

**BIO OIL DARI PIROLISIS LAMBAT SEKAM PADI BASAH:
SIFAT FISIK DAN UNSUR KIMIA**Suyitno¹, Zainal Arifin¹, Syamsul Hadi¹, Yuniawan Hidayat²¹ Staf Pengajar - Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UNS² Staf Pengajar - Jurusan Kimia - Fakultas MIPA UNS**Keywords :***Bio Oil
Wet Rice Husk
Slow Pyrolysis***Abstract :**

The aim of this research is to investigate the characteristic of bio oil obtained from slow pyrolysis of wet rice husk. The focus of this research is on the chemical and the physical characteristics of bio oil from slow pyrolysis of wet rice husk. The research was conducted experimentally in the laboratory. The construction of the slow pyrolysis reactor was an externally heating double pipe counter current flow heat exchanger. The rice husk entered the reactor using screw conveyor. The mass flow rate of rice husk was 5 kg/h. The reactor temperature at the wall near the flame source was controlled at 300, 400, and 500°C. The moisture content of the rice husk was 20%. The substances in the bio oil was detected by GCMS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) and showed that more than 15 substances were detected. The bio oil was not stable in storage more than seven days.

PENDAHULUAN

Sekam padi merupakan jenis biomasa yang persediaannya melimpah di Jawa Tengah. Sekam padi dapat menjadi salah satu sumber energi alternatif yang menjanjikan karena ketersediaan dari biomasa itu sendiri yang cukup berlimpah dan relatif murah serta biomasa sebagai salah satu energi yang dapat diperbaharui.

Proses pirolisis adalah proses penguraian biomasa tanpa adanya oksigen yang menghasilkan padatan, cairan dan gas (Babu et al, 2004). Produk utama yang dihasilkan dari pirolisis adalah arang, minyak dan gas. Arang dapat digunakan dalam pembakaran dan sebagai penghasil karbon. Minyak yang dihasilkan dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar. Gas yang dihasilkan dapat langsung digunakan untuk pembakaran.

Komponen utama biomasa adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Setiap komponen memiliki perbedaan struktur, komposisi elemen dan perlakuan panas. Proses pirolisis biomasa adalah jumlah keseluruhan dari proses pirolisis dari setiap komponennya seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Parameter utama yang mempengaruhi pirolisis adalah temperatur, laju pemanasan, waktu tinggal padatan, waktu tinggal volatil, ukuran partikel dan kerapatan dari partikel (Babu et al, 2004).

Berdasarkan laju pemanasan, pirolisis dapat dibedakan menjadi *fast/flash pyrolysis* dan *slow pyrolysis*. *Fast pyrolysis* dapat digunakan untuk memaksimalkan hasil bahan bakar cair (Rabe, 2005). Selain berdasar laju pemanasan, pirolisis juga dapat dibedakan berdasarkan tekanan operasinya. Berdasar tekanan operasinya pirolisis dibagi menjadi pirolisis pada suhu atmosfer serta *vacuum pyrolysis*.

Pirolisis vakum ini bisa digunakan untuk mengubah biomasa yang sudah tidak berguna seperti karet ataupun plastik bekas serta limbah padat menjadi produk yang lebih berguna (Rabe, 2005).

TINJAUAN PUSTAKA

Besler & Williams (1996) meneliti bahwa pada saat proses pirolisis, selulosa terdekomposisi pada temperatur antara 325 °C dan 400 °C, hemiselulosa terdekomposisi antara suhu 250 °C dan 350 °C dan lignin mulai terdekomposisi pada suhu 200 °C dan terus terdekomposisi sampai suhunya mencapai 700 °C. Hasil ini menunjukkan bahwa dekomposisi primer terjadi pada temperatur antara 250 °C dan 450 °C (Besler et al, 1996).

