

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. wb. Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan nikmat, rahmat, hidayah dan karunia yang telah diberikan, juga sholawat serta salam penulis tujukan kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **“pengaruh temperatur pirolisis terhadap kualitas tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni”**

Penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih kepada :

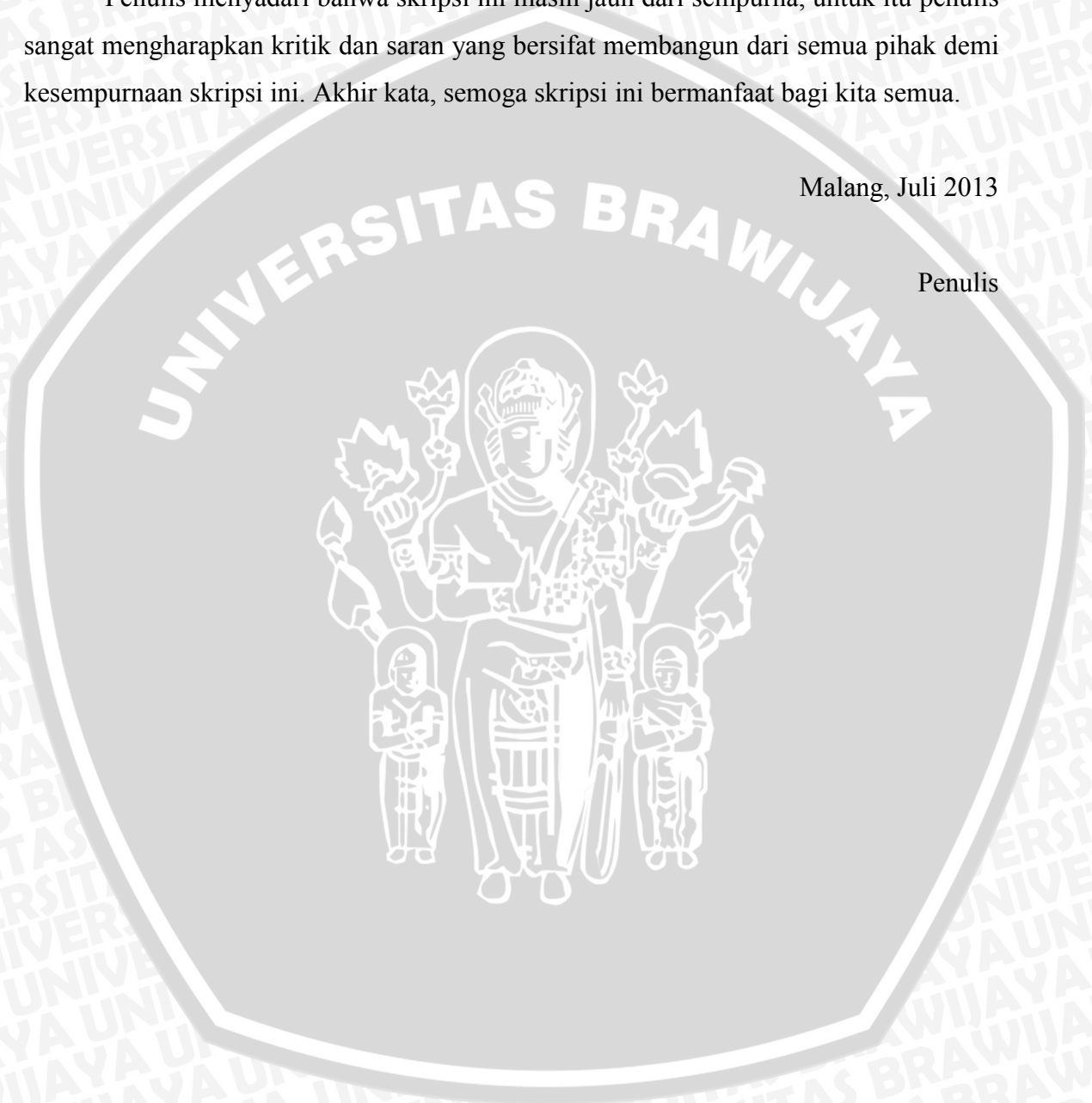
1. Bapak Nanang Sugianto (Alm), Ibu Nur Rohmi, Bagus Veryanto, Bapak Hj. Ali Mashadi dan Bapak Sukadi selaku keluarga serta wali saya yang selalu memberikan dukungan moril maupun materiil serta memberikan semangat.
2. Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
3. Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Agung Sugeng W., ST., MT., Ph.D. Selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
5. Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing I.
6. Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing II.
7. Bapak Dr. Ir. Handono S, MT, selaku dosen wali saya yang telah memberikan saya masukan dan motivasi selama kuliah.
8. Seluruh Staf Pengajar dan Administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
9. Sahabat saya Andre Dwiky, M. Yogie W, Fanandy K dan Syaiful Haqqi yang telah memberikan motivasi ketika jatuh dan menjadi teman diskusi.
10. Teman-teman angkatan 2009 (**BLACK MAMBA**) semuanya, terima kasih atas dukungannya.
11. Keluarga besar Laboratorium Mesin Pendingin Teknik Mesin FT-UB, Andi Put, Andi P, Arif M, Bernadus, dan mas-mas yang telah lulus yang membantu memberi semangat.
12. Teman-teman kontrakan saya yang tidak henti-hentinya membantu memberi dorongan.

13. Lailatul Urusyah yang selalu memberikan semangat dan sabar berada di samping saya
14. Seluruh pihak-pihak yang turut membantu atas terselesaikannya tugas akhir ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Juli 2013

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
RINGKASAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Serbuk Kayu.....	4
2.3 Komponen utama serbuk kayu.....	6
2.3.1 Selulosa.....	6
2.3.2 Hemiselulosa.....	6
2.3.3 Lignin.....	6
2.4 Pirolisis	7
2.5 <i>Conventional Pyrolysis</i>	10
2.6 Bahan Bakar.....	11
2.7 Enthalpy.....	11
2.8 Tar.....	11
2.9 Kalor	13
2.10 Nilai Kalor	13
2.11 Proses Pemisahan Komponen dalam Campuran.....	13
2.12 Destilasi.....	19
2.13 Hipotesa	20

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian 21

3.2 Variabel Penelitian 21

3.3 Alat-alat Penelitian 21

3.4 Alat Utama 21

3.5 Spesimen Uji 28

3.6 Tempat Penelitian 28

3.7 Prosedur Penelitian 29

3.8 Diagram Alir Penelitian 32

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil 33

4.3 Pembahasan 33

 4.3.1 Analisa Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Massa Tar 34

 4.3.2 Analisa Grafik Pengaruh Temperatur dengan Nilai Kalor
 Tar Hasil Pirolisis 36

 4.3.3 Analisa Grafik Pengaruh Temperatur Pirolisis
 terhadap Volume Tar Hasil Pirolisis 37

 4.3.4 Analisa Grafik Hubungan antara Massa Tar
 Hasil Pirolisis dengan Nilai Kalor 39

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 41

5.2 Saran 41

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

RINGKASAN

Lutfi Lailunnazar, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2013, Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Kualitar Tar Hail Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni, Dosen Pembimbing: Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT, Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu zat atau material melalui pemanasan tanpa atau jumlah oksigen yang ikut dalam pembakaran jauh sangat sedikit jumlahnya dari yang dibutuhkan. Proses pirolisis ini melakukan dekomposisi pada suhu tinggi. Pada umumnya proses dekomposisi pada pirolisis dimulai pada suhu di atas 200°C dan akan berakhir di suhu 450°C-500°C tergantung dari jenis serbuk kayu yang digunakan.

Serbuk kayu merupakan limbah yang banyak dibuang dari sisa-sisa penebangan kayu maupun sisa-sisa pembuatan bahan jadi yang terbuat dari kayu. Serbuk kayu selama ini hanya dimanfaatkan untuk media tanam untuk jamur dan juga untuk bahan baku pembuatan pakan ternak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap kualitas tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni. Kualitas tar yang dimaksud meliputi massa dan nilai kalor saja dalam penelitian ini. Untuk mendapatkan kualitas tar yang baik, dalam penelitian ini memvariasikan temperatur pirolisis sebesar 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C dengan massa serbuk kayu yang akan di pirolisis sebesar 70 gram untuk tiap variasi. Peningkatan temperatur pirolisis mempengaruhi nilai dari massa dan nilai kalor tar yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan di dalam serbuk kayu mahoni terdapat komponen utama yaitu hemiselulosa, selulosa dan lignin yang akan terdekomposisi pada temperatur tertentu yang berbeda-beda tiap masing-masing komponennya.

Dengan meningkatnya temperatur pirolisis maka massa tar yang terbentuk akan meningkat pada semua titik. Peningkatan tertinggi terjadi di titik 500°C di mana peningkatan terjadi sebanyak 4 kali lipat dibandingkan dengan titik 450°C. Sedangkan untuk nilai kalor dari tar pada titik 250°C, 350°C, 450°C nilai dari nilai kalor tar hasil pirolisis meningkat namun pada titik 500°C terjadi penurunan nilai kalor sebesar 70 kali lipat dibandingkan dengan titik 450°C.

Kata Kunci : Pirolisis, Serbuk Kayu Mahoni, Temperatur, Kualitas Tar

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar merupakan kebutuhan yang sangat penting di jaman modern ini. Banyak dari proses penyediaan kebutuhan manusia yang menggunakan bahan bakar. Saat ini kebanyakan menggunakan bahan bakar fosil. Namun, bahan bakar fosil membutuhkan waktu yang lama dalam proses pembentukan bahan bakar.

Diperlukan sebuah teknologi yang mudah dan sederhana yang bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan akan bahan bakar. Teknologi tersebut nantinya bisa digunakan untuk membentuk bahan bakar alternatif yang berasal dari sumber bahan bakar yang terbarukan.

Pirolisis merupakan salah satu teknologi alternatif yang digunakan untuk mendapatkan sumber energi hidrokarbon. Teknologi ini adalah pembakaran yang tanpa melibatkan O₂ dalam proses pembakarannya. Sumber bahan bakar dari pirolisis ini berasal dari sumber daya yang terbarukan seperti *biomass*/tumbuhan. Disamping sumber daya yang terbarukan, hasil dari pirolisis ini menghasilkan zat yang ramah lingkungan namun memiliki manfaat yang banyak. Proses pirolisis ini menghasilkan produk berupa asap cair, tar, arang dan minyak atsiri (IPB. 2006).

Pada dasarnya kayu ini juga telah banyak digunakan sebagai bahan bakar. Namun, kayu yang tanpa olahan tersebut apabila langsung dijadikan bahan bakar masih menyimpan kelemahan yaitu dapat menyebabkan polusi udara yang diakibatkan partikulat yang tidak terbakar ataupun yang merupakan hasil pembakaran dengan ukuran yang cukup besar. Apalagi kayu apabila langsung digunakan tanpa perlakuan mempunyai nilai kalor yang rendah.

Serbuk kayu yang merupakan *biomass* bisa digunakan sebagai bahan baku dalam proses pirolisis. Di Indonesia, banyak sekali serbuk kayu yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Kebanyakan serbuk kayu hanya digunakan sebagai bahan baku untuk pakan ternak. Namun saat ini sudah banyak penelitian mengenai pirolisis dengan bahan baku serbuk kayu. Penelitian-penelitian tersebut salah satunya Fatimah(2004).

Di dalam serbuk kayu terdapat zat-zat yang dapat di dekomposisi. Zat-zat tersebut antara lain *Cellulose*, *Hemicellulose* dan *Lignin* (Mohan *et al.* 2006). Dari

masing-masing zat ini akan mengalami dekomposisi masing-masing pada saat proses pirolisis.

Namun, di dalam proses pirolisis terdapat zat-zat produk hasil pirolisis yang bersifat sebagai pengotor. Salah satu zat tersebut adalah tar. Tar merupakan zat resin yang termodifikasi pada umumnya dihasilkan dari biomassa dalam reaksi pirolisis. Berbentuk cairan yang sangat kental dan berwarna hitam.

