

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**ANALISA VARIASI SERBUK KAYU MAHONI DAN SERBUK KAYU
SENGON TERHADAP NILAI KALOR DAN SIFAT FISIK CHAR PADA
PROSES PIROLISIS**



Disusun Oleh :

Nama : Aidil Rahmad Hidayat
Nim : 14.11.185
Jurusan : Teknik Mesin S1

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin S1

Sibut, ST. MT.
NIP. P. 1030300379

Disetujui/Diperiksa,

Dosen Pembimbing

Ir. Drs. Soegijanto, MT.
NIP. 19520871981031009



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Aidil Rahmad Hidayat
NIM : 1411185
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Judul : Analisa Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu
Sengon Terhadap Nilai Kalor dan Sifat Fisik *Char* Pada
Proses Pirolisis

Dipertahankan di hadapan Tim Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Sabtu
Tanggal : 18 Agustus 2018
Dengan Nilai : 87

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA,

Sibut, ST, MT
NIP Y. 1030300379

SEKRETARIS,

Ir. Teguh Rahardjo, MT
NIP. 195706011992021001

ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI I,

Ir. Soeparno Djiwo, MT
NIP Y. 1018600128

PENGUJI II,

Ir. Basuki Widodo, MT
NIP.Y. 1018100037

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Nama : AIDIL RAHMAD HIDAYAT
Nim : 14.11.185
Jurusan : TEKNIK MESIN S-1
Jurusan : ANALISA VARIASI SERBUK KAYU MAHONI DAN
SERBUK KAYU SENGON TERHADAP NILAI KALOR DAN
SIFAT FISIK *CHAR* PADA PROSES PIROLISIS.

Tanggal Mengajukan Skripsi : 27 Februari 2018
Tanggal Menyelesaian Skripsi : 13 Agustus 2018
Dosen Pembimbing : Ir. Drs. Sugijanto, MT
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 87

Malang, 13 Agustus 2018

Disetujui/Diperiksa,
Dosen Pembimbing



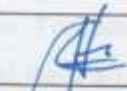
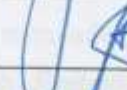


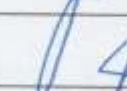
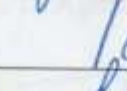


Ir. Drs. Soegijanto, MT.

NIP. 19520871981031009

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

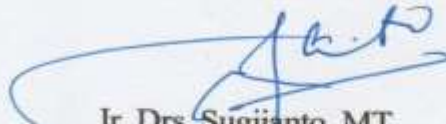
Nama : Aidil Rahmad Hidayat
NIM : 1411185
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : Analisa Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu
Sengon Terhadap Nilai Kalor dan Sifat Fisik *Char* Pada
Proses Pirolisis

Dosen Pembimbing : Ir. Drs. Sugijanto, MT.

No.	Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	04-05-2018	Pengajuan Judul Skripsi	
2	07-05-2018	Revisi Judul Skripsi	
3	20-06-2018	Pengajuan Proposal Skripsi	
4	23-06-2018	Revisi Proposal Skripsi	
5	17-07-2018	Asistensi Bab 1, 2 dan 3	
6	22-07-2018	Asistensi Bab 4 dan 5	
7	02-08-2018	Asistensi Makalah Seminar Hasil	
8	13-08-2018	Pemeriksaan Sistematika Penulisan Skripsi	

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Drs. Sugijanto, MT.
NIP. 19520871981031009

KATA PENGANTAR

PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aidil Rahmad Hidayat

NIM : 1411185

Jurusan : Teknik Mesin S-1

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul "Analisa Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Terhadap Nilai Kalor dan Sifat Fisik *Char* Pada Proses Pirolisis" adalah skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 13 Agustus 2018



Aidil Rahmad Hidayat

NIM. 14.11.185

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridho-Nya kepada umat manusia, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi pada waktunya. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan program studi jurusan Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyelesaian skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan, motivasi, dan doa dari berbagai pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Sehubungan dengan itu, penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr. F. Yudi Lipraptiono, ST. MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Sibut, ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1 ITN Malang.
4. Bapak Ir. Drs. Soegijanto, MT. selaku dosen pembimbing yang tidak hentinya memberikan arahan, dukungan, serta motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
5. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moril maupun serta doa beliau penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan ridho-Nya.
6. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 13 Agustus 2018



Aidil Rahmad Hidayat

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI	iii
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GRAFIK	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Biomassa	7
2.3 Serbuk kayu.....	10
2.4 Komponen utama serbuk kayu	11
2.4.1 Selulosa.....	11
2.4.2 Hemiselulosa.....	12
2.4.3 Lignin.....	12
2.5 Pirolisis.....	13
2.6 Conventional Pyrolysis	15
2.7 Char	16
2.8 Nilai Kalor.....	17
2.9 Hipotesa.....	18

BAB III	19
METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Metode Penelitian.....	20
3.3 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	20
3.3 Variabel Penelitian	20
3.4 Alat yang Digunakan.....	21
3.4.1 Peralatan Penelitian	21
3.4.2 Spesimen Uji	32
3.5 Prosedur Penelitian.....	34
BAB IV	37
HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil Penelitian.....	37
4.1.1 Data Hasil Penelitian Massa Char	37
4.1.2 Data Hasil Penelitian Volume Char.....	38
4.1.3 Data Hasil Penelitian Nilai Kalor Char	38
4.2 Pengolahan Data Hasil Penelitian	39
4.2.1 Pengolahan Data Hasil Penelitian Massa	39
4.2.2 Pengolahan Data Hasil Penelitian Volume Char	40
4.2.3 Pengolahan Data Hasil Penelitian Nilai Kalor Char	41
4.3 Pembahasan	45
4.3.1 Pembahasan Hasil Pengolahan Data Penelitian Massa Char.....	45
4.3.2 Pembahasan Hasil Pengolahan Data Penelitian Volume Char	47
4.3.3 Pembahasan Hasil Pengolahan Data Penelitian Nilai Kalor Char	49
BAB V	51
KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN DOKUMENTASI PENELITIAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 hasil penelitian Siew Mei Lim	7
Tabel 2.3 Macam – Macam Pirolisis	14
Tabel 4.1 Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Massa <i>Char</i>	30
Tabel 4.2 Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Volume <i>Char</i>	33
Tabel 4.3 Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Nilai Kalor <i>Char</i>	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 contoh biomassa.....	8
Gambar 2.2 Pemanfatan biomassa sebagai sumber energi.....	9
Gambar 2.4 Dekomposisi Komponen Serbuk kayu	13
Gambar 2.5 hasil pirolisis	14
Gambar 2.6 Contoh Skema Alat <i>Conventional Pyrolysis</i>	16
Gambar 2.7 Char hasil pirolisis	17
Gambar 3.1 diagram alir penelitian	19
Gambar 3.2 Intalasi Pirolisis.....	21
Gambar 3.3 Tabung Pirolisis	22
Gambar 3.4 Pressure Gauge.....	23
Gambar 3.5 Manometer U	24
Gambar 3.6 Heater	25
Gambar 3.7 Isolator	26
Gambar 3.8 Thermocouple	27
Gambar 3.9 Thermocontrol.....	28
Gambar 3.10 Kamera.....	29
Gambar 3.11 Saklar On/Off.....	29
Gambar 3.12 Timbangan Elektrik	30
Gambar 3.13 Stopwacth.....	31
Gambar 3.14 Oven.....	31
Gambar 3.15 Gelas Ukur	32
Gambar 3.16 Spesimen Uji Serbuk Kayu Sengon	33
Gambar 3.17 Spesimen Uji Serbuk Kayu Mahoni	33
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Massa Char.....	45
Gambar 4.2 Grafik pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Volume Char.....	47
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni Dan Serbuk Kayu Sengon Terhadap Nilai Kalor Char Hasil Pirolisis.	49

DAFTAR GRAFIK

4.2.1	Analisa Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Massa <i>Char</i>	45
4.3.1	Analisa Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Volume <i>Char</i>	47
4.4.1	Analisa Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Nilai Kalor Char	49

**ANALISA VARIASI SERBUK KAYU MAHONI DAN SERBUK KAYU
SENGON TERHADAP NILAI KALOR DAN SIFAT FISIK *CHAR* PADA
PROSES PIROLISIS**

Aidil Rahmad Hidayat (1411185)
Jurusan Teknik Mesin S-1, FTI – Institut Teknologi Nasional Malang
Email : aidilrahmad01@gmail.com