Penelitian awal tentang dekomposisi pada pirolisis cepat diteliti oleh Peters et al (1985). Efek dari laju pemanasan, temperatur dan waktu tinggal padatan diteliti. Penelitian ini menghasilkan bahwa 95% selulosa terdekomposisi pada temperatur antara 500 °C dan 750 °C dengan laju pemanasan adalah 1000 °C/s. Setelah temperatur 750 °C, hasil dari *char* menurun. Juga diketahui bahwa hasil dari tar yang terjadi sebesar 83% pada suhu 400 °C dan menurun menjadi 49% pada suhu 1000 °C. Ini dikarenakan adanya reaksi tar sekunder yang terjadi pada temperatur yang lebih tinggi. Diatas suhu 750 °C hasil dari *char* menurun dari 6% menjadi 3%. Ketika terjadi kenaikan temperatur diatas 900 °C hasil dari *char* kembali naik menjadi 4%. Hal ini mengindikasikan bahwa pada temperatur diatas 900 °C terjadi reaksi repolimerisasi dan menghasilkan kenaikan pada *char*. Hasil dari pemecahan selulosa pada 300 – 600 °C kebanyakan menghasilkan senyawa *oxygenated* seperti *acetaldehyde*. Seiring dengan kenaikan temperatur yang melebihi 600 °C

menghasilkan gas hidrokarbon yang meningkat, hal ini mengindikasikan adanya reaksi tar sekunder. Kemudian seiring kenaikan waktu tinggal padatan, jumlah tar yang dihasilkan meningkat sampai dengan suhu 800 °C. Lebih dari temperatur ini waktu tinggal padatan tidak memiliki pengaruh yang berarti. Sampai dengan temperatur 750 °C dan waktu tinggal yang pendek, meningkatnya laju pemanasan akan menurunkan tar yang dihasilkan, karena pada laju pemanasan yang tinggi dan waktu tinggal yang pendek akan menyebabkan devolatilisasi tidak terjadi sempurna dan produk tar yang dihasilkan akan terurai secepat ketika mereka terbentuk (Peters et al, 1995).

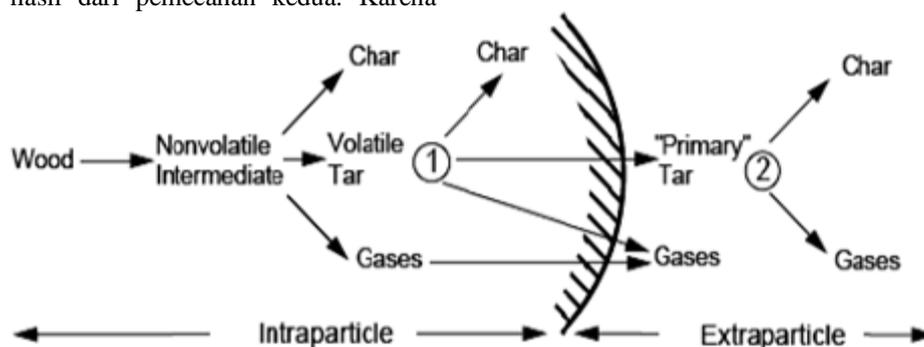
Efek dari temperatur dan laju pemanasan pada pirolisis lambat telah diteliti oleh Besler & Williams (1996). Laju pemanasan yang digunakan antara 5 °C/min dan 80 °C/min dengan temperatur 300 °C dan 750 °C. Diteliti bahwa ketika laju pemanasan bertambah maka hasil dari *char* akan menurun. Gas utama yang dihasilkan pada temperatur antara 200 dan 400 °C adalah CO dan CO₂ namun pada temperatur yang lebih tinggi konsentrasi yang rendah dari gas hidrokarbon juga ditemukan. Ketika laju pemanasan dinaikkan, jumlah dari gas seperti CO, CO₂, CH₄ dan lainnya meningkat. Ini menandakan bahwa pada laju pemanasan yang lebih tinggi cenderung menghasilkan gas hidrokarbon.