Pada dasarnya tar ini merupakan zat yang bisa dimanfaatkan, namun tar yang terbentuk langsung dari proses pirolisis masih mengandung kadar air yang cukup tinggi. Sehingga akan mempengaruhi parameter yang lain seperti nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan dengan apabila kadar air yang ada di dalam tar lebih sedikit. Selain itu juga mempengaruhi kekentalan, *density* dan pH (Mohan *et al.* 2006).

Untuk sebab itu diperlukan langkah-langkah untuk mengurangi kadar air di dalam tar. beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencari langkah yang tepat untuk mengurangi kadar air dalam tar ini Candra (2006) mencari cara pemurnian asap cair dengan pirolisis dan distilasi.

Tar ini memiliki fungsi yang baik apabila memiliki kualitas yang baik. Kualitas dari tar ini diukur dari berat massa tar yang terbentuk dan juga nilai kalor dalam tar ini.

Salah satu jenis kayu yang bisa dijadikan bahan untuk pirolisis adalah kayu mahoni. Kayu mahoni ini merupakan salah satu jenis kayu keras dikarenakan struktur permukaan kayu yang keras. Untuk sebab itu kayu mahoni sering digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan lemari, kursi dan sejenisnya. Karena sering banyak digunakan sebagai bahan baku barang jadi maka akan banyak sisa-sisa kayu yang terbuang. Sisa-sisa kayu hasil penebangan maupun pembuatan barang mebel ini yang nantinya akan digunakan sebagai bahan untuk pirolisis dan akan di dekomposisi.

Serbuk kayu mahoni mengandung 3 unsur utama yang bisa dimanfaatkan untuk dijadikan produk pirolisis. Unsur-unsur tersebut adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Serbuk kayu mahoni termasuk dalam jenis *Hardwood* dikarenakan struktur dari daun mahoni berbentuk seperti jarum sehingga dapat digolongkan ke dalam jenis *Hardwood*.

Untuk kayu jenis *Hardwood* memiliki kandungan zat kimia berupa *lignin*, *cellulose*, dan *hemicellulose*.

Tabel 2.1 Kandungan Komponen Utama pada Jenis Serbuk Kayu

No	Jenis Serbuk Kayu	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
1	<i>Softwood</i>	41	24	28
2	<i>Hardwood</i>	39	35	20

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh suhu pirolisis terhadap kualitas tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak terlalu meluas, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Kondisi *pyrolyzer* dianggap tidak ada kebocoran
2. Serbuk kayu mahoni sebelum pirolisis mengandung kadar air 0%-1,3%
3. Tidak mempelajari produk gas
4. Kualitas Tar yang dibahas hanya meliputi massa dan nilai kalor tar

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap kualitas tar hasil pirolisis serbuk kayu dan juga mendapatkan temperatur optimum untuk mendapatkan tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni dengan kualitas yang baik.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Agar Mahasiswa dapat mengetahui temperatur optimum pirolisis untuk mendapatkan kualitas tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni yang baik.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan bagi masyarakat tentang proses pirolisis.
3. Sebagai dasar maupun literatur penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Is Fatimah (2004), meneliti tentang pengaruh laju pemanasan terhadap komposisi biofuel hasil pirolisis serbuk kayu. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pemanasan mempengaruhi pada komposisi *biofuel*. Penambahan tingkat laju pemanasan menyebabkan peningkatan kuantitas rantai hidrokarbon pada produk.

Danarto *et al.* (2010), meneliti tentang pirolisis limbah serbuk kayu dengan katalisator zeolit. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah padatan dan gas dengan katalis serbuk 200 gram jumlahnya lebih sedikit dibandingkan tanpa katalis. Sedangkan untuk jumlah produk liquid (tar) lebih banyak dibandingkan tanpa katalis.

2.2 Serbuk kayu

Serbuk kayu merupakan limbah yang banyak dibuang dari sisa-sisa penebangan kayu maupun sisa-sisa pembuatan bahan jadi yang terbuat dari kayu. Serbuk kayu selama ini hanya dimanfaatkan untuk media tanam untuk jamur dan juga untuk bahan baku pembuatan pakan ternak.

Limbah serbuk kayu banyak melimpah dikarenakan kayu yang akan digunakan atau dibentuk harus diharuskan terlebih dahulu sehingga mengharuskan untuk membuang permukaan kayu supaya menjadi lebih halus dan bisa dibentuk. Hasil sisa penghalusan permukaan kayu inilah yang dikatakan sebagai limbah kayu karena setelah melakukan penghalusan, sisa-sisa hasil penghalusan akan dibuang begitu saja.

Serbuk kayu ini memiliki potensi untuk diubah menjadi ke dalam bentuk yang lebih berguna apabila diproses dengan benar seperti misalnya bisa dijadikan sebagai bahan bakar. Serbuk kayu juga mudah didapatkan masyarakat luas karena merupakan salah satu limbah yang sering ditemui.

Karakteristik dari hasil pirolisis kayu tergantung dari jenis kayu apakah kayu keras atau kayu lunak yang di pirolisis. Pada jenis kayu keras kondisinya tidak tepat untuk diidentifikasi sebagai jenis pohon dalam kelas *angeospermae*. Pada kondisi kayu lunak dapat diidentifikasi masuk dalam jenis kelas *gymnospermae*. (Mohan *et al.* 2006).

Di dalam kayu terdapat kandungan yang bisa dimanfaatkan lebih dari sekedar media tanam untuk jamur dan bahan baku pembuatan pakan ternak. Berdasarkan struktur kimianya kayu tersusun atas selulosa, lignin dan hemiselulosa. Struktur-struktur kimia tersebut kemudian terdekomposisi menjadi senyawa-senyawa lainnya. Masing-masing jenis kayu memiliki komposisi penyusun yang berbeda-beda.

Salah satu jenis kayu yang bisa dijadikan bahan untuk pirolisis adalah kayu mahoni. Kayu mahoni ini merupakan salah satu jenis kayu keras dikarenakan struktur permukaan kayu yang keras. Untuk sebab itu kayu mahoni sering digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan lemari, kursi dan sejenisnya. Karena sering banyak digunakan sebagai bahan baku barang jadi maka akan banyak sisa-sisa kayu yang terbuang. Sisa-sisa kayu hasil penebangan maupun pembuatan barang mebel ini yang nantinya akan digunakan sebagai bahan untuk pirolisis dan akan di dekomposisi.

Serbuk kayu mahoni mengandung 3 unsur utama yang bisa dimanfaatkan untuk dijadikan produk pirolisis. Unsur-unsur tersebut adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Serbuk kayu mahoni termasuk dalam jenis *Hardwood* dikarenakan struktur dari daun mahoni berbentuk seperti jarum sehingga dapat digolongkan ke dalam jenis *Hardwood*. Untuk kayu jenis *Hardwood* memiliki kandungan zat kimia berupa *lignin*, *cellulose*, dan *hemicellulose*.

Tabel 2.1 Kandungan Komponen Utama pada Jenis Serbuk Kayu

No	Jenis Serbuk Kayu	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
1	<i>Softwood</i>	41	24	28
2	<i>Hardwood</i>	39	35	20



Gambar 2.1 Kayu Mahoni
Sumber : Anonymous, 2012

2.3 Komponen utama serbuk kayu

2.3.1 Selulosa

Selulosa merupakan salah satu substansi *macromolecular* yang termasuk dalam gugus polisakarida. Selulosa akan mengalami dekomposisi pada suhu antara 240°C - 350°C . Selulosa akan mengalami dekomposisi menjadi *anhydrocellulose* dan *levoglucosan* (Mohan et al. 2006)..

2.3.2 Hemiselulosa

Kandungan lainnya dari serbuk kayu pada umumnya adalah hemiselulosa, yang juga disebut sebagai *polyose*. Kandungan hemiselulosa pada serbuk kayu mahoni umumnya sebesar 25%-35% dari berat serbuk kayu kering, 28% di dalam serbuk kayu yang lunak, 35% di dalam serbuk kayu yang keras (Mohan et al. 2006). Hemiselulosa akan terdekomposisi pada suhu 200°C - 260°C pada proses *pyrolysis*. (Mohan et al. 2006).

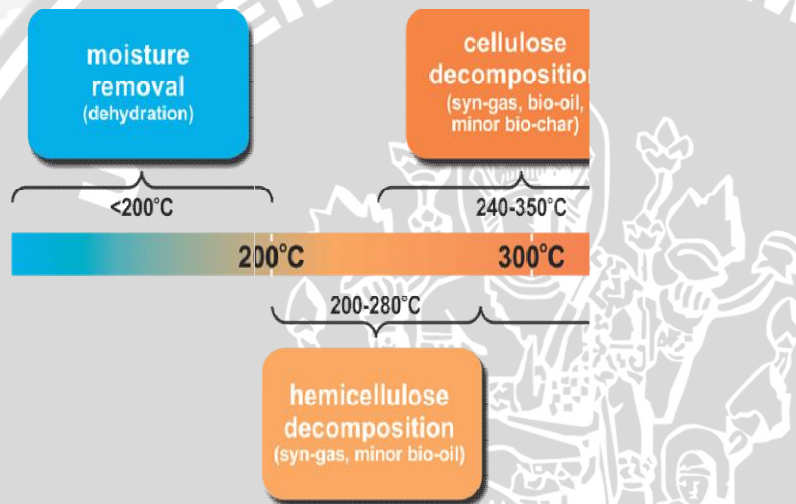
2.3.3 Lignin

Kandungan ketiga yang umumnya terkandung pada serbuk kayu mahoni adalah *lignin*. Kadar dari *lignin* di dalam serbuk kayu ini sendiri adalah 23%-33% dari berat serbuk kayu halus dan 16%-25% dari berat serbuk kayu keras. *Lignin* akan mengalami dekomposisi pada suhu 280°C - 500°C .

2.4 Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu zat atau material melalui pemanasan tanpa atau jumlah oksigen yang ikut dalam pembakaran jauh sangat sedikit jumlahnya dari yang dibutuhkan. Proses pirolisis ini melakukan dekomposisi pada suhu tinggi. Pada umumnya proses dekomposisi pada pirolisis dimulai pada suhu di atas 200°C dan akan berakhir di suhu 450°C-500°C tergantung dari jenis serbuk kayu yang digunakan.

Dekomposisi dari zat/material dalam hal ini akan memakan waktu yang cukup lama tergantung dari besar laju pemanasan yang digunakan. Laju pemanasan ini akan mempengaruhi hasil dari proses pirolisis. Ini dikarenakan senyawa yang terkandung di dalam serbuk kayu membutuhkan waktu untuk membentuk ikatan dan membentuk senyawa baru.



Gambar 2.2 Komponen Serbuk kayu
 Sumber : Anonymous (2013)



Gambar 2.3 Proses Pirolisis
 Sumber : Anonymous (2013)

Menurut kondisi operasi yang digunakan, pirolisis terbagi menjadi 2 yaitu *conventional pyrolysis* dan *fast pyrolysis*. *Conventional pyrolysis* yang biasa disebut dengan *slow pyrolysis* menggunakan waktu penyelesaian operasi yang cukup lambat

dibandingkan dengan *fast pyrolysis*. Untuk sebab itu proses ini memakan waktu yang lebih lama dibandingkan *fast pyrolysis* sehingga dianggap *conventional*.

