatkan dari penjualan produk utama bio-oil dan produk samping berupa arang adalah senilai Rp. 1.095.000, sehingga keuntungan yang didapatkan adalah Rp. 168.750 setiap bulan. Setelah dilakukan analisa kelayakan usaha, didapatkan nilai BEP sebesar 264,64 liter/bulan; B/C Ratio 1,18; ROI 1,58%; dan POT 5,28 tahun. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa prospek usaha bio-oil dari sampah organik untuk saat ini masih belum menjanjikan. Akan tetapi, jika harga BBM naik tinggi, bio-oil merupakan salah satu pilihan yang tepat untuk dikomersialisasikan.

## E. KESIMPULAN

1. Ranting kering akan menghasilkan bio-oil dengan rendemen dan nilai kalor yang lebih besar daripada daun kering.
2. Adanya *recycle* gas bisa meningkatkan rendemen dan nilai kalor bio-oil yang dihasilkan. Rendemen dan nilai kalor terbesar didapatkan pada proses pirolisis dengan *recycle* gas menggunakan *blower*, yaitu 24,3 % dan 5175,35 J/g
3. Dari analisa ekonomi yang dilakukan, pembuatan bio-oil dari sampah organik memiliki BEP 264,64 liter/bulan; B/C Ratio 1,18; ROI 1,58%; dan POT 5,28 tahun.



### **DAFTAR PUSTAKA**

- Biro Pusat Statistik, 2002. *Data Penanganan Sampah di Indonesia Tahun 2001*. Jakarta.
- Blasi, C.D., 2000. "Modelling The Fast Pyrolysis of Cellulosic Particles In Fluid Bed Reactor", *Chem.Eng.Sc.*, 55, 5999 – 6013.
- Bridgewater, 2007. *Biomass Fast Pyrolysis*. Aston University, Birmingham.
- Brown & Jenifer, 1999. *Fast Pyrolysis and Biooil Upgrading*. Iowa State University, Iowa.
- Dewan Riset Nasional, 2006. *Agenda Riset Nasional 2006-2009*. Jakarta.
- Hambali, E., 2007. *Teknologi Bioenergi*. Agro Media, Jakarta.
- Hadiwiyoto, 1987. *Energi*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hindarso & Maukar. 1997. "Konversi Biomassa menjadi Bioarang". USU, Medan.
- Kadir. A., 1987. *Energi*. Penerbit Universitas Indonesia, UI Pres, Jakarta.
- Klass, D.L., 1990. *Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals*. Entcch International Inc., London.
- Komar A, 1984 . *Teknologi Pengolahan Jerami Sebagai Makanan Ternak*. Yayasan Dian Grahita, Indonesia.
- Kristy M., *Biooils: Feedstocks, Process and Potential for Synthetic Diesel*. BBI International, Colorado.
- Laporan Rekapitulasi Pengangkutan Sampah, Dinas Kimpraswilhub Kabupaten Sleman, 2009
- Laporan Rekapitulasi Pohon Perindang, Dinas Kimpraswilhub Kabupaten Sleman, 2008
- Nisandi. 2007. "Pengaruh Massa Bahan dalam Ruang Pengarangan serta Komposisi Campuran Bahan terhadap Kualitas Briket Arang yang Dihasilkan pada Pirolisis Sampah Organik". Thesis Teknologi Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah/limbah Perkotaan (TP2SLP) Magister Sistem Teknik (MST) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Departemen Pekerjaan Umum, 2007. *Presentasi Teknologi Pengolahan Sampah*. Bandung, 2007

Subroto, 2006. *Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara, Ampas Tebu dan Jerami*. [http://eprints.ums.ac.id/579/1/1.\\_subroto.pdf](http://eprints.ums.ac.id/579/1/1._subroto.pdf).

Sekretariat Negara RI, 2006. *Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional 2006-2025*. Jakarta.

Soenardi, 1995. *Kimia Kayu*, Bagian Penerbitan Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta. [www.dynamotive.com](http://www.dynamotive.com)

[www.unhas.ac.id/index.php?menu=isi\\_berita&id=392](http://www.unhas.ac.id/index.php?menu=isi_berita&id=392)