Abstrak

Pirolisis adalah proses pemanasan biomassa yang dalam prosesnya tanpa menggunakan oksigen. Kayu sengon dan kayu mahoni merupakan jenis kayu yang banyak dijumpai di tempat pemotongan kayu karena proses pertumbuhan kayu yang lebih cepat dari jenis kayu lainnya sehingga banyak terjadi pembuangan limbah serbuk kayu sengon dan serbuk kayu mahoni yang terbuang sia-sia dan belum di manfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis. maka dari sisa-sisa kayu hasil pembuangan kemudian nantinya akan digunakan sebagai bahan baku untuk proses pirolisis. Dalam proses penelitian ini digunakan variasi serbuk kayu dengan komposisi masing masing sebagai berikut serbuk kayu mahoni 100%, serbuk kayu sengon 100%, serbuk kayu mahoni 20%-serbuk kayu sengon 80%, serbuk kayu mahoni 80%-serbuk kayu sengon 20%, serbuk kayu mahoni 40%-serbuk kayu sengon 60% dan serbuk kayu mahoni 60%-serbuk kayu sengon 40% ini untuk mengetahui nilai kalor, massa dan volume dengan temperatur 500 °C, Sedangkan lamanya proses pemanasan dilakukan selama 180 menit tanpa menggunakan oksigen. Dan dalam penelitian ini didapat bahwasanya semakin banyak komposisi serbuk kayu mahoni maka nilai kalor, massa dan volume lebih tinggi dibandingkan serbuk kayu sengon hasil proses pirolisis.

Keywords : Pirolisis, Serbuk Kayu Mahoni, Serbuk Kayu Sengon, Nilai Kalor, massa, volume.

**ANALYSIS OF VARIATION OF MAHONI WOOD POWDER AND
SENGON WOOD POWDER ON CALOR VALUE AND CHARICAL
PHYSICAL PROPERTIES IN PYROLYSIS PROCESS**

Aidil Rahmad Hidayat (1411185)

Department of Mechanical Engineering S-1, FTI - National Institute of
Technology Malang

Email : aidilrahmad01@gmail.com

Abstract

Pyrolysis is the process of heating biomass in the process without using oxygen. Sengon wood and mahogany wood are the types of wood that are often found in wood cutting sites because the process of wood growth is faster than other types of wood so there is a lot of waste disposal of sengon wood powder and mahogany wood powder which is wasted and has not been utilized as a product have economic value. then the remnants of the waste wood will then be used as raw material for the pyrolysis process. In this research process used a variety of wood powder with their respective composition as follows: 100% mahogany wood powder, 100% sengon wood powder, 20% mahogany wood powder - 80% sengon wood powder, 80% mahogany wood powder - 20% sengon wood powder, Mahogany wood powder 40% - 60% sengon wood powder and 60% mahogany wood powder - 40% sengon wood powder to determine the heating value, mass and volume with a temperature of 500 oC, while the length of the heating process is carried out for 180 minutes without using oxygen. And in this study, it was found that the more composition of mahogany wood, the higher the heat value, mass and volume than the sengon sawdust from the pyrolysis process.

Keywords: Pyrolysis, Mahogany Powder, Sengon Wood Powder, Calorific Value, mass, volume

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah merupakan hasil dari kegiatan industri yang dilahkukan manusia pada umumnya, ada yang masih di bisa di olah kembali atau dibuang begitu saja. Pengolahan limbah sudah banyak terkadang pengolahan yang kurang tepat membuat limbah tidak ada manfaatnya. Semakin berkembangnya teknologi pengolahan limbah terus dikembangkan agar di dapat hasil yang maksimal, sehingga limbah menjadi bahan yang berdaya jual tinggi apabila tepat dalam pengolahannya dan, tidak mencemari lingkungan.

Dalam pengolahan limbah yang belum efektif dapat mengurangi daya jualnya, dari mulai membiarkan terurai, di bakar dan lail-lain, upaya tersebut masih belum dapat mengurangi limbah. Sudah banyak metode pengolahan limbah secara modern tapi kegunaan yang kurang efisien membuat pengolahan limbah nilai jualnya kurang.

Disisi lain kebutuhan akan bahan bakar yang begitu besar dan semakin menipisnya cadangan dari bahan bakar fosil ini juga memerlukan sebuah inovasi metode alternatif dengan teknologi yang mudah dan sederhana untuk memenuhi kebutuhan akan bahan bakar dan sekaligus dapat menangani masalah penumpukan sampah. Salah satu teknologi yang mudah dan sederhana untuk mengubah biomassa/sampah menjadi sumber energi alternatif sekaligus dapat mengurangi massa dan volume sampah adalah pirolisis.

Pirolisis merupakan salah satu teknologi alternatif yang merupakan metode untuk mendapatkan sumber energi hidrokarbon. Teknologi ini adalah teknologi pembakaran tanpa melibatkan O_2 dalam prosesnya. Sumber bahan bakar dari pirolisis ini berasal dari sumber daya yang terbarukan seperti *biomass*/sampah. Disamping sumber daya yang terbarukan, hasil dari pirolisis ini menghasilkan zat yang ramah lingkungan namun memiliki manfaat yang banyak, seperti asap cair, tar, arang dan minyak atsiri.

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 langsung digunakan tanpa perlakuan, maka kayu mempunyai nilai kalor yang rendah.

Serbuk kayu sendiri dapat diperoleh dari limbah kayu disekitar kita, maka serbuk kayu yang merupakan *biomass* juga bisa digunakan sebagai bahan baku dalam proses pirolisis. Limbah kayu sendiri tersedia dalam jumlah yang banyak sekitar 38-43% dari penebangan pohon, antara lain berupa serbuk kayu, potongan kayu dan sisa ketaman kayu. Selama ini limbah kayu hanya dimanfaatkan sebagai media penanaman jamur dan penghara. Padahal pemanfaatan limbah kayu pada pembuatan asap cair dan arang telah mendapat perhatian pada beberapa tahun belakangan ini, yang dapat diproduksi dengan metode pirolisis.

Di dalam serbuk kayu terdapat zat-zat yang dapat didekomposisi. 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. Salah satu zat tersebut adalah char. Char merupakan suatu zat yang termodifikasi pada umumnya dihasilkan dari biomassa dalam reaksi pirolisis. Berbentuk padat dan berwarna hitam.

Char ini memiliki banyak keunggulan, antara lain bermanfaat sebagai sumber energi terutama jika dikembangkan menjadi briket dengan teknologi pengepresan (Haji, 2007). Penggunaan briket sebagai bahan bakar sangat menguntungkan, terutama pada saat ini sedang terjadi krisis bahan bakar. Char juga dapat dimanfaatkan sebagai pembangun kesuburan tanah (Gusmailina dan Pari, 2002).

Pirolisis dari serbuk kayu akan menghasilkan dekomposisi yang sangat kompleks dan rumit, sehingga perlu adanya pengujian untuk mengetahui *kinetic rate of pyrolysis* agar dapat diketahui seberapa besar laju reaksi kinetik dari proses pirolisis serbuk kayu sengon dan serbuk kayu mahoni. *Kinetic rate of pyrolysis* ini akan mampu memprediksi fenomena dekomposisi dari komponen-komponen yang terkandung dalam biomassa selama proses pirolisis melalui formula

matematika. Dengan kata lain proses pirolisis dapat direpresentasikan dalam sebuah persamaan yang akan memberikan informasi kualitatif selama proses berlangsung.