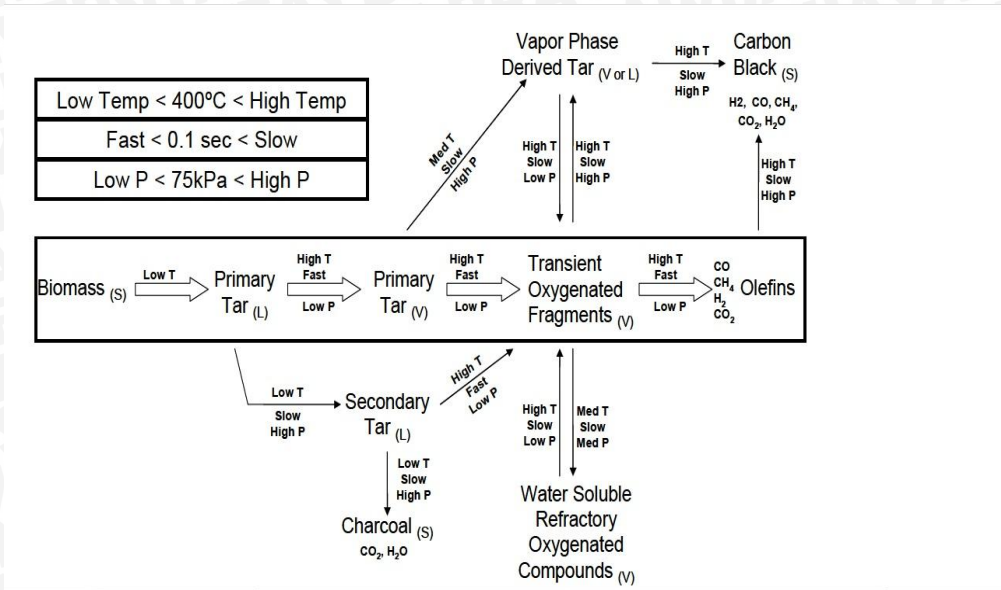
Produk-produk yang dihasilkan dari proses pirolisis dari serbuk kayu ini pada umumnya adalah solid (char), liquid (tar) dan gas. Produk-produk ini merupakan hasil dekomposisi dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalam serbuk kayu.

Tabel 2.2 Macam – Macam Pirolisis

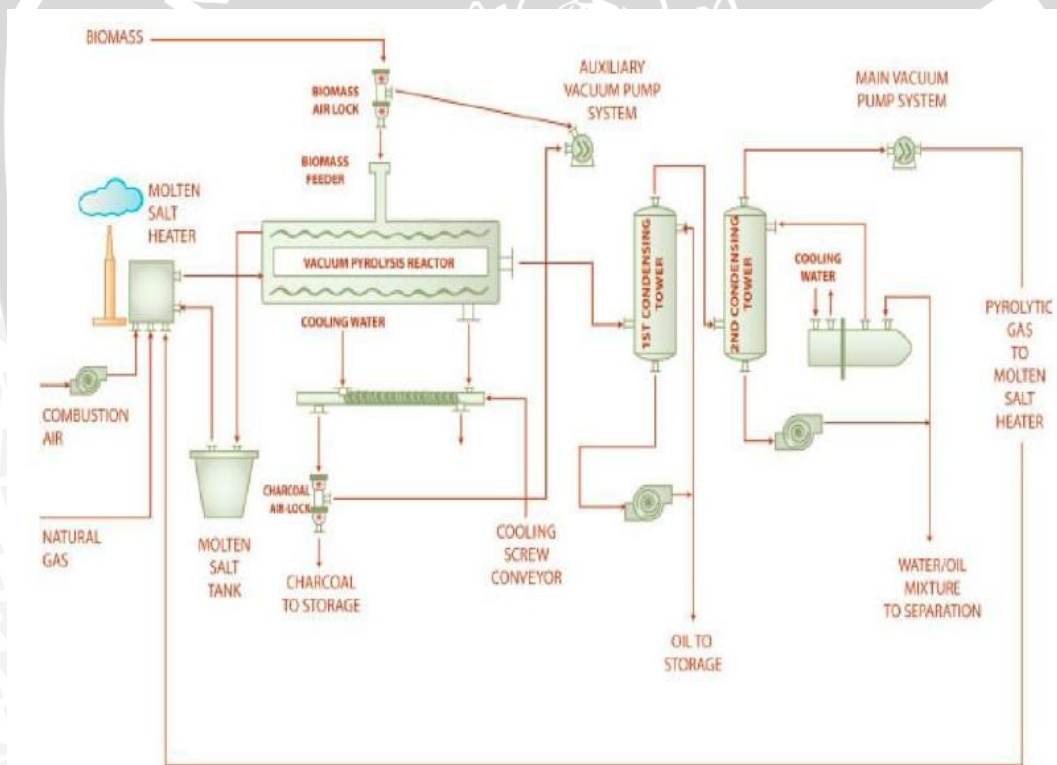
pyrolysis technology	residence time	heating rate	temperature (°C)	products
carbonization	days	very low	400	charcoal
conventional	5–30 min	low	600	oil, gas, char
fast	0.5–5 s	very high	650	bio-oil
flash-liquid ^b	<1 s	high	<650	bio-oil
flash-gas ^c	<1 s	high	<650	chemicals, gas
ultra ^d	<0.5	very high	1000	chemicals, gas
vacuum	2–30 s	medium	400	bio-oil
hydro-pyrolysis ^e	<10 s	high	<500	bio-oil
methano-pyrolysis ^f	<10 s	high	>700	chemicals

^aData taken from refs 55 (with permission from Elsevier) and 242. ^bFlash-liquid = liquid obtained from flash pyrolysis accomplished in a time of <1 s. ^cFlash-gas = gaseous material obtained from flash pyrolysis within a time of <1 s. ^eHydro-pyrolysis = pyrolysis with water. ^fMethanopyrolysis = pyrolysis with methanol. ^dUltra(pyrolysis) = pyrolyses with very high degradation rate.

Sumber : *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-Oil: A ReView*, Mohan et al. 2006



Gambar 2.4 Mekanisme Proses Fast Pirolisis
 Sumber : Dr. Samy Sadaka, P.E., P.Eng. Pyrolysis



Gambar 2.5 Vacuum Pyrolysis
 Sumber : Wang, Li. Et al. 2011

Proses-proses yang terjadi pada pirolisis pada temperatur-temperatur tertentu :

- Pada suhu 200°C : bersamaan dengan hilangnya kelembaban yang terdapat pada spesimen, produk zat volatile terbentuk seperti asam asetat dan asam

formiat akan terbentuk. Sedangkan gas yang tidak terkondensasi seperti CO dan CO₂ akan berkembang.

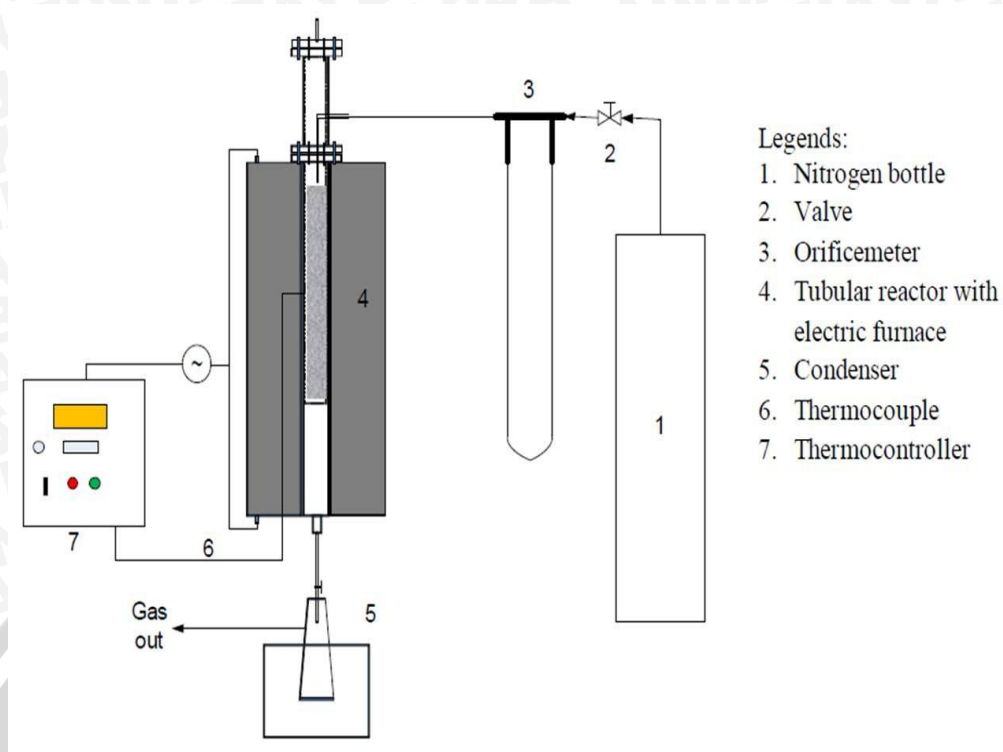
- b. Pada suhu 200°C - 280°C : memulai dekomposisi lanjutan (char kayu). Dekomposisi lebih banyak terpusat pada pelepasan air dan gas yang tidak terkondensasi (CO, CO₂). Pemisahan tar juga harus diamati.
- c. Pada suhu 280°C - 500°C : melepaskan produk zat yang bersifat volatil seperti CO, CH₄, H₂, formaldehida, asam formiat, methanol. Pembentukan char menurun tetapi meningkatkan kandungan karbon. Pelepasan tar yang terkondensasi meningkat.

2.5 Conventional Pyrolysis

Conventional pyrolysis atau yang bisa disebut *slow pirolisis* merupakan salah satu jenis pirolisis yang sudah lama digunakan. Laju pemanasan di dalam *Conventional pyrolysis* terbilang kecil jika dibandingkan dengan *fast pyrolysis* untuk sebab itu dikatakan sebagai *slow pyrolysis*. Pada proses *conventional pyrolysis*, laju pemanasan yang digunakan antara 0,1-2 K/s (*Desideru et al.2011*).

Metode pirolisis jenis ini memiliki keunggulan yaitu temperatur pemanasan pirolisis yang lebih rendah dari *fast pyrolysis* sehingga mempengaruhi biaya yang dikeluarkan juga kalor yang didapat untuk melakukan proses pirolisis membutuhkan bahan baku yang lebih sedikit apabila bahan bakar berasal dari arang ataupun bahan bakar lainnya.





Gambar 2.6 Contoh Skema Alat *Conventional Pyrolysis*
Sumber : anonymous (2012)

2.6 Bahan bakar

Bahan bakar adalah suatu zat atau material yang bisa digunakan di dalam pembakaran akibat terdapat kandungan kalor yang mampu dilepaskan oleh zat atau material tersebut. Bahan bakar memiliki jenis diantaranya bahan bakar fosil, bahan bakar nuklir, bahan bakar energi surya dan bahan bakar biomassa.

Minyak bumi, gas alam dan batubara yang selama ini banyak digunakan merupakan salah satu jenis dari bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil ini merupakan bahan bakar yang dihasilkan dari proses penguraian jasad makhluk hidup oleh bakteri.

2.7 Enthalpy

Enthalpy merupakan jumlah kalor yang terkandung di dalam suatu zat atau material dalam 1 kilogram massa (KJ/Kg). Enthalpy ini menentukan besar kalor yang dapat dilepaskan oleh suatu zat dalam 1 kilogram massanya.

2.8 Tar

Tar merupakan salah satu zat yang dihasilkan dari proses pirolisis serbuk kayu. Tar ini berwarna gelap hitam, berbentuk cairan yang berisi banyak campuran

senyawa. Di dalam tar yang terbentuk masih terkandung air dalam jumlah yang cukup besar. Terkadang juga ada zat padat (char) yang ikut terbawa.

Nama lain dari tar adalah *bio-oil*, *pyrolysis oil*, *bio-crude oil*, *wood oil*, *wood liquids* dan *liquid smoke*. Tar terbentuk dari depolimerisasi dari selulosa, hemiselulosa dan lignin.

Di dalam tar masih terdapat kandungan air. Posisi minyak di dalam tar mengendap di bawah sedangkan air berada di atas dengan kata lain minyak dan air ini tidak bercampur. Massa jenis minyak tar adalah 0,24 Kg/L. Massa jenis dari minyak tar ini yang lebih kecil dari air ini yang menyebabkan minyak lebih berat dan berada di bawah air.

Kualitas dari tar ini dapat dilihat dari berat minyak yang dihasilkan dan nilai kalor yang dimiliki oleh tar. Semakin berat massa tar maka semakin baik kualitas dari tar. Selain itu semakin tinggi nilai kalor yang dimiliki tar maka semakin baik pula kualitas dari ini. Air di dalam tar ini merupakan akibat dari uap air yang ikut terkondensasi sehingga ikut terjebak dengan tar. Tar memiliki fungsi untuk pembakaran, bahan bakar mesin diesel dan *Combustion Turbines*.