Slow pyrolysis dari biomasa dilakukan pada laju pemanasan kurang dari 100 °C/menit. Mekanisme reaksi yang terjadi dan produk yang dihasilkan sangat berbeda dengan *fast* dan *flash pyrolysis*. Banyak produk yang berharga yang dihasilkan selama *slow pyrolysis*. Produk utama yang dihasilkan selama *slow pyrolysis* adalah *char* dan *bio oil*. *Char* dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam aplikasi pembakaran. Bersama dengan *oil* dan *char*, pada temperatur yang lebih tinggi maka akan didapatkan gas sebagai hasil dari pemecahan kedua. Karena

besarnya cakupan produk banyak keuntungan yang didapatkan dari *slow pyrolysis*. Efek dari temperatur, laju pemanasan dan waktu tinggal adalah unsur penting pada *slow pyrolysis*.

Efek dari temperatur dan laju pemanasan pada *slow pyrolysis* dari biomasa telah diteliti oleh (Besler & William 1996) laju pemanasan antara 5 °C/min dan 80 °C/min digunakan dan temperatur antara 300 °C dan 750 °C. Volatil yang dihasilkan dihilangkan dengan nitrogen sebagai gas pembawa dan produk yang dihasilkan secara luas lebih memuaskan. Telah diteliti bahwa ketika laju pemanasan dinaikkan maka *char* akan menurun. Produk gas yang dihasilkan pada temperatur antara 200 °C dan 400 °C adalah CO dan CO₂ sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi konsentrasi yang rendah dari gas hidrokarbon juga diamati. Ketika laju pemanasan meningkat banyaknya gas seperti CO, CO₂, CH₄, C₂H₆ dan lainnya meningkat. Itu menunjukkan bahwa laju pemanasan yang lebih tinggi akan melepaskan gas hidrokarbon. Begitu juga *oil* dan produk cairan meningkat seiring dengan kenaikan laju pemanasan. Temperatur memiliki efek signifikan terhadap hasil produk. Pada temperatur yang lebih tinggi maka hasil produk akan semakin banyak dan sedikit *char*.

Dengan adanya kenaikan temperatur maka akan ada kenaikan energi yang pada akhirnya akan memungkinkan terjadinya reaksi tar sekunder diluar partikel sehingga akan terjadi pemisahan *tar* menjadi gas dan padatan yang selanjutnya akan menurunkan kadar *tar* yang terkandung sehingga menyebabkan penurunan *bio oil* dan kenaikan padatan serta gas (lihat Gambar 1). Perbandingan konsentrasi produk dari reaksi primer dan sekunder pirolisis mengindikasikan bahwa aktivitas dari reaksi primer lebih signifikan bila dibandingkan dengan reaksi sekunder (Chaurasia et al, 2005).



Gambar 1. Dekomposisi *intraparticle* dan *extraparticle* padatan yang berhubungan dengan konversi tar (Morf, 2001).

METODOLOGI PENELITIAN

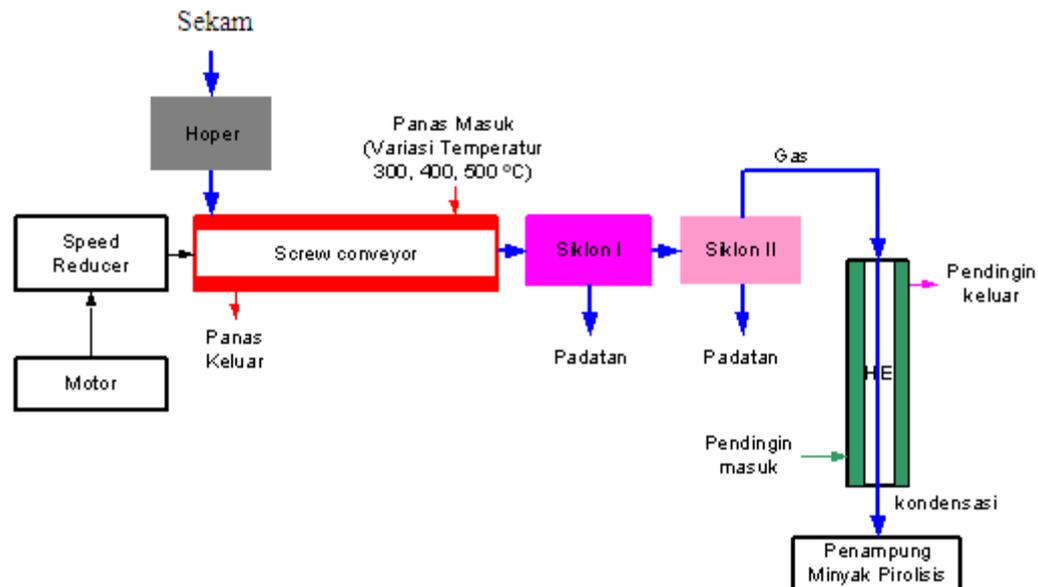
Penelitian dilakukan secara eksperimen. Peralatan pirolisis yang dimiliki oleh laboratorium Perpindahan Panas Jurusan Teknik Mesin FT UNS adalah berupa *externally heated counter current flow heat exchanger* dengan panjang reaktor 1 m. Panas