Kualitas dari char sendiri akan dilihat dari nilai kalor char yang dihasilkan dari proses pirolisis. Char hasil pirolisis ini diharapkan mengalami peningkatan nilai kalor dibandingkan sebelum dilakukan proses pirolisis sehingga akan dihasilkan bahan bakar alternatif yang memiliki nilai kalor tinggi yang berasal dari bahan yang banyak dibuang oleh masyarakat. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi yang lebih tentang dekomposisi yang berlangsung selama proses pirolisis serta menghasilkan char dengan nilai kalor yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi serbuk kayu sengon dan serbuk kayu mahoni terhadap massa char hasil pirolisis ?
2. Bagaimana pengaruh variasi serbuk kayu sengon dan serbuk kayu mahoni terhadap volume char hasil pirolisis ?
3. Bagaimana pengaruh variasi serbuk kayu sengon dan serbuk kayu mahoni terhadap nilai kalor char hasil pirolisis?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Biomassa yang digunakan adalah serbuk kayu sengon dan serbuk kayu mahoni.
2. Kondisi *pyrolyzer* dianggap tidak ada kebocoran.
3. Serbuk kayu sengon dan Serbuk kayu Mahoni sebelum pirolisis mengandung kadar air 0% -2%.
4. Tidak mempelajari produk gas dan cair.
5. Hanya membahas massa, volume dan nilai kalor char.
6. Tidak mempelajari komposisi kimia char.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui volume, massa dan nilai kalor char hasil pirolisis dari variasi serbuk kayu sengon dan serbuk kayu mahoni.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agar mahasiswa dapat mengetahui variasi dari serbuk kayu sengon dan serbuk kayu mahoni untuk mendapatkan kualitas char hasil pirolisis yang baik.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan bagi masyarakat tentang proses pirolisis.
3. Agar masyarakat lebih mengerti cara menangani permasalahan penumpukan sampah.
4. Memberikan pengetahuan bahwa ada metode lain yang bisa digunakan untuk meningkatkan bahan bakar.
5. Sebagai dasar maupun literatur penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Ikhwanul Qiram (2015), meneliti tentang Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kuantitas Char Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni Pada Rotary Kiln, Pirolisis adalah proses dekomposisi termokimia biomassa menjadi produk yang bermanfaat. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Rotary Kiln pirolizer yang terdiri dari silinder pemanas yang berputar dengan kecepatan rotasi tertentu. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pirolisis dengan 200 gram switenia macrophylla dalam bentuk debu. Temperatur divariasikan 250°C, 350°C, 450°C, 500°C, dan 600°C. Suhu pemanasan disediakan oleh pemanas electric dengan sistem kontrol. Temperatur diukur dengan termokopel tipe K. Proses pemanasan telah berlangsung selama 180 menit menggunakan stopwatch. Pengukuran telah dilakukan untuk biomassa dan volume Char menggunakan gelas ukur. Massa diukur dengan menggunakan skala massa. Nilai kalor rendah diukur dengan menggunakan bomb calorimeter. Hasilnya menunjukkan bahwa suhu berpengaruh karena produk Char dari switenia macrophylla Rotary Kiln pirolisis. Hilangnya massa Char cenderung meningkat karena suhu meningkat. Nilai pemanasan rendah dan porositas Char cenderung meningkat karena persentase kehilangan massa. Faktor penyusutan dan persentase energi hasil cenderung menurun karena persentase kehilangan massa

Abdul Gani Haji *et al.* (2010), meneliti tentang kualitas arang hasil pirolisis cangkang kelapa sawit. Dari hasil penelitian ini didapatkan rata-rata rendemen arang hasil pirolisis cangkang kelapa sawit pada suhu 378°C adalah sebesar 38,81% (w/w). Hasil karakterisasi menunjukkan arang ini mengandung 4,02% air, 20,44% zat menguap, 17,46% abu, 62,10% karbon terikat, dan nilai kalor 6.118 kalori/g.

Munawar Ali *et al.* (2012), meneliti tentang pengolahan sampah plastik menjadi minyak menggunakan proses pirolisis. Penelitian ini menggunakan variasi suhu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, 420°C dan menggunakan variasi waktu 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 menit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa plastik

HDPE mempunyai nilai $k = 0,12468$ sedangkan plastik LDPE mempunyai nilai $k = 0,02004$.

Santiyo wibowo¹ (2013), Meneliti tentang karakteristik bio- oil serbuk kayu sengon dengan proses pirolisis lambat, mendapatkan informasi teknik pembuatan bio-oil dengan bahan baku serbuk gergaji sengon menggunakan proses pirolisis lambat . Pada proses ini serbuk gergaji dipanaskan dengan udara terbatas pada suhu 350 -500 C, selama 30-60 menit. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu dan lama pirolisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan yang menghasilkan bio-oil yang optimum adalah suhu 500 C selama 30 menit, dengan karakteristik sebagai berikut; rendemen liquid 43,75% dengan rendemen bio-oil sebesar 7,95%, kadar fenol 3,80, pH 2,84, bobot jenis 1,116 g/cm³ , nilai kalor 22,42 MJ/kg dan daya nyala sedang. Bio-oil yang dihasilkan didominasi oleh asam asetat dan fenol, selain itu terdapat beberapa komponen yang termasuk bahan bakar mudah terbakar yaitu 2-propanon (CAS) aseton, benzena, 1,2,4 trimethylbenzena, dan 2Furanmetanol

Afli naelufar (2014), meneliti tentang Zat ekstratif kayu mahoni dan pengaruhnya terhadap nilai kalor Zat ekstraktif kayu mahoni berdasarkan pelarut n-heksana, etil asetat, etil eter, dan aseton berturut-turut yaitu 0.55, 1.01, 1.38, dan 2.19%. Perlakuan ekstraksi menurunkan nilai kalor serbuk kayu. Nilai kalor bio-massa kayu dari serbuk awal hingga serbuk bebas fraksi n-heksan, etil asetat, etil eter, dan aseton, masing-masing sebesar 4376, 4300, 4276, 4271, dan 4076 kkal/kg dengan penurunan masing-masing sebesar 1.76, 0.55, 0.12, dan 4.57%. Hal ini mengindikasikan bahwa zat ekstraktif berpengaruh terhadap nilai kalor kayu. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi nilai kalor kayu antara lain kadar karbon, zat terbang, kadar abu, dan kadar air bahan baku. Kadar karbon terikat memberikan korelasi positif terhadap nilai kalor kayu, yang ditunjukkan dari nilai koefisien determinasinya ($R^2 = 0.599$). Berdasarkan pengujian nilai kalor, kayu mahoni yang diuji berpotensi cukup tinggi sebagai bahan baku energi biomassa.

Siew Mei Lim *et al.* (2005), meneliti tentang efek pada pirolisis beberapa jenis kayu secara non-isothermal. Penelitian ini memakai metode *thermogravime-*

try analysis (TGA) dengan *heating rate* 12°C/min dan hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 hasil penelitian Siew Mei Lim

Material	Temperature Range (°C)	α		Activation Energy E (kJ/mol)	Frequency Factor A (min ⁻¹)
		W ₁ (%)	W ₂ (%)		
Balau B(N)	210-310	90.69	77.44	139.17	4.643E09
	310-370	77.44	29.09	199.40	2.062E13
	370-550	29.09	10.65	100.70	1.900E03
Durian D(N)	230-320	87.30	70.18	171.63	5.029E12
	320-400	70.18	18.54	212.04	1.509E14
	400-550	18.54	7.436	110.85	1.001E04
Kapur K(N)	210-300	92.25	79.78	150.10	8.080E10
	300-390	79.78	34.65	169.65	9.912E10
	390-550	34.65	28.14	85.69	2.149E02
Meranti M(N)	220-310	87.24	74.86	148.03	3.534E10
	310-400	74.86	33.45	171.46	5.885E10
	400-550	33.45	26.22	93.13	7.002E02

2.2 Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya.

Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Di Indonesia, biomassa merupakan sumber daya alam yang sangat penting dengan berbagai produk primer sebagai serat, kayu, minyak, bahan pangan dan lain-lain yang selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik juga diekspor dan menjadi tulang punggung penghasil devisa negara.

Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Limbah yang berasal dari hewan maupun tumbuhan

semuanya potensial untuk dikembangkan. Tanaman pangan dan perkebunan menghasilkan limbah yang cukup besar, yang dapat dipergunakan untuk keperluan lain seperti bahan bakar nabati. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabati memberi tiga keuntungan langsung. Pertama, peningkatan efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan. Kedua, penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal dari pada memanfaatkannya. Ketiga, mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan.