Gambar 2.7 Tar hasil pirolisis
Sumber : Anonymus (2012)

Tabel 2.3 Komposisi tar

Elemental analysis of tar		
Elements	(wt.%)	(mol%)
C	60.05	5.00
H	3.39	3.36
N	1.42	0.10
S	3.64	0.11
O	31.50	1.97

H/C mole ratio = 0.67.

Sumber : Y.S Kim et al. / J.anal. Appl. Pyrolysis 70 (2003) hal. 20

2.9 Kalor

Kalor berasal dari *caloric* ditemukan pertama kali oleh ilmuwan prancis. Kalor memiliki satuan kalori (Kal) atau KiloKalori Kkal). Kalor dapat berpindah dari satu tempat ke tempat yang lainnya dikarenakan terdapat adanya perbedaan temperatur di dalam sistem tersebut.

2.10 Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan besar energi yang dapat dilepaskan oleh suatu bahan bakar. Nilai kalor ini dapat menunjukkan kualitas dari suatu bahan bakar. Semakin besar nilai kalor dari suatu bahan bakar berarti ini menunjukkan semakin besar pula energi panas yang dapat dilepaskan untuk melakukan proses pembakaran maupun pemindahan kalor.

2.11 Proses Pemisahan Komponen dalam Campuran

Proses pemisahan komponen bisa dilakukan dengan berbagai cara. Dewasa ini, banyak sekali cara untuk memisahkan komponen dalam suatu campuran. Cara-cara tersebut antara lain dengan menggunakan bahan tambahan dan juga ada yang menggunakan kalor untuk memisahkan komponen-komponennya. Dalam hal ini yang dipisahkan adalah minyak dari campurannya.

Bahan-bahan yang bisa digunakan untuk memisahkan minyak diantaranya arang aktif dan zeolit.

1. Arang aktif

Arang aktif merupakan bahan padat yang terdapat pori-pori, kebanyakan didapatkan dari sisa hasil pembakaran kayu. Arang aktif juga banyak disebut dengan karbon aktif.



Gambar 2.8 Arang Aktif

Sumber : http://4.bp.blogspot.com/-KaOV-6P_eNM/TyQD-w0-jkI/AAAAAAAAAC0/OXvSAsqy5E/s1600/karbon%2Baktif.jpg

2. Zeolit

Zeolit merupakan senyawa kimia alumino-silikat dengan berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Zeolit dapat mengikat air dalam udara lembab.



Gambar 2.9 Zeolit
Sumber : Anonymous (2012)

3. Filter Paper

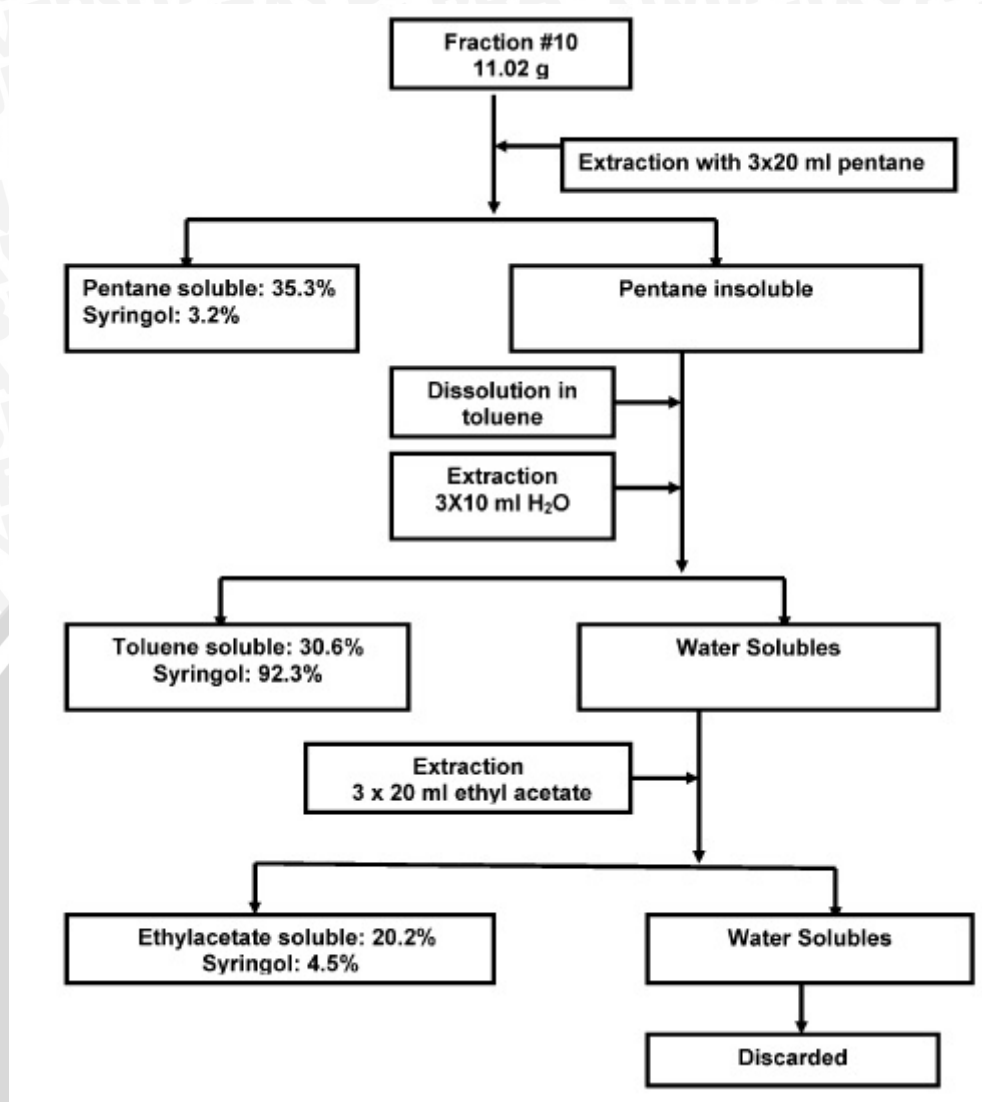
Filter paper merupakan kertas penyaring yang dapat digunakan memisahkan suatu campuran. Filter paper memiliki banyak jenis tergantung dari zat apa yang ingin dipisahkan. Filter paper ini memiliki pori-pori dengan ukuran yang berbeda-beda tergantung jenisnya. Dengan ukuran tertentu maka zat yang dapat melewati ini harus memiliki mampu alir yang sesuai dengan ukuran filter paper. Filter paper berbeda dengan membran filter. Berdasarkan fungsinya filter paper digunakan untuk menyaring suatu larutan. Sedangkan membran filter digunakan untuk mendapatkan zat-zat yang terkandung dalam larutan dikarenakan ukuran pori-pori yang ada di dalam membran filter lebih kecil dibandingkan dengan filter paper.



Gambar 2.10 Filter Paper
Sumber : Anonymous (2013)

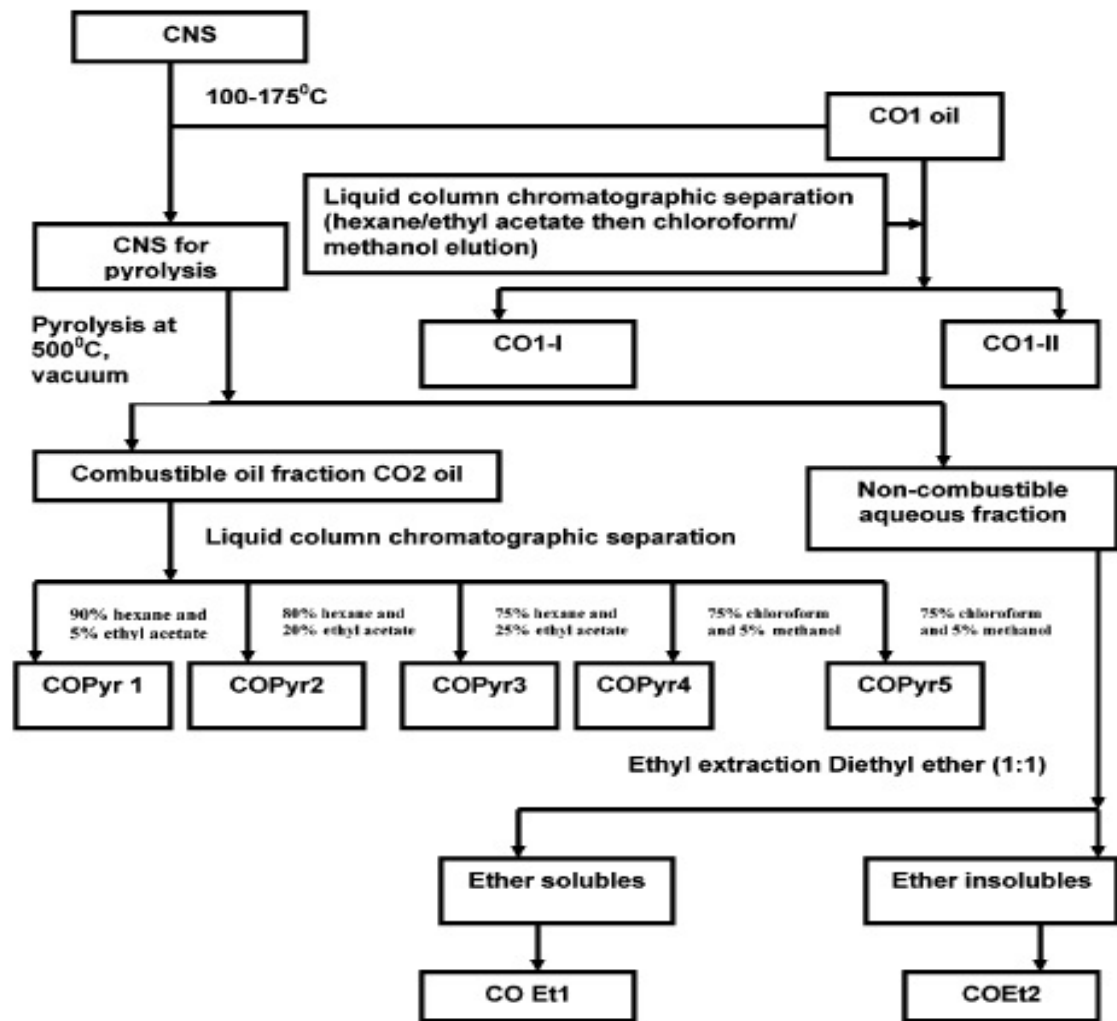
4. Solvent

Solvent merupakan zat pelarut yang berfungsi untuk melarutkan za-zat yang terkandung dalam suatu larutan sehingga terpisah dengan zat lainnya. Pada umumnya, solvent mempunyai titik didih yang rendah dan mudah menguap. Untuk sebab itu, solvent banyak digunakan sebagai zat pelarut. Dalam pirolisis, solvent banyak digunakan untuk memisahkan *bio-oil* dengan zat lainnya. Berbagai macam metode dalam penggunaan solvent telah banyak berkembang.