yang diperlukan untuk proses pirolisis diperoleh dari pembakaran LPG. Pada proses pirolisis, kondisi yang dibuat tetap adalah temperatur reaktor sebesar 300, 400 dan 500 °C, laju pemasukan sekam padi sebesar 5 kg/jam dan kadar air sekam padi sekitar 20% (sekam padi basah). Kadar air dalam sekam padi

akan diukur dengan menggunakan *moisture tester* merk AND dimana sekam padi dipanaskan sampai sekitar 105 °C hingga laju penguapannya 0,05%/menit sampai tidak terjadi perubahan massanya.

Gas hasil pirolisis kemudian dipisahkan dengan *char* (arang) secara gravitasi dalam suatu peralatan yang mirip siklon. Gas dari siklon kemudian

dikondensasi dengan menggunakan unit pendingin. Beberapa pengujian pasca proses pirolisis adalah analisis produk pirolisis, viskositas *bio oil*, nilai kalor, dan komponen penyusun *bio oil*. Mekanisme pengujian pirolisis sekam padi dapat dilihat pada Gambar 2.

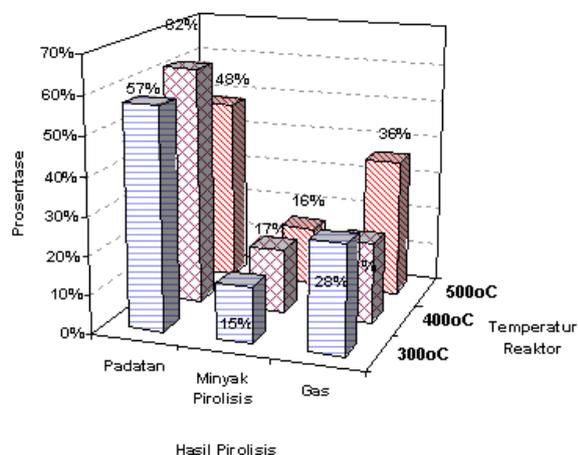


Gambar 2. Skema alat pengujian pirolisis sekam padi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

➤ Produk Pirolisis

Setelah dilakukan proses pirolisis pada sekam padi dengan kapasitas pemasukan sekam padi sebesar 5 kg/jam dan kadar air 20% dengan menggunakan temperatur dinding reaktor 300, 400 dan 500 °C didapatkan hasil pirolisis seperti dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pirolisis sekam padi kapasitas 5 kg/jam, kadar air 20%.