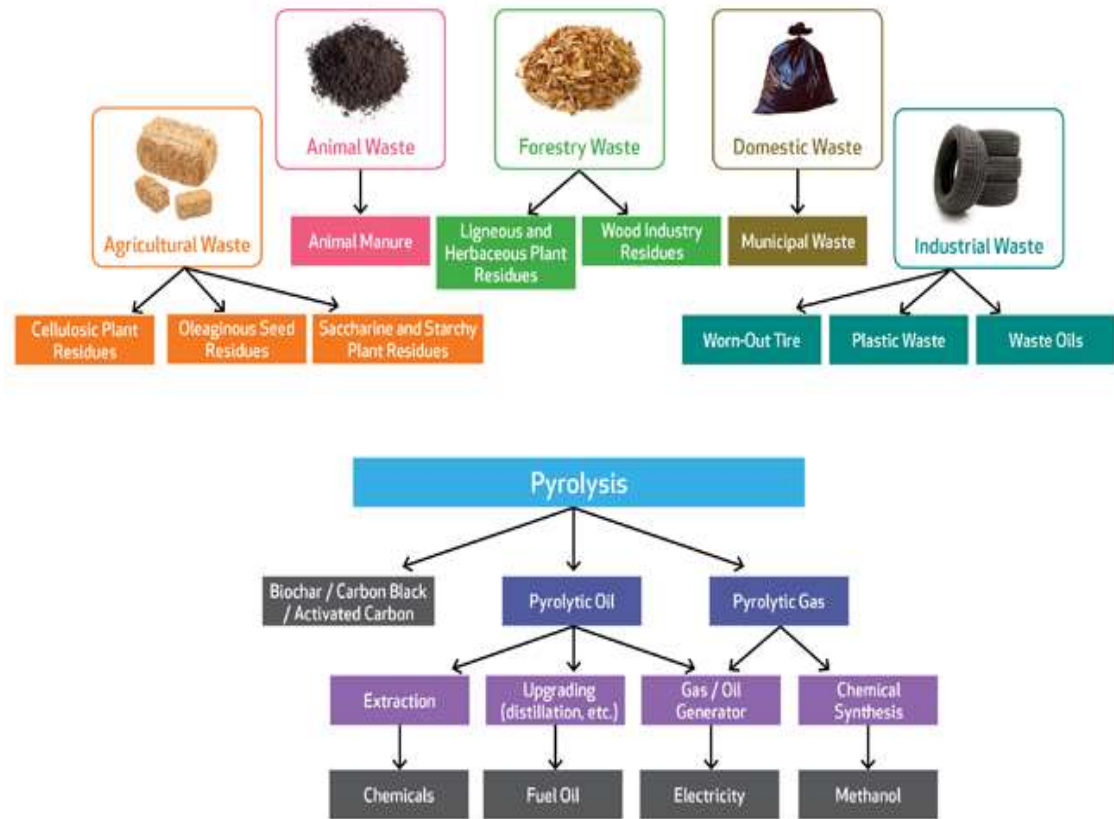
Gambar 2.1 contoh biomassa

Sumber : Boedmade, 2011

Agar biomassa bisa digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversinya. Terdapat beberapa teknologi untuk konversi biomassa, dijelaskan pada Gambar 2.2. Teknologi konversi biomassa tentu saja membutuhkan perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan menghasilkan perbedaan bahan bakar yang dihasilkan.

Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pembakaran langsung, konversi termokimiawi dan konversi biokimiawi. Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa telah dapat langsung dibakar. Beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan didensifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan. Konversi termokimiawi merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Sedangkan konversi biokimiawi

merupakan teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar.



Gambar 2.2 Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi
 Sumber : Merkez ofis, 2011

Salah satu jenis biomassa yang banyak dijumpai dan memakan banyak tempat penimpunan adalah serbuk kayu. 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.

2.3 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.

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.

Jenis kayu yang bisa dijadikan bahan untuk pirolisis adalah kayu sengon dan 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 dan untuk kayu sengon lebih sering digunakan untuk pembuatan triplek dan kertas. 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 dan kertas ini yang nantinya akan digunakan sebagai bahan untuk pirolisis dan akan di dekomposisi.

Serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon mengandung 3 unsur utama yang bisa dimanfaatkan untuk dijadikan produk pirolisis. Unsur-unsur tersebut adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Serbuk kayu sengon dan 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 2.2 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 2.3 Serbuk Kayu Mahoni

2.4 Komponen utama serbuk kayu

2.4.1 Selulosa

Selulosa merupakan polisakarida berantai panjang yang tersusun dari unit glukosa. Dalam bentuk piranosa yang berhubungan satu dengan yang lainnya melalui ikatan 1,4 glukosidik. Rumus molekul selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$. Berat molekul selulosa sekitar 2500.000-1.000.000 atau lebih dan umumnya tiap molekul selulosa sekurang-kurangnya terdiri dari 1.500 satuan glukosa.

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).

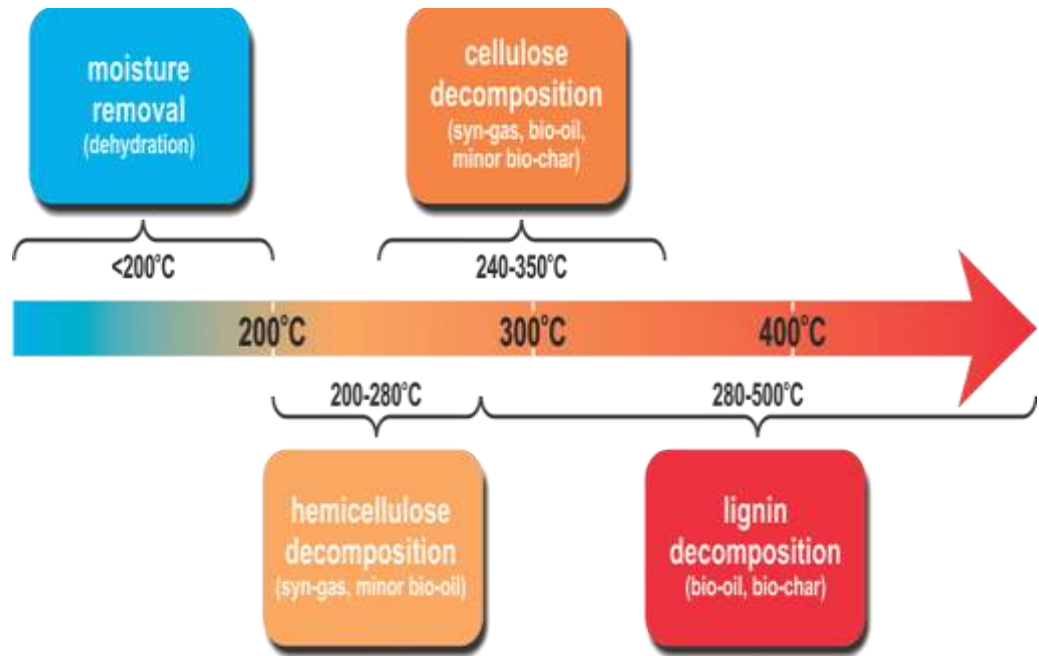
2.4.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polimer amorf yang berasosiasi dengan selulosa dan lignin. Sifatnya mudah mengalami depolimerisasi, hidrolisis oleh asam, basa, mudah larut air. Memiliki ikatan dengan lignin lebih kuat dari pada ikatan dengan selulosa dan mudah mengikat air.

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).

2.4.3 Lignin

Kandungan ketiga yang umumnya terkandung pada serbuk kayu mahoni adalah *lignin*. *Lignin* merupakan senyawa dimana unit komponennya, fenilpropana dan turunannya, terikat secara 3 dimensi. Strukturnya kompleks dan sejauh ini belum sepenuhnya dipahami. Struktur 3 dimensi yang kompleks ini menyebabkan ia sulit untuk diuraikan oleh mikroorganisme dan bahan-bahan kimia. 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.

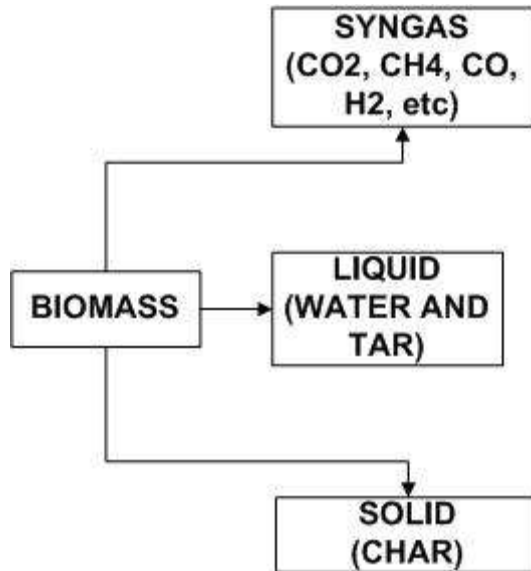


Gambar 2.4 Dekomposisi Komponen Serbuk kayu
 Sumber : Diacarbon Energy inc, 2012

2.5 Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi termal dari bahan bakar menjadi cairan (tar), gas, dan arang padat (char) dengan keadaan tanpa atau jumlah oksigen yang ikut dalam proses sangat sedikit. Produk pirolisis dapat digunakan sebagai bahan bakar secara langsung atau juga bisa ditingkatkan kualitasnya sehingga bisa dimanfaatkan lebih baik. Produk-produk ini merupakan hasil dekomposisi dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalam bahan bakar. 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 $450^{\circ}\text{C}-500^{\circ}\text{C}$ tergantung dari jenis bahan bakar 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 produk dari proses pirolisis. Senyawa yang terkandung di dalam serbuk kayu membutuhkan waktu untuk membentuk ikatan dan membentuk senyawa baru.