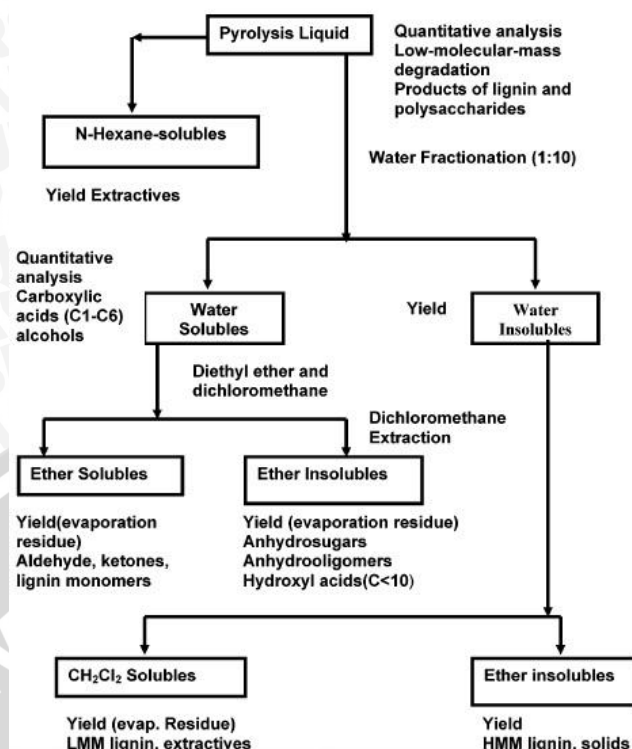
Gambar 2.11 Skema penggunaan solvent pentana

Sumber : *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-Oil: A ReView*, Mohan et al. hal. 877. 2006



Gambar 2.12 Skema Penggunaan Solvent Eter
 Sumber : *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-Oil: A ReView*, Mohan et al. Hal. 877. 2006





Gambar 2.13 Skema Penggunaan Solvent n-Hexana

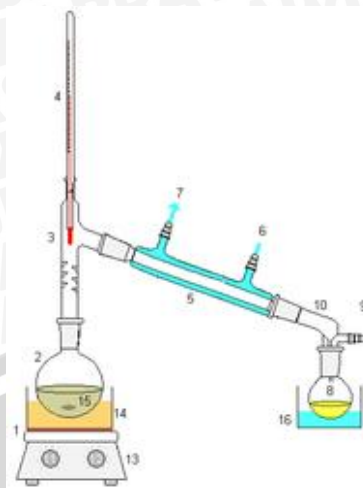
Sumber : *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-Oil: A ReView*, Mohan et al. Hal. 879. 2006

Selain dengan menggunakan bahan tambahan pemurnian minyak bisa menggunakan cara dengan memisahkan campuran berdasarkan titik didihnya. Cara ini disebut dengan destilasi.

2.12 Destilasi

Proses destilasi adalah proses pemisahan komponen dalam campuran berdasarkan perbedaan titik didihnya, atau pemisahan campuran berbentuk cairan atas komponennya dengan proses penguapan dan pengembunan sehingga dihasilkan destilat dengan komponen-komponen yang hampir murni. Proses ini digunakan untuk menguapkan air yang terkandung di dalam tar sehingga akan mendapatkan tar dengan kadar air yang kecil dan yang tersisa hanya minyaknya saja.

Proses destilasi sangat sederhana proses di dalamnya dikarenakan suhu yang digunakan tidak terlalu besar. Selain itu juga destilasi tidak membutuhkan instalasi alat yang rumit, hasil yang didapat bisa dikatakan lebih murni karena perbedaan titik didih yang akan dipisahkan cukup jauh.



Gambar 2.14 skema alat destilasi sederhana
Sumber : Anonymous, 2012

Destilasi ini terdapat beberapa macam modifikasi, di antaranya destilasi fraksional dan *vaccum distillation*.

1. Destilasi fraksional

Destilasi jenis ini merupakan proses pemisahan berdasarkan molekulnya atau dengan kata lain bisa dikatakan destilasi bertingkat karena pada proses ini memisahkan semua fraksi yang terkandung pada suatu larutan. Destilasi ini prosesnya hampir sama dengan proses dari destilasi sederhana namun pada destilasi fraksional perbedaan titik didid dari masing-masing fraksional harus dilakukan dikarenakan untuk memisahkan fraksinya satu-satu.

2. *Vaccum distillation*

Vaccum distillation merupakan proses destilasi yang dilakukan pada suatu tabung vakum. Karena tabung vakum mempunyai temperatur yang lebih tinggi dan tekanan yang rendah sehingga sangat sesuai digunakan untuk destilasi residu yang mempunyai struktur molekul karbon yang panjang. Dalam proses destilasi vakum ini biasanya terdapat alat tambahan yang berfungsi untuk mengurangi tekanan di dalam tabung. Alat tersebut yang biasa digunakan adalah *jet ejector*.

2.13 Hipotesa

Semakin besar temperatur pirolisis pada *conventional pyrolysis* maka semakin kecil kadar air yang tecampur dengan tar dikarenakan komposisi dari serbuk kayu yang terdekomposisi semakin banyak sehingga akan menyebabkan massa tar meningkat pula. Sedangkan temperatur pirolisis tidak akan mempengaruhi nilai kalor dari tar.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang akan digunakan di dalam penelitian ini adalah metode penelitian nyata (*true experimental research*). Jenis penelitian ini dapat dipergunakan untuk menguji suatu perlakuan dengan membandingkannya dengan perlakuan lainnya.

3.2 Variabel Penelitian

Di dalam penelitian ini terdapat 3 variabel yang dipergunakan, antara lain:

a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya kita tentukan dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Adapun variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah temperatur pemanasan pada saat proses pirolisis yaitu 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C.

b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besar nilainya tidak dapat ditentukan melainkan tergantung pada nilai dari variabel bebasnya. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian pirolisis ini adalah massa tar setelah pirolisis, volume tar dan nilai kalor tar.

c. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti dan nilainya dikondisikan konstan. Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah laju pemanasan sebesar 2 °C/detik, massa serbuk kayu mahoni sebesar 70 gram dan kadar air dari serbuk kayu mahoni yang akan di pirolisis sebesar 1,2%.

3.3 Alat-alat Penelitian

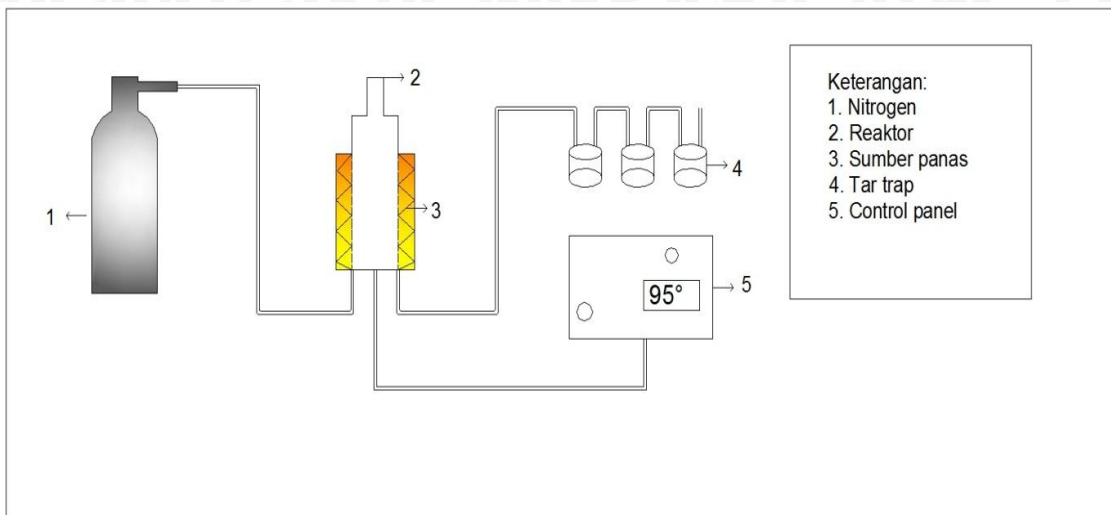
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri beberapa jenis, yaitu peralatan utama yang akan diambil data-data yang diperlukan, serta peralatan tambahan yang digunakan untuk mencatat data dan mengkondisikan pengujian.

3.4 Alat Utama

Peralatan utama yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

a. Instalasi Pirolisis

Instalasi ini berfungsi untuk mem-pirolisis bahan baku yang dimana dalam hal ini serbuk kayu sebagai bahan utama. Serbuk kayu dimasukkan ke dalam *pyrolyzer* dan kemudian akan diatur suhu pemanasannya.



Gambar 3.1 Skema Alat Pirolisis

b. Bomb Kalorimeter

Bomb Kalorimeter merupakan alat yang digunakan untuk mendapatkan nilai kalor dari suatu bahan bakar.

Spesifikasi :

- Pemanas Air
 - Tegangan : 230 Volt
 - Frekuensi : 50/60 Hz
 - Max. Fuse : 4 Amps
 - Merk : PARR
 - Negara Pembuat : USA
- Cooler
 - Tegangan : 230 Volt
 - Frekuensi : 50/60 Hz
 - Max. Fuse : 2 Amps
 - Merk : PARR
 - Negara Pembuat : USA
- Auto Charger

- Tegangan : 115 Volt
- Frekuensi : 50/60 Hz
- Max. Fuse : 3,3 Amps
- Merk : PARR
- Negara Pembuat : USA



Gambar 3.2 Bom Kalorimeter
Sumber : dokumentasi pribadi

c. Cawan

Cawan merupakan wadah bagi spesimen uji dan akan diletakkan ke dalam ruang pemanas *pyrolyzer*.



Gambar 3.3 Cawan
Sumber : anonymous (2012)

d. Timbangan Elektrik

Alat ini berfungsi untuk mendapatkan massa dari suatu benda. Di dalam penelitian ini timbangan elektrik digunakan untuk menimbang massa spesimen untuk pengujian, menimbang massa tar hasil pirolisis sebelum destilasi dan massa tar hasil pirolisis setelah destilasi.

Spesifikasi :

- Merk : ACIS BC 500
- Kapasitas Maksimal: 500 gram



Gambar 3.5 Timbangan Elektrik
Sumber : dokumentasi pribadi

e. Moisture Analyzer

Di dalam penelitian ini *Moisture Analyzer* digunakan untuk mengukur kadar air dari sampel spesimen uji.

Spesifikasi :

- Merk : Sartorius
- Arus : 3,3 A / 1,6 A
- Voltase : 100 - 120 / 220 – 290 VAC
- Model : MA 30
- Frekuensi : 50-60 Hz



Gambar 3.6 Moisture analyzer
Sumber : dokumentasi pribadi

f. Kamera

Kamera ini berfungsi untuk mengambil gambar alat-alat dan juga spesimen uji. Di samping itu kamera ini juga untuk mengambil gambar tar hasil pirolisis sebelum dan sesudah destilasi.

Spesifikasi :

- Merk : Casio Exillim EX-ZS5
- Resolusi : 14,1 Mega Pixel
- *Optical Zoom* : 5x
- Layar warna : TFT 6,9 cm
- Dimensi : Lebar (98,5 mm). Tinggi (56,9 mm). Tebal (20,7)
- Buatan : Jepang



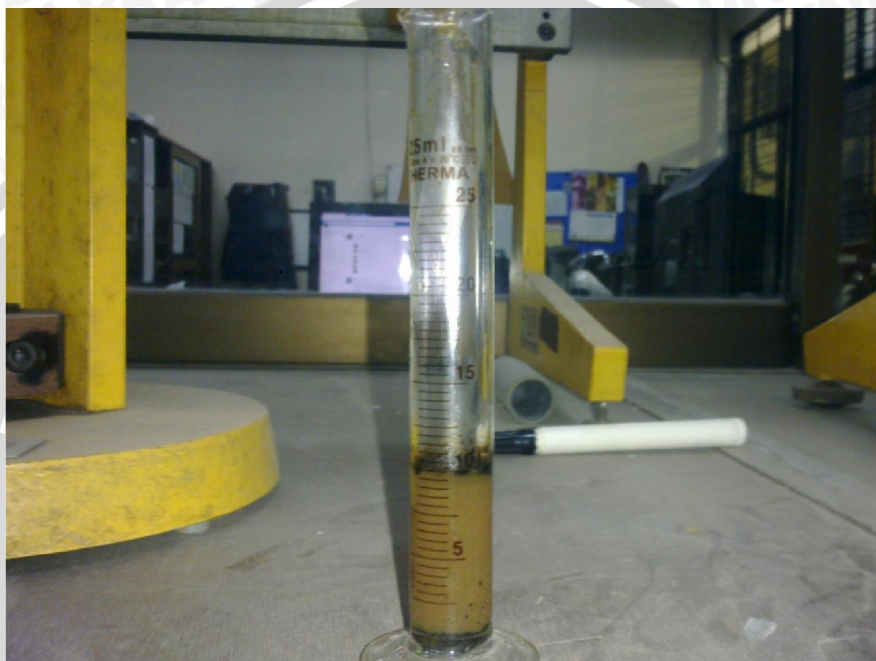
Gambar 3.7 kamera
Sumber : dokumentasi pribadi

g. Gelas Ukur

Gelas ukur ini digunakan untuk mengukur volume dari tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni.