Dengan kadar air rata-rata sekam padi 20% terlihat bahwa proses pemanasan sekam padi memerlukan waktu yang lama. Akibatnya pada temperatur 300 °C dan 400 °C sekam yang terdekomposisi hanya sedikit. Pada Gambar 3 terlihat bahwa pada temperatur reaktor 400 °C, jumlah padatan yang tersisa lebih banyak. Hal ini disebabkan karena sekam yang digunakan mempunyai kadar air yang tinggi. Pada temperatur 500 °C proses dekomposisi sekam padi terlihat semakin baik dan dibuktikan dengan semakin sedikitnya padatan yang dihasilkan yaitu sebesar 48% dan kadar gas sebesar 36%. Pada temperatur 500 °C terjadi penurunan kadar *bio oil* yang dihasilkan karena adanya reaksi tar sekunder.

➤ Viskositas

Data viskositas dari *bio oil* hasil pirolisis lambat sekam padi dapat dilihat pada Tabel 1. Terlihat bahwa viskositas *bio oil* lebih besar dari viskositas air. Hal ini menunjukkan bahwa *bio oil* lebih kental dibandingkan air. Viskositas *bio oil* rata-rata dari seluruh sampel adalah sekitar 0,82 cP (0,82 g/m.s). Sedangkan dibandingkan dengan viskositas fluida yang lain dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Viskositas *bio oil*.

Laju massa sekam	T _{wall}	Kadar air sekam	Waktu air (s)	Waktu PO (s)	Visk _{air} (cP)	Visk _{PO} (cP)
5 kg/jam	300 °C	20%	5,47	5,75	0,78	0,82
5 kg/jam	400 °C	20%	5,47	5,76	0,78	0,82
5 kg/jam	500 °C	20%	5,47	5,85	0,78	0,83
Rata-rata						0,82

Tabel 2. Viskositas beberapa bahan bakar minyak dan pelumas.

No	Zat	Viskositas
1	<i>Bio oil</i>	0,82 cP
2	Air	1 - 5 cP
3	Bensin	1,12 - 4,42 cP pada 20 °C
4	Solar	2,8 - 4,42 cP pada 20 °C
5	<i>Kerosene</i>	10 cP
6	Oli motor SAE 10	50 - 100 cP
7	Oli motor SAE 30	150 - 200 cP
8	Oli motor SAE 40	250 - 500 cP
9	Oli motor SAE 60 / Gliserin	1.000 - 2.000 cP

Pengukuran viskositas *bio oil* setelah disimpan selama beberapa hari dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh *bio oil* akan mengendap. Karena *bio oil* yang dihasilkan akan cenderung mengendap dan mengental setelah disimpan selama beberapa hari. Terlihat bahwa dalam satu minggu hanya terdapat sedikit minyak pirolisis yang mengendap. Pada hampir semua sampel terlihat bahwa pengendapan mulai terjadi setelah disimpan lebih dari satu minggu. Setelah disimpan 14 hari, viskositas *bio oil* menjadi 3,29 cP.

Tabel 3. Viskositas *bio oil* setelah disimpan beberapa hari.

Laju massa sekam	5 kg/jam	5 kg/jam	5kg/jam
T _{wall}	300 °C	400 °C	500 °C
Kadar air sekam	0,21	0,20	0,20
Lama disimpan (hari)	5	11	14
Visk _{PO} (cP)	0,82	4,98	3,29

Densitas (kg/m³)

Harga massa jenis minyak pirolisis sesaat setelah pengujian menunjukkan harga massa jenis minyak pirolisis adalah berkisar antara 987 - 1004 kg/m³ dengan rata-rata 995,3 kg/m³.

Setelah lebih dari 1 bulan disimpan, terjadi pengendapan *bio oil*. *Bio oil* terpisah menjadi dua bagian yaitu bagian atas dan bagian bawah. Hal ini menunjukkan bahwa *bio oil* tidak stabil dalam penyimpanan lebih dari 15 hari dan

mulai terlihat memisah dengan jelas setelah 1 bulan. Rata - rata massa jenis *bio oil* bagian atas adalah 770 kg/m³. Rata-rata massa jenis *bio oil* bagian bawah adalah 858 kg/m³.

Tabel 4. Massa jenis *bio oil* setelah disimpan kurang dari 15 hari.