Gambar 2.5 hasil pirolisis

Menurut temperatur operasi yang digunakan dan waktu tinggal (*residence time*), pirolisis terbagi menjadi 3 yaitu *conventional/slow pyrolysis*, *fast pyrolysis*, dan *flash pyrolysis*.

Tabel 2.3 Macam – Macam Pirolisis

pyrolysis process	heating velocity [°C/s]	residence time [s]	main product(s)
slow	<< 1	300 – 1800	char gas, oil, char
fast	500 – 100000	0.5 – 5	oil
flash	> 10 ³	< 1 < 1 < 0.5	oil gas gas

Sumber : Meijer (2001)

- Slow/Conventional Pyrolysis

Slow pyrolysis (pirolisis lambat) dari biomasa dilakukan pada laju pemanasan kurang dari 1°C/s. Mekanisme reaksi yang terjadi dan produk yang dihasilkan sangat berbeda dengan *fast* dan *flash pyrolysis*. Banyak produk 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. Selain *bio-oil* dan *char*.

Produk-produk Non-combustible, seperti CO₂, senyawa organik, dan uap air, dihilangkan pada temperatur antara 100 °C dan 200 °C. Di atas temperatur 200 °C, terjadi pemecahan struktur komponen bahan organik menjadi gas dengan massa molekul yang rendah (*volatile*) dan char karbon. Pada temperatur 500 °C semua *volatile* hilang, yang tersisa adalah char (Beall & Eickner, 1970).

- Fast Pyrolysis

Laju pemanasan yang digunakan antara 500 hingga 10⁵°C/s. Ukuran spesimen yang digunakan 2 mm agar panas lebih cepat merata dan waktu pemanasan yang digunakan relatif cepat yaitu 0,5-5 detik.

Untuk menghasilkan produk cair yang maksimal, temperatur yang diperlukan kira-kira 500°C, ukuran partikel biomassa (<2mm), kelembaban (<10%) dan uap harus segera dipisahkan dari char mencegah reaksi sekunder yang menyebabkan terbentuknya produk gas (Bridgwater, 2004;. Kersten et al, 2005). Hasil dari proses pirolisis cepat adalah 60-75% bio-oil, 15-25% char, dan 10-20% *non-condensable gas*, tergantung pada bahan baku yang digunakan (Mohan et al, 2006).

- Flash Pyrolysis

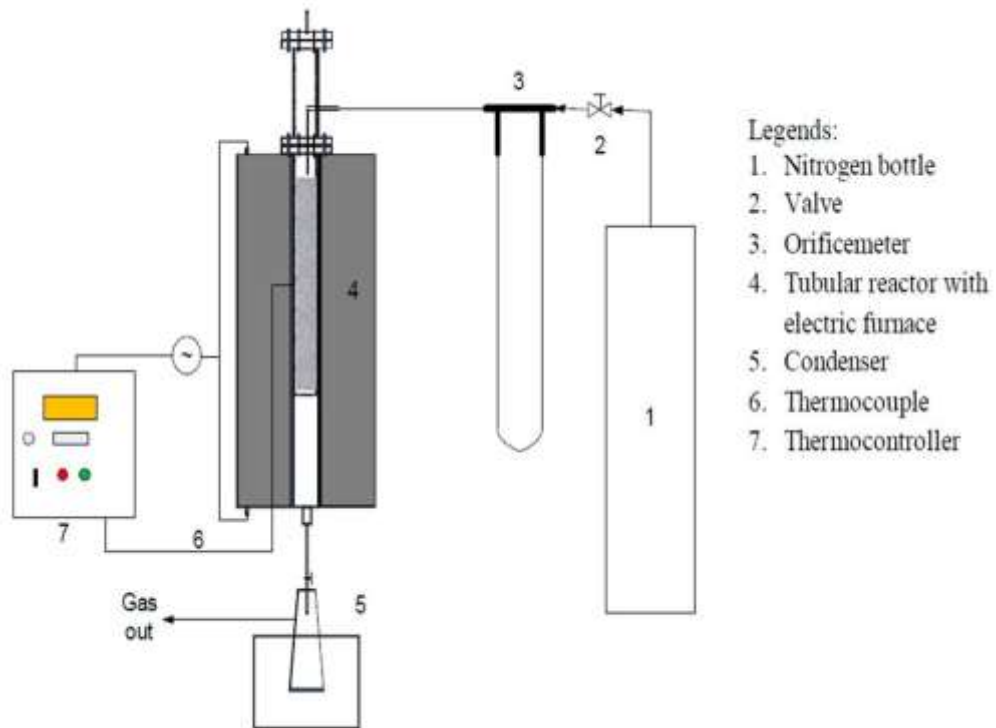
Karakteristik dari flash pyrolysis yaitu laju pemanasan yang sangat cepat yaitu lebih besar dari 10⁵°C/s. Jika dibandingkan dengan *slow pyrolysis*, char dan gas yang dihasilkan lebih sedikit. Pada pirolisis tipe ini dihasilkan tar yang lebih banyak.

2.6 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 membutuh-

kan bahan baku yang lebih sedikit apabila bahan bakar berasal dari arang ataupun bahan bakar lainnya.



Gambar 2.6 Contoh Skema Alat *Conventional Pyrolysis*
Sumber : Lutfi Lailunnazar, 2013

2.7 Char

Char merupakan salah satu zat yang dihasilkan dari proses pirolisis serbuk kayu. Char ini berwarna gelap hitam, berbentuk pada yang banyak mengandung unsur karbon (C). Nama lain dari char adalah *bio-char*, *solid residue of pyrolysis*. Char terbentuk dari depolimerisasi dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Char memiliki banyak keunggulan antara lain untuk menyuburkan tanah serta sebagai bahan bakar padat.

Kualitas char dapat dilihat dari massa, volume, dan nilai kalornya. Metode pirolisis akan membuat serbuk kayu yang memakan banyak tempat pembuangan dan memiliki nilai kalor yang rendah akan menjadi sebuah bahan bakar padat yang memiliki nilai kalor tinggi tetapi mengurangi massa dan volumenya sehingga tidak memakan banyak tempat pembuangan memakan banyak tempat. Char

dengan volume dan massa yang besar tetapi nilai kalornya tinggi adalah char dengan kualitas tinggi.



Gambar 2.7 Char hasil pirolisis

2.8 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.

Nilai kalor rendah (LHV, *Lower Heating Value*) adalah jumlah energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran suatu bahan bakar dimana kalor latendari uap air tidak diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas pembakaran dibuat 150°C. Pada temperatur ini air berada dalam kondisi fasa uap. Jika jumlah kalor laten uap air diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas hasil pembakaran dibuat 25°C maka akan diperoleh nilai kalor atas (HHV, *Higher Heating Value*). Pada temperatur ini air akan berada dalam kondisi fasa cair. Salah satu cara untuk mengukur nilai kalor suatu bahan bakar adalah dengan menggunakan bomb kalorimeter. Caranya adalah dengan membakar bahan bakar yang akan diuji menggunakan arus listrik, kemudian mencatat kenaikan suhu yang terjadi pada kalorimeter kemudian membandingkannya dengan standar asam benzoat untuk mendapatkan nilai kalor bahan bakar tersebut.

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

Keterangan :