Spesifikasi :

- Merk : Duran
- Kapasitas : 25 ml



Gambar 3.9 Gelas Ukur

Sumber : dokumentasi pribadi

h. *Beaker Glass*

Digunakan untuk menampung tar yang berhasil ditangkap.

Spesifikasi :

- Merk : pyrex
- Kapasitas : 800 ml



Gambar 3.10 *beaker glass*
Sumber : dokumentasi pribadi

i. Kompor Listrik

Digunakan sebagai sumber panas untuk memanaskan serbuk kayu mahoni dengan tujuan pengeringan.

Spesifikasi :

- Merk : Maspion
- Sistem Pemanasan : Elemen Kawat Koil
- Daya maksimal : 600 watt



Gambar 3.11 Kompor Listrik
Sumber : dokumentasi pribadi

j. Oven

Digunakan sebagai tempat untuk memanaskan serbuk kayu mahoni.



Gambar 3.12 Oven
Sumber : dokumentasi pribadi

3.5 Spesimen Uji

Spesimen uji yang akan digunakan pada penelitian ini adalah serbuk kayu mahoni yang didapat dari daerah pagak malang selatan kabupaten malang. Serbuk kayu mahoni ini bisa di dapat dengan mudah dikarenakan merupakan serbuk bekas penebangan pohon mahoni.

3.6 Tempat Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh temperatur pirolisis terhadap kualitas tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni ini akan dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin dan Laboratorium Motor Bakar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang.

3.7 Prosedur Penelitian

a. Prosedur penelitian meliputi persiapan yaitu:

1. Mengeringkan serbuk kayu mahoni

Serbuk kayu mahoni ini dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur oven 100°C - 110°C Selama satu jam. Ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terkandung di dalam serbuk kayu.

Prosedur pengeringan :

a. Menimbang serbuk kayu mahoni seberat 150 gram dengan menggunakan timbangan elektrik.

- b. Memanaskan oven dengan menggunakan pemanas listrik sebesar 300 watt.
- c. Menunggu oven hingga panas mencapai 100°C.
- d. Setelah oven telah mencapai temperatur 100°C, maka serbuk kayu mahoni yang telah ditimbang dan dimasukkan ke dalam loyang harus dimasukkan ke dalam oven kemudian tutup oven kembali.
- e. Serbuk kayu mahoni dipanasi selama 3 jam di holding pada temperatur 100°C.
- f. Mengangkat serbuk kayu mahoni yang telah di oven untuk kemudian di timbang dan dimasukkan ke dalam wadah lalu menutup wadah tersebut dengan plastik.

2. Memblender serbuk kayu mahoni

Hasil dari serbuk kayu yang di oven ini kemudian dihaluskan dengan diblender, selanjutnya melalui proses pengayakan untuk menyeragamkan ukuran dari serbuk kayu.

3. Pengujian Kadar Air

Setelah didapatkan ukuran yang seragam, diambil beberapa gram sampel untuk diuji kadar air dan untuk memastikan serbuk kayu dalam kondisi kadar air 0-2%.

4. Penimbangan

Setelah melakukan pengujian kadar air dan dipastikan kadar air serbuk kayu mahoni 0-2% maka dilakukan penimbangan massa dari serbuk kayu mahoni tersebut.

5. Menyiapkan instalasi penelitian

Sebelum melakukan percobaan maka instalasi penelitian harus dipasang apakah sesuai dengan skema instalasi yang diharapkan.

6. Pengecekan instalasi

Setelah instalasi alat disiapkan sebaiknya harus dicek lagi alat tersebut supaya tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan dan memastikan semua alat telah terpasang dengan benar.

b. Prosedur Pirolisis:

Sebelum melakukan percobaan, pertama-tama melakukan prosedur persiapan terlebih dahulu. Setelah semua prosedur persiapan telah dilaksanakan maka spesimen uji dimasukkan ke dalam cawan. Cawan dimasukkan ke dalam ruang pemanas dari *pyrolyzer* dan *pyrolyzer* ditutup. Kemudian katup N₂ dibuka

untuk mengalirkan N_2 ke dalam ruang pemanas *pyrolyzer* sampai kadar $O_2 < 2,1\%$ dari volume ruang pemanas. Katup N_2 jika kadar O_2 mencapai $<2,1\%$ dari volume ruang pemanas. Thermocontroller diatur untuk variasi pertama yaitu $250^\circ C$ dengan laju pemanasan $0,20^\circ C/detik$. Selanjutnya *pyrolyzer* dan juga katup buang dibuka supaya O_2 dapat terdorong keluar akibat dorongan dari N_2 yang memenuhi tabung. Dan proses ini dilakukan selama 3 jam. Apabila setelah menempuh 3 jam maka *pyrolyzer* dimatikan dan tar hasil pirolisis yang tertangkap diambil dan ditimbang untuk mendapatkan berat dari tar. Setelah digunakan, wadah dan alat penelitian dibersihkan sebelum digunakan kembali untuk pirolisis dengan variasi suhu pemanasan pirolisis yang berbeda.

c. Prosedur pengujian nilai kalor

Setelah spesimen uji dipirolisis dan tar hasil pirolisis diambil dan ditimbang maka tar dari hasil pirolisis diuji nilai kalornya. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kalor dari tar setelah pirolisis sebelum destilasi. Alat yang digunakan untuk menguji nilai kalor dari tar ini adalah bomb kalorimeter. Air 2 liter dimasukkan ke dalam *oval bucket*. Tar yang akan diuji ditimbang 1 gram lalu dimasukkan ke dalam *combustion capsule*. Selanjutnya kawat sepanjang 10 cm dipasang sehingga mengenai bahan bakar (tar) yang diuji tanpa mengenai permukaan besi *combustion capsule* dengan menggunakan bantuan *bomb head support stand*. Masukkan 1 gram bahan bakar yang diuji dalam *combustion capsule* tadi bersama dengan kawat ke dalam *oxygen bomb*. Hubungkan semua peralatan bomb kalorimeter dengan listrik. Isi *oxygen bomb* dengan oksigen bertekanan 30 atm – 35 atm menggunakan bantuan auto charger. Setelah selesai, masukkan *oval bucket* ke dalam *adiabatic calorimeter*, lalu tutup. Pindahkan posisi switch ke posisi on. Sterilkan/samakan suhu dari *aquades* di *oval bucket* dengan suhu *water jacket* dengan menggunakan *switch hot/cold*. Setelah sama, catat suhu yang terjadi. Kemudian bakar tar tersebut. Beberapa saat kemudian, catat kembali suhu yang terjadi pada *aquades* catat suhu maksimum yang tercapai. Setelah itu, hitung selisih temperatur di air pada kondisi awal dengan kondisi setelah dibakar. Selisih tersebut kalikan dengan standart benzoid dengan tabung warna hijau. Setelah itu hitung sisa kawat yang terbakar.

Rumus untuk mendapatkan nilai kalor dengan pengujian menggunakan *bomb calorimeter* :

$$\text{Nilai Kalor} = \frac{(EE \times \Delta T) - (\text{Acid}) - (\text{Fulse})}{\text{massa tar}}$$

Keterangan :

Acid = 10 kal/gram

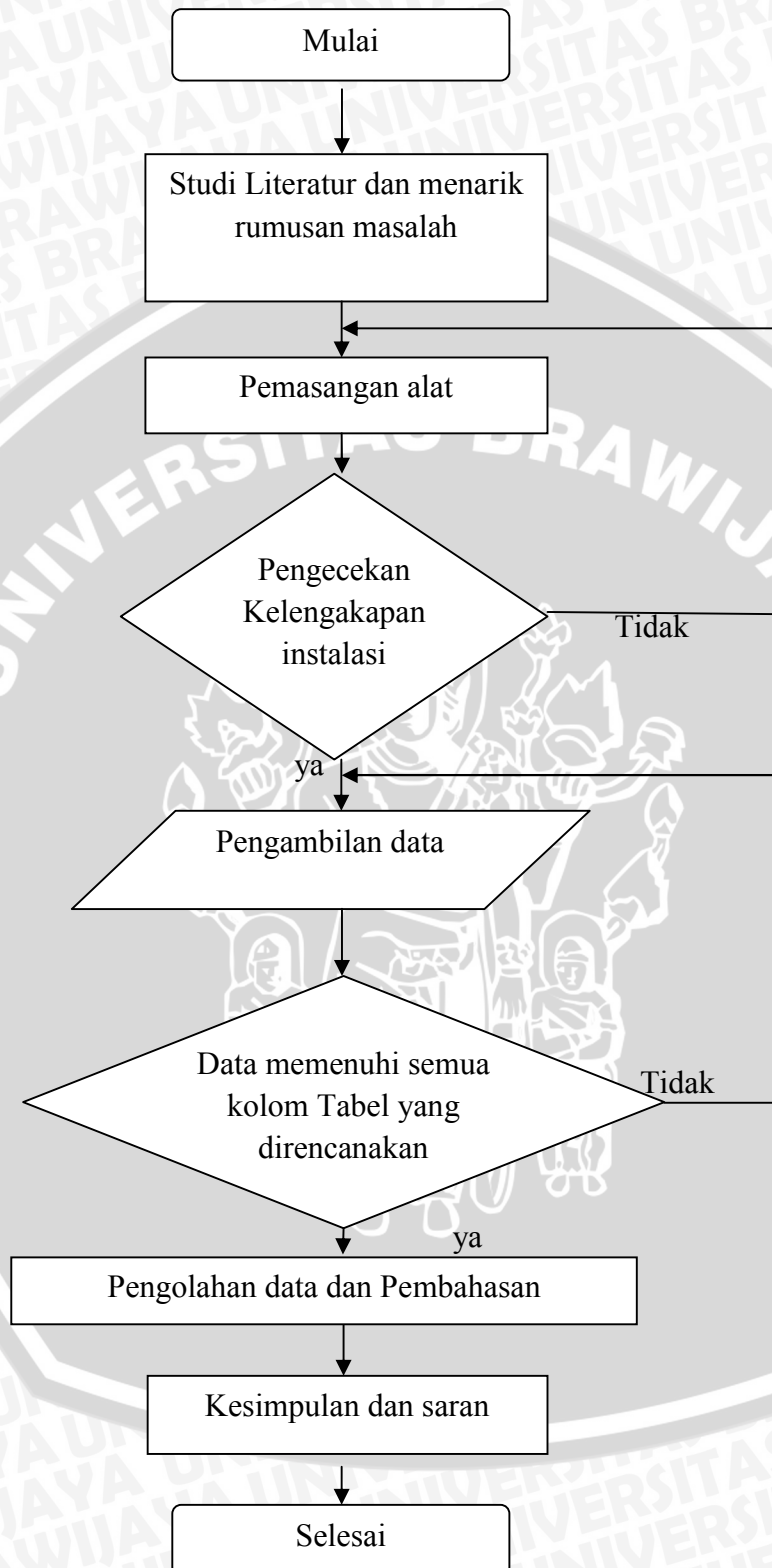
Fulse (panjang kawat = 1 cm = 1 kal/gram

EE = 2401,459 kal/gram°C



3.8 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian yang dilakukan seperti pada gambar 3.9 berikut :



Gambar 3,9 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil dari penelitian ini akan ditampilkan pada gambar 4.1, gambar 4.3, gambar 4.4 dan gambar 4.5. pada gambar 4.1 akan ditampilkan hasil berupa grafik pengaruh temperatur pirolisis terhadap massa tar yang dihasilkan. Pada gambar 4.1 pada sumbu x akan menunjukkan variasi temperatur yang digunakan yaitu pada temperatur 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C. Sedangkan pada sumbu y akan menunjukkan massa tar yang dihasilkan. Nilai yang dihasilkan dari variasi temperatur dan massa tar yang dihasilkan akan membentuk suatu kecenderungan naik.