Parameter Pengujian			Massa Jenis (kg/m ³)
5 kg/jam	300 °C	20	987
5 kg/jam	400 °C	20	995
5 kg/jam	500 °C	20	1004
Rata - rata			995,3

Nilai kalor

Dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa nilai kalor *bio oil* termasuk rendah. Rata-rata nilai kalor dari *bio oil* yang dihasilkan sebesar 1,2 MJ/kg. Harga ini tergolong sangat rendah karena *bio oil* ini belum dilakukan pengolahan (*treatment*) dan masih banyak mengandung air kondensat. *Bio oil* dengan nilai kalor 1,2 MJ/kg tidak layak digunakan sebagai bahan bakar. Untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, *bio oil* mentah yang masih bercampur dengan air diolah kembali untuk *upgrading*. Pengolahan yang dilakukan adalah dengan memanaskan kembali *bio oil* pada temperatur 105°C. Hasil dari *bio oil* yang telah diolah mempunyai nilai kalor 27,6 MJ/kg. Nilai kalor *bio oil* yang dihasilkan cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Unsur kimia

Pada pengujian unsur kimia dilakukan terhadap sampel pada saat pengujian dengan temperatur dinding 400 °C. Hal ini dimaksudkan untuk

mengetahui unsur kimia yang terkandung didalam *bio oil*. Pengujian unsur kimia pada *bio oil* menggunakan alat GC - MS dengan merek QP2010S SHIMADZU.

Data unsur penyusun untuk minyak pirolisis dari sekam yang mempunyai kapasitas 5 kg/jam, kadar air sekitar 20% dan temperatur reaktor 400 °C dapat dilihat pada Tabel 5. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa unsur penyusun utama *bio oil*

adalah acetic acid ($C_2H_4O_2$) 11,03%, kelompok phenol 49,67%, kelompok furan 16,36%, cyclopentanedione 5,61%, hexadecanoic acid 3,24%, acetol 3,48%, benzene 2,0%, dan cinerin 0,49%. Hal ini menunjukkan bahwa *bio oil* lebih sulit dinyalakan karena memiliki kadar phenol yang lebih tinggi serta korosif dan berbau tar yang manis seperti pada sifat phenol yang merupakan unsur penyusun utamanya.

Tabel 5. Unsur penyusun *bio oil* kapasitas 5 kg/jam, kadar air 20% dan temperatur reaktor 400°C.