Acid = i gram = 10 kal/gram

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

EE = 2401,459 kal/gram°C

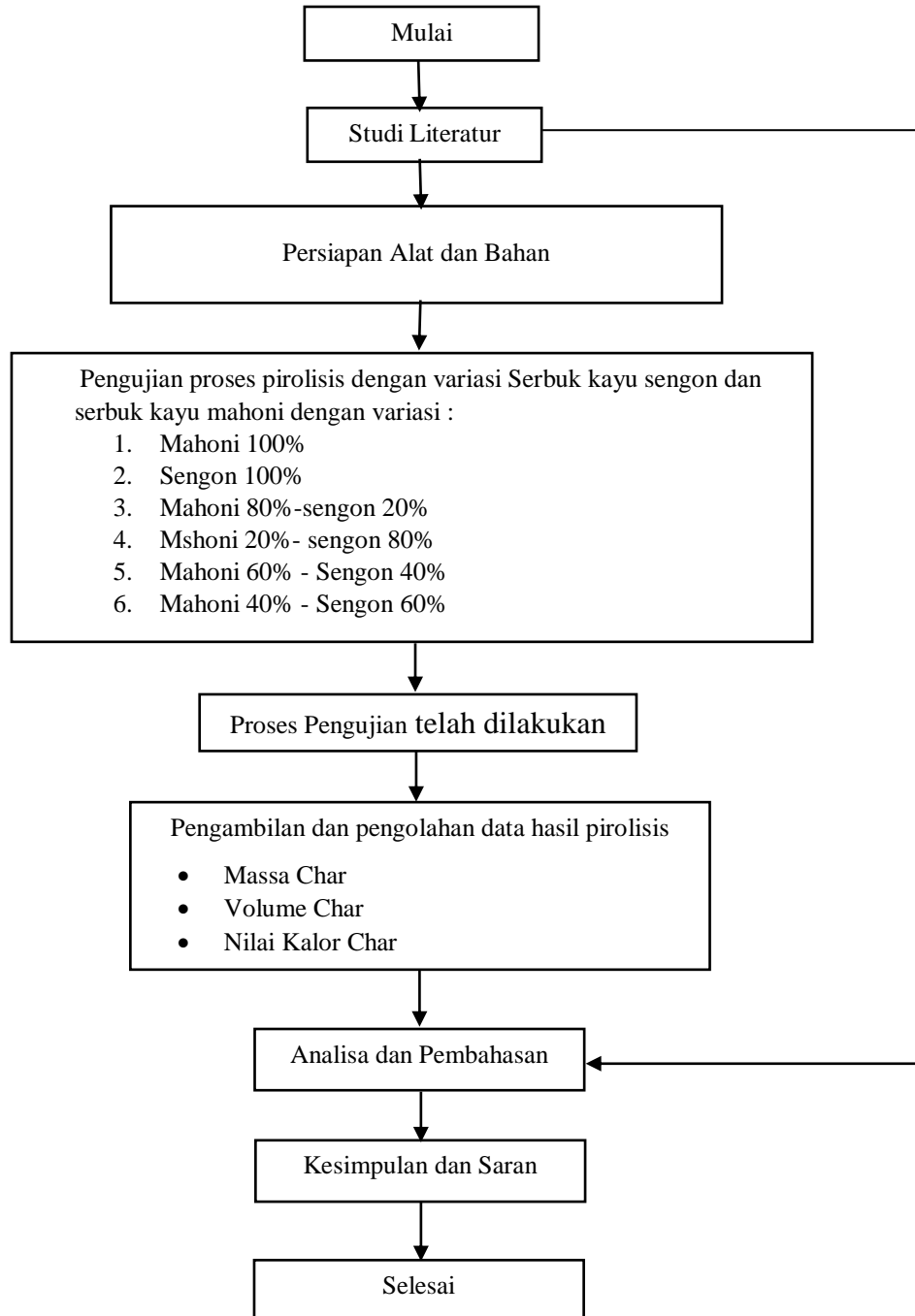
2.9 Hipotesa

Semakin tinggi temperatur pirolisis pada *conventional pyrolysis* maka semakin banyak kandungan dari serbuk kayu mahoni yang terdekomposisi sehingga volume dan massanya akan semakin kecil sedangkan nilai kalornya akan semakin meningkat. Adanya hubungan yang lebih lanjut antara pengurangan massa dan *kinetic rate of pyrolysis* yang merupakan fungsi temperatur akan mempunyai formula tertentu sehingga dapat menemukan besar energi aktivasi char hasil pirolisis.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian



Gambar 3.1 diagram alir penelitian

3.2 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.

3.3 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni - Juli 2018. Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bengkel Kreativitas Mahasiswa Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang Kampus II.
2. Laboratorium Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang, untuk mengukur nilai kalor spesimen.

3.3 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 variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon dengan temperatur pemanasan pada saat proses pirolisis yaitu 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 yaitu :

1. Massa *Char*
2. Volume *Char*
3. Nilai kalor *Char*

c. Variabel terkontrol

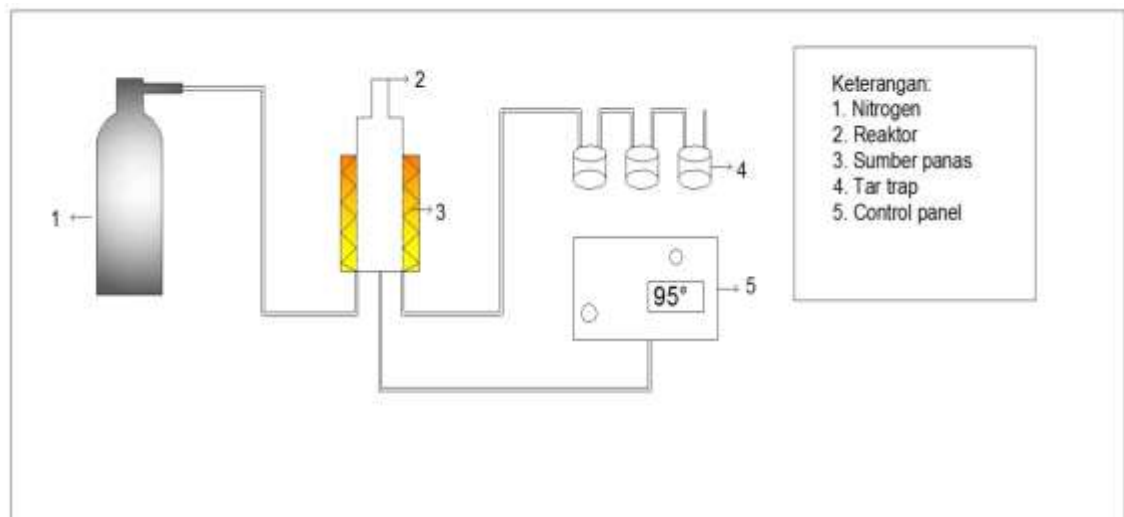
Variabel terkontrol adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti dan nilainya dikondisikan konstan. Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah laju pemanasan kurang dari 12 °C/menit.

3.4 Alat yang Digunakan

3.4.1 Peralatan Penelitian

- Instalasi pirolisis

Instalasi ini berfungsi untuk mengdekomposisikan bahan baku yang serbuk kayu, serbuk kayu di masukan kedalam *pyrolizer* dan kemudian akan di atur temprturnya



Gambar 3.2 Intalasi Pirolisis

- Uji Tekanan 300 Bar
 - **Nomor atom: 7**
 - **Massa atom: 14,0067 g/mol**
 - **Elektronegativitas menurut Pauling: 3,0**
 - **Densitas: $1.25 \cdot 10^{-3}$ g/cm³ pada 20 °C**
 - **Titik lebur: -210 °C**
 - **Titik didih: -195,8 °C**
 - **Radius Vanderwaals: 0,092 nm**
 - **Radius ionik: 0,171 nm (-3); 0,011 (+5); 0,016 (+3)**
 - **Isotop: 4**

- Energi ionisasi pertama: 1402 kJ/mol
- Energi ionisasi kedua: 2856 kJ/mol
- Energi ionisasi ketiga: 4578 kJ/mol

- **Tabung Nitrogen**

Komponen ini berfungsi untuk menampung nitrogen (N_2) yang akan digunakan untuk mendorong oksigen yang berada didalam piroliser sehingga didalam prirolizer tidak terdapat oksigen, jika terdapat oksigen dalam pirolizer maka serbuka kayu sengon menjadi terbakar sehingga proses dekomposisi menjadi menjadi tidak sempurna dan mempengaruhi nilai kalor.



Gambar 3.3 Tabung Pirolisis
Sumber : Dokumen Pribadi

Spesifikasi :

- Ukuran Tabung 6 m³

- Tinggi Tabung 143 cm
 - Diameter Tabung 22 cm
 - Keliling Tabung 77 cm
 - Berat Isi 60 kg
 - Tekanan kerja 200 Bar
 - Uji Tekanan 300 Bar
 -
- **Pressure Gauge**

Pressure Gauge digunakan untuk mengalirkan nitrogen (N_2) dari tabung nitrogen kedalam pirolizer.



Gambar 3.4 Pressure Gauge
Sumber : Dokumen Pribadi

Spesifikasi :

- Nama merek: afk
- Nomor model: A-1H
- Bahan diafragma : nbr atau viton (fpm)
- Bahan tubuh: isointernational-hpb59 nikel berlapis kuningan

- Bahan katup pin : ss304
- konektor inlet : g5/8 "
- Tekanan inlet maksimum : 15MPa (2175psi)
- Kisaran tekanan outlet : 0 ~ 1.2mpa (0 ~ 174psi)
- Bahan diafragma : nbr atau viton (fpm)

- **Manometer U**

Manometer U berfungsi untuk mengetahui flwo rate nitrogen yang masuk ke pirolizer tidak lebih dari 3 kg/menit.