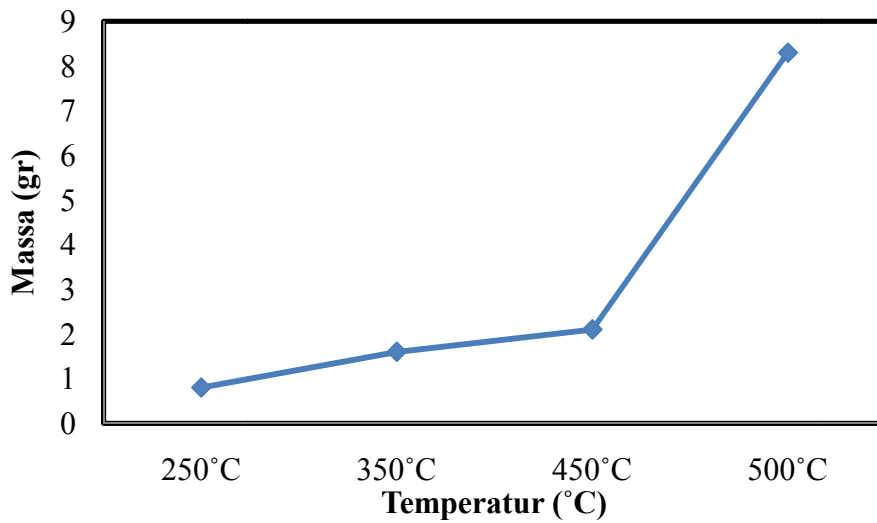
Pada gambar 4.3 akan ditampilkan hasil berupa grafik pengaruh temperatur terhadap nilai kalor tar hasil pirolisis. Pada gambar 4.3 pada sumbu x akan menunjukkan variasi temperatur yang digunakan yaitu pada temperatur 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C. Sedangkan pada sumbu y akan menunjukkan nilai kalor tar yang dihasilkan. Nilai yang dihasilkan dari variasi temperatur dan nilai kalor tar yang dihasilkan akan membentuk suatu kecenderungan naik lalu kemudian turun.

Pada gambar 4.4 akan ditampilkan hasil berupa grafik pengaruh temperatur terhadap volume tar hasil pirolisis. Pada gambar 4.4 pada sumbu x akan menunjukkan variasi temperatur yang digunakan yaitu pada temperatur 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C. Sedangkan pada sumbu y akan menunjukkan volume tar yang dihasilkan. Nilai yang dihasilkan dari variasi temperatur dan volume tar yang dihasilkan akan membentuk suatu kecenderungan naik.

Pada gambar 4.5 akan ditampilkan hasil berupa grafik hubungan massa tar dan nilai kalor tar hasil pirolisis. Pada gambar 4.5 pada sumbu x akan menunjukkan besaran massa tar yang dihasilkan. Sedangkan pada sumbu y akan menunjukkan nilai kalor tar yang dihasilkan. Nilai yang dihasilkan dari massa tar dan nilai kalor tar yang dihasilkan akan membentuk suatu kecenderungan naik lalu kemudian turun.

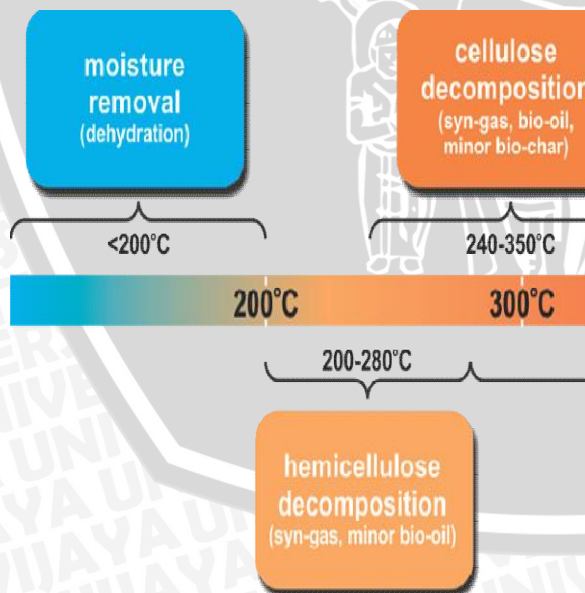
4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa Grafik Pengaruh Temperatur dengan Massa Tar



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Massa Tar

Hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada grafik pengaruh temperatur pirolisis terhadap massa tar. grafik tersebut menunjukkan pengaruh dari temperatur pirolisis terhadap massa yang dihasilkan dari pirolisis serbuk kayu mahoni. Adapun variasi temperatur yang ditampilkan pada grafik pengaruh temperatur pirolisis dengan massa tar yaitu 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C.



Gambar 4.2 Komponen Serbuk kayu
Sumber : Anonymous (2013)

Gambar 4.1 menunjukkan grafik pengaruh temperatur pirolisis dengan massa tar dengan temperatur sebesar 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C. Pada gambar 4.1 menunjukkan peningkatan massa tar pada masing-masing variasi temperaturnya.

Dari grafik pengaruh temperatur pirolisis dengan massa tar dapat dilihat bahwa semakin besar temperatur pirolisis maka semakin besar massa tar yang dapat dihasilkan, ini dikarenakan semakin semakin besar temperatur pirolisis maka komponen di dalam serbuk kayu mahoni semakin banyak terdekomposisi. Dengan semakin banyaknya komponen yang terdekomposisi, besar massa zat yang telah terdekomposisi pun juga banyak massa tar yang dihasilkan.

Komponen utaman dari serbuk kayu mahoni meliputi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Dari tabel 2.1 dapat dilihat presentase kandungan dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Untuk serbuk kayu mahoni merupakan jenis kayu keras (*hardwood*).

Selulosa merupakan salah satu komponen dari serbuk kayu mahoni yang akan terdekomposisi pada temperatur 250°C - 350°C. Selulosa akan mulai terpecah membentuk gas, *bio-oil*, dan char.

Hemiselulosa merupakan komponen yang akan terdekomposisi pada temperatur pirolisis 200°C-280°C. Sedangkan Lignin akan terdekomposisi pada temperatur 280°C-500°C.

Pada temperatur 250°C hemiselulosa dan selulosa yang terkandung di dalam serbuk kayu mahoni mulai terdekomposisi. Hemiselulosa mulai terdekomposisi sebagian sedangkan selulosa baru akan mengalami dekomposisi sehingga menyebabkan massa tar yang dihasilkan dari proses pirolisis menjadi paling rendah dibandingkan dengan temperatur 350°C, 450°C dan 500°C.

Pada temperatur 350°C hemiselulosa dan selulosa sudah terdekomposisi secara menyeluruh sedangkan lignin baru sebagian mengalami dekomposisi. Dengan terdekomposisinya hemiselulosa dan selulosa secara menyeluruh, maka besar zat yang terbentuk pada proses pembentukan tar pun menjadi semakin banyak pula hal ini yang menyebabkan besar massa tar di titik 350°C lebih banyak dibandingkan dengan di titik 250°C.

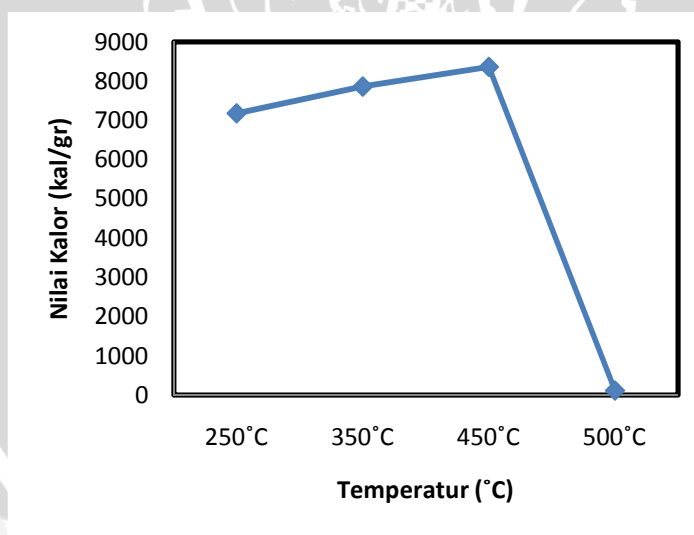
Pada temperatur 450°C hemiselulosa dan selulosa sudah mengalami dekomposisi menyeluruh sedangkan lignin masih sebagian namun lebih banyak dibandingkan pada temperatur 350°C. Pengaruh kadar lignin yang terdekomposisi pada titik 450°C yang lebih banyak terdekomposisi dibandingkan dengan pada titik titik

250°C dan 350°C yang menyebabkan jumlah massa tar yang dihasilkan pada titik 450°C lebih banyak.

Pada temperatur 500°C hemiselulosa, selulosa dan lignin terdekomposisi secara menyeluruh. Lignin pada temperatur 500°C terdekomposisi seluruhnya dan membentuk zat baru yang akan tercampur di dalam tar sehingga massa tar akan lebih besar dibandingkan dengan pada temperatur 250°C, 350°C dan 450°C.

Dapat disimpulkan dari grafik Pengaruh Temperatur Pirolisis dengan Massa Tar bahwa massa tar terbesar yang dapat dihasilkan dari proses pirolisis serbuk kayu mahoni adalah di titik 500°C dikarenakan pada suhu 500°C semua komponen utama dari serbuk kayu mahoni mengalami dekomposisi secara menyeluruh. Sedangkan massa tar terendah dihasilkan pada temperatur 250°C akibat komponen yang terdekomposisi lebih sedikit dibandingkan pada temperatur 350°C, 450°C dan 500°C. Presentase kenaikan terbesar terjadi di titik 450°C menuju titik 500°C. Di titik 500°C terjadi kenaikan 4 kali lipat dibandingkan di titik 450°C. Ini disebabkan lignin di titik 500°C terdekomposisi menyeluruh.

4.2.2 Analisa Grafik Pengaruh Temperatur dengan Nilai Kalor Tar Hasil Pirolisis



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Nilai Kalor Tar Hasil Pirolisis

Hasil lain dari penelitian ini dapat dilihat pada grafik pengaruh temperatur pirolisis terhadap nilai kalor tar hasil pirolisis. grafik tersebut menunjukkan pengaruh dari temperatur pirolisis terhadap nilai kalor tar yang dihasilkan dari pirolisis serbuk kayu mahoni. Adapun variasi temperatur yang ditampilkan pada grafik pengaruh

temperatur pirolisis dengan nilai kalor tar hasil pirolisis yaitu 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C.

Gambar 4.3 menunjukkan grafik pengaruh temperatur pirolisis dengan nilai kalor tar hasil pirolisis dengan temperatur sebesar 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C. Pada gambar 4.3 terjadi penurunan nilai kalor tar di titik 500°C

Dari grafik pengaruh temperatur dengan nilai kalor tar hasil pirolisis dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin besar nilai kalor dari tar hasil pirolisis. Ini disebabkan semakin besar temperatur pirolisis menyebabkan selulosa, hemiselulosa dan lignin semakin terdekomposisi secara menyeluruh. Namun penurunan nilai kalor terjadi pada temperatur 500°C akibat dari adanya campuran air atau adanya zat yang menguap.

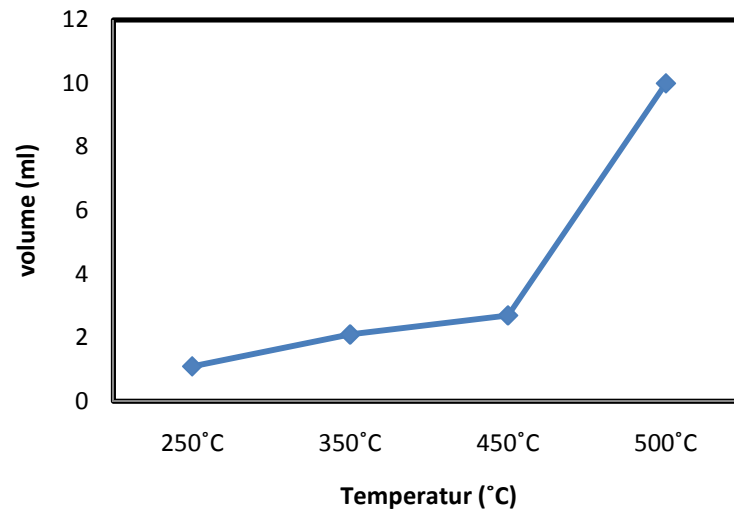
Pada temperatur 250°C hemiselulosa mengalami dekomposisi dan di dalam *hardwood* hemiselulosa ini banyak terkandung xylan dan sedikit glukosa sehingga rantai C-H yang terbentuk saat dekomposisi sedikit dan menyebabkan nilai kalor tidak terlalu tinggi.