Nama unsur penyusun		MW (g/mol)	%
Acetic Acid (CAS) Ethylic Acid	$C_2H_4O_2$	60	11,03
Phenol, 4-methoxy (CAS) Hqmme	$C_7H_8O_2$	124	10,38
Phenol, 4-ethyl (CAS) p-Ethylphenol	$C_8H_{10}O$	122	7,99
2,3-Dihydro-benzofuran atau Benzofuran, 2,3-dihydro-(CAS) 2,3-Dihydrobenzofuran	C_8H_8O	120	7,56
Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-(CAS) Eugenol	$C_{10}H_{12}O_2$	164	6,6
2-methoxy-4-methylphenol	$C_8H_{10}O_2$	138	6,36
2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural	$C_5H_4O_2$	96	5,54
Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-(CAS) p-Ethylguaiaicol	$C_9H_{12}O_2$	152	5,37
Phenol, 4-ethenyl-2-methoxy	$C_9H_{10}O_2$	150	5,19
Phenol (CAS) Izal	C_6H_6O	94	4,69
Phenol, 3-methyl-	C_7H_8O	108	3,97
2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl-2-(2-pentenyl)	$C_{11}H_{16}O$	164	2,9
2-Propanone, 1-hydroxy-(CAS) Acetol	$C_3H_6O_2$	74	2,62
Hexadecanoic Acid (CAS) Palmitic Acid	$C_{16}H_{32}O_2$	256	2,49
Phenol, 2-methyl	C_7H_8O	108	1,65
Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-(CAS) 4-Allyl-2,6-dimethoxyphenol	$C_{11}H_{14}O_3$	194	1,22
2-Furanmethanol (CAS) Furfuryl alcohol	$C_5H_6O_2$	98	1,12
Cyclopenten-1-one, 3-methyl-2-(2-pentenyl)	$C_{11}H_{16}O$	164	1,11
Furanmethanol (CAS) Furfuryl alcohol	$C_5H_6O_2$	98	0,94
Benzene, methyl-(CAS) Toluene	C_7H_8	92	0,92
Benzene, 1-ethyl-4-methoxy	$C_9H_{12}O$	136	0,92
Furan,2,5-dymethyl	C_6H_8O	96	0,89
2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl	C_6H_8O	96	0,89
Propanone, 1-hydroxy-(CAS) Acetol	$C_3H_6O_2$	74	0,86
1,2-Cyclopentanedione, 3-methyl-	$C_6H_8O_2$	112	0,85
Phenol (CAS) Izal	C_6H_6O	94	0,76
1,2-Cyclopentanedione, 3-methyl-	$C_6H_8O_2$	112	0,71
Phenol, 4-ethyl (CAS) p-Ethylphenol	$C_8H_{10}O$	122	0,68
Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-(CAS) 4-Allyl-2,6-dimethoxyphenol	$C_{11}H_{14}O_3$	194	0,67
Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-(CAS) Eugenol	$C_{10}H_{12}O_2$	164	0,5
Cinerin I; (R)-3-(but-2-enyl)-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl(R)-trans-chrysanthermate	$C_{21}H_{30}O_3$	330	0,49
1,2-Cyclopentanedione, 3-methyl-	$C_6H_8O_2$	112	0,39
Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate	$C_{17}H_{34}O_2$	270	0,38
Hexadecane (CAS) n-Hexadecane	$C_{16}H_{34}$	226	0,37
Cyclopentanone	C_5H_8O	84	0,36
Furan,2,5-dymethyl	C_6H_8O	96	0,31
Benzene, methyl-(CAS) Toluene	C_7H_8	92	0,27
2-Propanone, 1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)	$C_{10}H_{12}O_3$	180	0,05

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan berupa pirolisis lambat sekam padi bawah dengan kadar air 20% dan pengujian karakteristik *bio oil* yang dihasilkan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Viskositas rata - rata *bio oil* sekam padi lebih tinggi dibandingkan dengan air yaitu sebesar 0,82 cP.
2. Massa jenis rata-rata *bio oil* dalam penyimpanan kurang dari 15 hari sebesar $995,3 \text{ kg/m}^3$.
3. Setelah penyimpanan lebih dari 1 bulan maka, *bio oil* akan terpisah menjadi 2 bagian yaitu bagian atas dan bagian bawah.
4. Unsur penyusun utama *bio oil* sekam padi adalah acetic acid, kelompok phenol, dan kelompok furan.

DAFTAR PUSTAKA

- Babu B. V. and Chaurasia A. S., 2004, "Pyrolysis of Biomass: Improved Models for Simultaneous Kinetics and Transport of Heat, Mass, and Momentum", *Journal Energy Conversion and Management*, Vol. 45, pp. 1297-1327.
- Besler S. and Williams T.P., 1996, "The Influence of Temperature and Heating Rate on The Slow Pyrolysis of Biomass", *Journal Renewable Energy*.
- Chaurasia. A.S and Babu. B.V, 2005, *Modeling & Simulation of Pyrolysis of Biomass: Effect of Thermal Conductivity, Reactor Temperatur and Particle Size on Product Concentrations*, Pilani, India.
- Morf P. O., 2001, *Secondary Reactions of Tar During Thermochemical Biomass*.
- Peters J.H., 1995, "The Copyrolysis of Poly Vinyl Chloride with Cellulose Derived Materials as a Models for Municipal Solid Waste Derived Chars", *Journal Fuel*.
- Rabe R.C., 2005, *A Model for the Vacuum Pyrolysis of Biomass*, Stellenbosch, South Africa.