Gambar 3.5 Manometer U
Sumber : Dokumen Pribadi

Spesifikasi :

- **Product Name: Panel Flowmeter**
- **Model: LZT-4T**
- **Thread screw:6mm**
- **Weight:200g**

- **Heater**

Heater berfungsi sebagai kawat pemanas dalam tungku pemanas



Gambar 3.6 Heater
Sumber : Dokumen Pribadi

Spesifikasi :

- Nama merek : Hongtai
- Daya 3500 wat
- Diameter kawat 1,6 mm
- Diameter lingkaran kawat 16 mm
- Nomor model : kawat pemanas tungku
- Jenis : Telanjang
- Aplikasi : Pemanasan
- Bahan konduktor : Aluminium
- Jenis konduktor : Padat
- Bahan isolasi : TIDAK ADA
- Kawat listrik : kawat pemanas tungku
- suhu : Suhu tinggi
- Komposisi kimia : besi Chrome Aluminium
- kimia Composition-2 : Cr
- kimia Composition-3 : Al
- MOQ : 1 KG
- Diameter kawat : 0.02mm-6mm

- Aplikasi : Elemen pemanas
- Sertifikat : ROHS dan CE

- **Isolator**

Isolator berfungsi untuk mmenjaga kesatbilan panas didalam heater.



Gambar 3.7 Isolator
Sumber : Dokumen Pribadi

Spesifikasi :

- Jenis: Bahan isolasi panas lainnya
- Nama merek : Coning Kaca wol
- Nomor model : CN001 Kaca wol
- kaca wol kepadatan : 10-48 kg/m³
- kaca wol tebal : 25 mm
- kaca wol lebar : 120 mm
- kaca wol panjang : 5 m
- kaca wol warna : warna putih
- kelas mudah terbakar : Non-mudah terbakar Kelas A
- conductivity Thermal : 0.034-0.048 w/mk
- sentrifugal kaca wol : kaca serat wol dengan tipis dan panjang batin
- kaca wol Gaya : kaca selimut wol, papan wol kaca,

- **Thermocouple**

Thermocouple berfungsi untuk mengetahui suhu panas didalam prilizer.



Gambar 3.8 Thermocouple
Sumber : Dokumen Pribadi

Spesifikasi :

- Nama merek : Feilong
- Nomor model : WRN-533
- Penggunaan : Di luar ruangan
- Teori : Sensor suhu
- Akurasi : 0.1C
- Kisaran suhu : 0-1200C
- Jenis : K
- probe panjang (L1) : 80mm
- ukuran therade : 1/8NPT
- suhu : 0-1200C
- bahan probe : staines baja
- probe diameter : 5mm
- probe panjang (l2) : 30mm
- panjang kabel : 2 m
- kabel internal isolasi : Fiberglass
- konektor : spade connector

- **Thermocontrol**

Thermocontrol digunakan untuk memutus arus apabila suhu didalam tabung sudah mencapai titik yang diinginkan.



Gambar 3.9 Thermocontrol
Sumber : Dokumen Pribadi

Spesifikasi :

- Model : TC4S – N4R
- Sensor : Multi Sensor
- Range : Multi Range
- OUT : Relay +SSR
- Version : V502
- Power : 100-240 AC

- **Kamera**

Kamera ini berfungsi untuk mengambil gambar alat-alat dan juga specimen uji. Disamping itu kamera ini juga untuk mengambil gambar tar hasil pirolisis.



Gambar 3.10 Kamera
Sumber : Dokumen Pribadi

Seifikasi :

- Merk : Sony
- Resolusi : 12,1 Mega Pixel
- *Optical Zoom* : 4x

- **Saklar On/Off**

Komponen ini berfungsi sebagai pemutus arus listrik yang digunakan oleh pemanas dan thermostat dalam memanaskan tungku prolizer. Saklar ini bersifat menghidukan dan mematikan saja.



Gambar 3.11 Saklar On/Off
Sumber : Dokumen Pribadi

- **Timbangan Elektrik**

Digunakan untuk mengukur massa serbuk kayu sengan sebelum di pirolisis dan menimbang massa char hasil proses pirolisis.



Gambar 3.12 Timbangan Elektrik

Sumber : Dokumen Pribadi

Seifikasi :

- Merek CAMARY
- Maksimal beban 1 kg

- **Stopwacth**

Stopwacth ini berfungsi untuk mengukur waktu. Di dalam penelitian ini stopwatch digunakan untuk mengukur waktu pirolisis dan waktu pengopenan.



Gambar 3.13 Stopwatch
Sumber : Dokumen Pribadi

Seifikasi :

- Merek SINJIE

- **Oven**

Wadah atau tempat untuk memanaskan serbuk serbuk mahoni dan serbuk kayu sengon



Gambar 3.14 Oven
Sumber : Dokumen Pribadi

Spesifikasi :

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

- **Gelas Ukur**

Gelas Ukur berfungsi untuk mengetahui jumlah tar yang di hasilkan dalam satuan ml.

Seifikasi :



Gambar 3.15 Gelas Ukur
Sumber : Dokumen Pribadi

- Merek IWAKI
- Volume Maksimal 500 mm
- Bahan kaca

3.4.2 Spesimen Uji

Spesimen uji yang akan digunakan pada penelitian ini adalah serbuk kayu mahoni yang didapat dari tempat pemotongan kayu di daerah Pagak Malang selatan Kabupaten Malang dan serbuk kayu sengon yang didapat dari tempat pemotongan di daerah Kecamatan Kandat Kota Kediri.



Gambar 3.16 Spesimen Uji Serbuk Kayu Sengon
Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 3.17 Spesimen Uji Serbuk Kayu Mahoni
Sumber : Dokumen Pribadi

3.5 Prosedur Penelitian

a. Prosedur penelitian meliputi persiapan yaitu:

1. Menyaring serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon

Serbuk kayu mahoni dan kayu sengon disaring agar bersih dari kotoran-kotoran yang menyertainya.

2. Mengeringkan serbuk kayu mahoni

Serbuk kayu mahoni dan kayu sengon ini dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur oven 90°C - 100°C selama tiga jam. Ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terkandung di dalam serbuk kayu sampai serbuk kayu mahoni mencapai kadar air 0-1,5%.

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 0-1,5%.

4. Penimbangan

Setelah melakukan pengujian kadar air dan dipastikan kadar air serbuk kayu mahoni dan kayu sengon 0-1,5% maka dilakukan penimbangan massa dari serbuk kayu mahoni seberat 200 gram.

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.

7. Prosedur Pirolisis:

- a. Setelah semua prosedur persiapan telah dilaksanakan maka spesimen uji dimasukkan ke dalam *glass beaker*.

- b. Memasukkan *Glass beaker* ke dalam ruang pemanas dari *pyrolyzer* dan *pyrolyzer* ditutup.

- c. Membuka katup N₂ untuk mengalirkan N₂ ke dalam ruang pemanas *pyrolyzer* sampai kadar O₂ < 2,1% dari volume ruang pemanas dan buka juga katup buang pada *pyrolizer* supaya O₂ dapat terdorong keluar akibat dorongan dari N₂ yang memenuhi tabung.
 - d. Tutup katup N₂ jika kadar O₂ mencapai <2,1% dari volume ruang pemanas dan sekaligus tutup juga katup buang pada *pyrolizer*.
 - e. Thermocontroller diatur yaitu 500°C dengan laju pemanasan kurang dari 12 °C/menit.
 - f. Catat perubahan massa char tiap selang waktu 3 menit sekali.
 - g. Lakukan proses pirolisis selama 3 jam. Apabila setelah menempuh 3 jam maka *pyrolyzer* dimatikan dan char hasil pirolisis diambil.
 - h. Ukur volume char hasil pirolisis.
 - i. Ulangi prosedur pirolisis dengan variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon dengan suhu pemanasan yang sama untuk pirolisis selanjutnya.
8. Prosedur pengujian nilai kalor
- Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kalor dari char hasil pirolisis, prosedur pengambilan nilai kalor char hasil pirolisis adalah sebagai berikut :
- a. Masukkan air 2 liter dimasukkan ke dalam cawan air.
 - b. Ambil dan timbang maka char dari hasil pirolisis yang akan diuji nilai kalornya sebesar 0,5 gram dan taruh pada cawan serta pasang fuse(kawat) hingga mengenai char dan tidak mengenai permukaan cawan.
 - c. Masukkan char ke dalam cawan spesimen.
 - d. Catat suhu awal sebelum char dalam cawan spesimen dibakar yang terlihat pada termometer.
 - e. Tekan tombol ignite pada *bomb calorimeter* sehingga char dalam combustion capsule terbakar.
 - f. Tunggu sampai suhu stabil kemudian catat suhu akhir pada termometer.