Pada temperatur 350°C hemiselulosa dan selulosa mengalami dekomposisi. Hemiselulosa mengalami dekomposisi secara menyeluruh sedangkan selulosa baru mengalami dekomposisi dan rantai C-H dari selulosa yang terbentuk tidak terlalu banyak sehingga selisih nilai kalor dengan temperatur 250°C.

Pada temperatur 450°C Hemiselulosa dan selulosa telah terdekomposisi secara menyeluruh. Selulosa akan membentuk *anhydrocellulose* dan *levoglucosan*. Sedangkan lignin sebagian telah terdekomposisi dan membentuk rantai C-H yang tercampur dalam tar. dari hal ini menyebabkan nilai kalor yang cukup jauh perbedaannya dibandingkan pada temperatur 250°C dan 350°C.

Pada temperatur 500°C nilai kalor dari tar hasil pirolisis paling rendah dibandingkan dengan temperatur 250°C, 350°C dan 450°C. Ini dikarenakan adanya campuran air akibat proses pengembunan di kaca *beaker glass* yang lebih banyak dibandingkan pada temperatur 250°C, 350°C dan 450°C atau juga sangat memungkinkan terjadinya penguapan dari zat-zat yang telah terdekomposisi yang menyebabkan nilai kalor menurun.

4.2.3 Analisa Grafik Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Volume Tar Hasil Pirolisis



Gambar 4.4 Grafik pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Volume Tar Hasil Pirolisis

Hasil lain dari penelitian ini dapat dilihat pada grafik pengaruh temperatur pirolisis terhadap volume tar hasil pirolisis. grafik tersebut menunjukkan pengaruh dari temperatur pirolisis terhadap volume tar yang dihasilkan dari pirolisis serbuk kayu mahoni. Adapun variasi temperatur yang ditampilkan pada grafik pengaruh temperatur pirolisis dengan volume tar hasil pirolisis yaitu 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C.

Gambar 4.4 menunjukkan grafik pengaruh temperatur pirolisis dengan volume tar dengan temperatur sebesar 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C. Terjadi peningkatan di setiap titik. Peningkatan yang sangat besar terjadi di titik 500°C

Dari grafik pengaruh temperatur pirolisis dengan volume tar dapat dilihat bahwa semakin besar temperatur pirolisis maka semakin besar volume tar yang dapat dihasilkan, ini dikarenakan semakin semakin besar temperatur pirolisis maka komponen di dalam serbuk kayu mahoni semakin banyak terdekomposisi.

Selulosa merupakan salah satu komponen dari serbuk kayu mahoni yang akan terdekomposisi pada temperatur 250°C - 350°C. Selulosa akan mulai terpecah membentuk gas, *bio-oil*, dan char.

Hemiselulosa merupakan komponen yang akan terdekomposisi pada temperatur pirolisis 200°C-280°C. Sedangkan Lignin akan terdekomposisi pada temperatur 280°C-500°C.

Pada temperatur 250°C hemiselulosa dan selulosa yang terkandung di dalam serbuk kayu mahoni mulai terdekomposisi. Hemiselulosa mulai terdekomposisi sebagian sedangkan selulosa baru akan mengalami dekomposisi sehingga menyebabkan

volume tar yang dihasilkan dari proses pirolisis menjadi paling rendah dibandingkan dengan temperatur 350°C, 450°C dan 500°C.

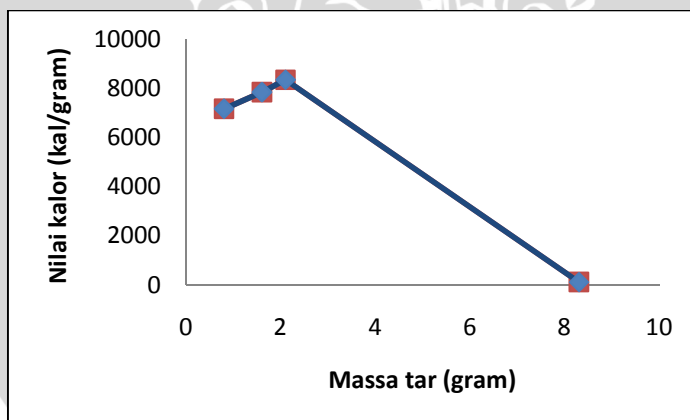
Pada temperatur 350°C hemiselulosa dan selulosa sudah terdekomposisi secara menyeluruh sedangkan lignin baru sebagian mengalami dekomposisi.

Pada temperatur 450°C hemiselulosa dan selulosa sudah mengalami dekomposisi menyeluruh sedangkan lignin masih sebagian namun lebih banyak dibandingkan pada temperatur 350°C.

Pada temperatur 500°C volume dari tar lebih besar dibandingkan pada temperatur 250°C, 350°C dan 450°C. Ini dikarenakan pada temperatur 500°C semua komponen yang terkandung di dalam serbuk kayu mahoni mengalami dekomposisi secara menyeluruh.

Peningkatan volume pada semua titik temperatur yang ditunjukkan pada grafik pengaruh temperatur pirolisis terhadap volume tar hasil pirolisis disebabkan oleh jumlah komponen yang mengalami dekomposisi semakin banyak seiring dengan peningkatan temperatur. Selain itu, kadar komponen yang terdekomposisi juga semakin meningkat seiring dengan peningkatan temperatur.

4.2.4 Analisa Grafik Hubungan Antara Massa Tar Hasil Pirolisis dengan Nilai Kalor



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Massa Tar Hasil Pirolisis dengan Nilai Kalor

Hasil lain dari penelitian ini dapat dilihat pada grafik pengaruh temperatur pirolisis terhadap volume tar hasil pirolisis. grafik tersebut menunjukkan pengaruh dari temperatur pirolisis terhadap volume tar yang dihasilkan dari pirolisis serbuk kayu mahoni. Adapun variasi temperatur yang ditampilkan pada grafik pengaruh temperatur pirolisis dengan volume tar hasil pirolisis yaitu 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C.

Gambar 4.5 menunjukkan grafik antara massa tar hasil temperatur dengan nilai kalor. Variasi temperatur yang digunakan sebesar 250°C, 350°C, 450°C dan 500°C.

Pada grafik hubungan antara massa tar hasil pirolisis dengan nilai kalor dapat diketahui bahwa seiring dengan meningkatnya massa tar yang dihasilkan pada pirolisis serbuk kayu mahoni maka sebanding lurus dengan nilai kalor yang dikandung oleh tar. namun pada temperatur 500°C mengalami penurunan yang kemungkinan diakibatkan adanya kandungan air yang tercampur atau juga adanya zat yang menguap dari tar.

Semakin banyaknya massa tar yang terbentuk maka menunjukkan komponen dari serbuk kayu mahoni banyak yang mengalami dekomposisi yang menghasilkan zat yang memiliki rantai karbon yang panjang. Adanya kandungan glukosa, levoglucosan menjadi pembeda pada massa tar yang berbeda. Ini yang menyebabkan nilai kalor yang terkandung pun meningkat pula. Tetapi terjadinya penurunan nilai kalor di titik 500°C ini disebabkan adanya zat yang menguap.



BAB V

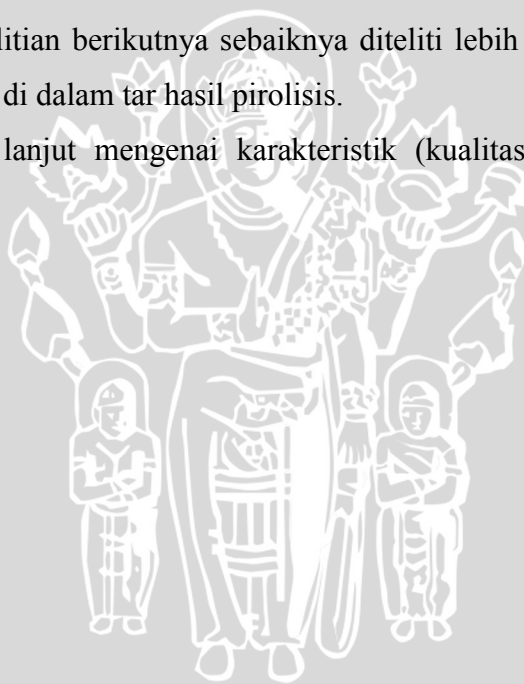
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya temperatur pirolisis maka massa tar yang terbentuk akan meningkat pada semua titik. Peningkatan tertinggi terjadi di titik 500°C di mana peningkatan terjadi sebanyak 4 kali lipat dibandingkan dengan titik 450°C. Sedangkan untuk nilai kalor dari tar pada titik 250°C, 350°C, 450°C nilai dari nilai kalor tar hasil pirolisis meningkat namun pada titik 500°C terjadi penurunan nilai kalor sebesar 70 kali lipat dibandingkan dengan titik 450°C.

5.2 Saran

1. Untuk melakukan penelitian berikutnya sebaiknya diteliti lebih mendalam mengenai kandungan yang berada di dalam tar hasil pirolisis.
2. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik (kualitas) dari tar agar bisa dimanfaatkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Sinha, S., Jhalani, A., Ravi M. R. & Ray, A. 2012. *Modelling of Pyrolysis in Wood: A Review*. Indian Institute of Technology.
- Fu, Qirong., Argyropoulos, D. S., Lucia, L. A., Tilotta, D. C. & Lebow, S. T. 2009. *Chemical Yields from Low-Temperature Pyrolysis of CCA-Treated Wood*. United States. Advanced Housing Research Center.
- Richards, Geoffrey N., Rahman, M. D., Degroot, W. F. & Pan, Wei-Ping. 1987. *Early Products of Pyrolysis of Wood*. United States. University of Montana.
- Richards, Geoffrey N., Rahman, M. D., Degroot, W. F. & Pan, Wei-Ping. 1987. *First Chemical Events in Pyrolysis of Wood*. United States. University of Montana.
- Mohan, Dinesh., Pittman, Charles. U. & Steele, Philip. H. 2005. *Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review*. Jurnal Energi dan Bahan Bakar (20): 848-889.
- Guo, Jieheng. 2004. *Pyrolysis of Wood Powder and Gasification of Wood-derived Char*. Tesis tidak dipublikasikan. Jerman: University of Technology.
- Rath, Johannes. & Staudinger, Gernot. 2001. *Pyrolysis of Birch Wood*. Jurnal Thermal Science 5(2):83-94.
- Fatimah, Is. 2004. *Pengaruh laju pemanasan terhadap komposisi Biofuel hasil pirolisis serbuk kayu*. Jurnal LOGIKA, vol 1, No. 1.
- Kim, Yong Seok., jeong, Seong. Uk. Yoon, Wang, Lai., Yoon, Hyung, Kee. & Kim, Hyun, Sung. 2002. *Tar-formation kinetics and adsorption characteristics of pyrolyzed waste lubricating oil*. J. Anal. Appl. Pyrolysis 70 (2003) 19_ 33.
- Danarto, Y.C., Utomo, Prasetyo, Budi. & Sasmita, Ferry. 2010. *Pirolisis Limbah Serbuk Kayu dengan Katalisator Zeolit*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia.

Lampiran 1. Tabel Data Hasil Penelitian

Tabel 1. Data pengujian pirolisis

No	Temperatur	Massa Tar (gram)	Nilai Kalor (Kal/g)	Volume (ml)
1	250°C	0,8	7180,377	1,1
2	350°C	1,6	7859,8147	2,1
3	450°C	2,1	8360,1065	2,7
4	500°C	8,3	121,08754	10

Tabel 2. Data pengujian nilai kalor

no	Suhu awal	Suhu terbakar	kawat terbakar (cm)	massa abu (gram)
1	27	28,5	8	0,4
2	26,49	27,15	8,5	0,45
3	25,55	26,6	8,7	0,48
4	26,83	26,86	7,5	0,4