g. Hitung nilai kalor char dengan rumus :

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

Keterangan :

Acid = i gram = 10 kal/gram

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

EE = 2401,459 kal/gram°C

9. Data yang sudah diperoleh kemudian diplot ke dalam tabel 3.1 kemudian diolah dan diplot pada gambar 3.12, gambar 3.13, gambar 3.14, dan gambar 3.15.
10. Visualisasi warna char hasil pirolisis
11. Visualisasi Scanning Electron Microscope (SEM).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Data Hasil Penelitian Massa Char

Tabel 4.1 Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Massa Char

NO	VARIASI BAHAN SERBUK KAYU	TEMPERATUR	MASSA AWAL	MASSA AKHIR
1.	Mahoni 100 %	500°C	200 gram	97 gram
2.	Sengon 100 %	500°C	200 gram	40 gram
3.	Mahoni 80 %-Sengon 20 %	500°C	200 gram	77 gram
4.	Mahoni 20 %-Sengon 80 %	500°C	200 gram	51 gram
5.	Mahoni 60 %-Sengon 40 %	500°C	200 gram	58 gram
6.	Mahoni 40 %-Sengon 60 %	500°C	200 gram	53 gram

4.1.2 Data Hasil Penelitian Volume Char

Tabel 4.2 Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Volume Char

No	Variasi Serbuk Kayu	Temperatur	Volume Awal	Volume Akhir
1.	Mahoni 100 %	500°C	1200 ml	570 ml
2.	Sengon 100 %	500°C	1200 ml	400 ml
3.	Mahoni 80 %-Sengon 20 %	500°C	1200 ml	540 ml
4.	Mahoni 20 %-Sengon 80 %	500°C	1200 ml	500 ml
5.	Mahoni 60 %-Sengon 40 %	500°C	1200 ml	520 ml
6.	Mahoni 40 %-Sengon 60 %	500°C	1200 ml	510 ml

4.1.3 Data Hasil Penelitian Nilai Kalor Char

Tabel 4.3 Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Nilai Kalor Char

No	Variasi Serbuk Kayu	Temperatur (°C)	Volume (ml)	Massa (gram)	Nilai Kalor (kalori/gram)
1.	Mahoni 100 %	500°C	1200 ml	200 gram	5598,202 kalori/gram
2.	Sengon 100 %	500°C	1200 ml	200 gram	5005,019 kalori/gram
3.	Mahoni 80 %-Sengon 20 %	500°C	1200 ml	200 gram	5461,622 kalori/gram
4.	Mahoni 20 %-Sengon 80 %	500°C	1200 ml	200 gram	5095,940 kalori/gram
5.	Mahoni 60 %-Sengon 40 %	500°C	1200 ml	200 gram	5324,141 kalori/gram
6.	Mahoni 40 %-Sengon 60 %	500°C	1200 ml	200 gram	5232,821 kalori/gram

4.2 Pengolahan Data Hasil Penelitian

4.2.1 Pengolahan Data Hasil Penelitian Massa

Massa *Char* pada hasil pirolisis didapat dari pengujian, dimana *char* dari pirolizer masukan kedalam gelas ukur. Untuk mengetahui massa *char*, gelas ukur yang terisi *char* ditimbang dan menggunakan rumus perhitungan seperti berikut :

$$m = m_1 - m_2$$

dimana : m = Massa char (gr)

m_1 = Massa Total (gr)

m_2 = kehilangan massa (gr)

- Massa char dengan variasi mahoni 100%

$$m = m_1 - m_2$$

$$m = 200 - 103$$

$$m = 97 \text{ gr}$$

- Massa char dengan variasi sengon 100%

$$m = m_1 - m_2$$

$$m = 200 - 160$$

$$m = 40 \text{ gr}$$

- Massa char dengan variasi mahoni 80% - sengon 20%

$$m = m_1 - m_2$$

$$m = 200 - 123$$

$$m = 77 \text{ gr}$$

- Massa char dengan variasi mahoni 20% - sengon 80%

$$m = m_1 - m_2$$

$$m = 200 - 149$$

$$m = 51 \text{ gr}$$

- Massa char dengan variasi mahoni 60% - sengon 40%

$$m = m_1 - m_2$$

$$m = 201 - 142$$

$$m = 58 \text{ gr}$$

- Massa char dengan variasi mahoni 40% - sengon 60%

$$m = m_1 - m_2$$

$$m = 200 - 147$$

$$m = 53 \text{ gr}$$

4.2.2 Pengolahan Data Hasil Penelitian Volume Char

volume *Char* pada hasil pirolisis didapat dari pengujian, dimana *char* dari pirolizer masukan kedalam gelas ukur. Untuk mengetahui volume *char*, gelas ukur yang terisi *char* ditimbang dan menggunakan rumus perhitungan seperti berikut :

$$v = v_1 - v_2$$

dimana : v = Volume char (ml)

v_1 = Volume Total (ml)

v_2 = kehilangan Volume (ml)

- Massa char dengan variasi mahoni 100%

$$v = v_1 - v_2$$

$$v = 1200 - 630$$

$$v = 570 \text{ ml}$$

- Massa char dengan variasi sengon 100%

$$v = v_1 - v_2$$

$$v = 1200 - 800$$

$$v = 400 \text{ ml}$$

- Massa char dengan variasi mahoni 80% - sengon 20%

$$v = v_1 - v_2$$

$$v = 1200 - 660$$

$$v = 540 \text{ ml}$$

- Massa char dengan variasi mahoni 20% - sengon 80%

$$v = v_1 - v_2$$

$$v = 1200 - 700$$

$$v = 500 \text{ ml}$$

- Massa char dengan variasi mahoni 60% - sengon 40%

$$v = v_1 - v_2$$

$$v = 1200 - 680$$

$$v = 520 \text{ ml}$$

- Massa char dengan variasi mahoni 40% - sengon 60%

$$v = v_1 - v_2$$

$$v = 1200 - 690$$

$$v = 510 \text{ ml}$$

4.2.3 Pengolahan Data Hasil Penelitian Nilai Kalor Char

Nilai kalor *Char* pada hasil pirolisis didapat dari pengujian dilab motor bakar universitas brawijaya malang, dimana *char* dari pirolizer diuji dengan bomb calorimeter seberat 0,5 gram dan menggunakan rumus perhitungan seperti berikut :

Rumus Nilai Kalor :

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

Keterangan :

Acid = i gram = 10 kal/gram

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

EE = 2401,459 kal/gram°C

Perhitungan sebagai berikut:

- Mahoni 100% - sengon 0%

Diketahui:

$$\text{Acid} = i \text{ gram} = 10 \text{ kal/gram}$$

$$\text{Fulse} = 408,692 \text{ kal/gram}$$

$$\text{EE} = 2401,459 \text{ kal/gram}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 1,05 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 0,5 \text{ gram}$$

Ditanya: Nilai kalor ?

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kalor} &= \frac{(\text{EE} \times \Delta T) - (\text{Acid}) - (\text{Fulse})}{\text{massa Char}} \\ &= \frac{(2401,459 \times 1,05) - (10) - (408,692)}{0,5} \\ &= 5598,202 \text{ kalori/gram} \end{aligned}$$

- Mahoni 80% - sengon 20%

Diketahui:

$$\text{Acid} = i \text{ gram} = 10 \text{ kal/gram}$$

$$\text{Fulse} = 340,552 \text{ kal/gram}$$

$$\text{EE} = 2401,459 \text{ kal/gram}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 1,20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 0,5 \text{ gram}$$

Ditanya: Nilai kalor ?

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kalor} &= \frac{(\text{EE} \times \Delta T) - (\text{Acid}) - (\text{Fulse})}{\text{massa Char}} \\ &= \frac{(2401,459 \times 1,20) - (10) - (340,552)}{0,5} \\ &= 5461,622 \text{ kalori/gram} \end{aligned}$$

- Mahoni 60% - sengon 40%

Diketahui:

$$\text{Acid} = i \text{ gram} = 10 \text{ kal/gram}$$

$$\text{Fulse} = 271,781 \text{ kal/gram}$$

$$\text{EE} = 2401,459 \text{ kal/gram}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 1,17 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 0,5 \text{ gram}$$

Ditanya: Nilai kalor ?

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kalor} &= \frac{(\text{EE} \times \Delta T) - (\text{Acid}) - (\text{Fulse})}{\text{massa Char}} \\ &= \frac{(2401,459 \times 1,17) - (10) - (271,781)}{0,5} \\ &= 5324,141 \text{ kalori/gram} \end{aligned}$$

- Mahoni 40% - sengon 60%

Diketahui:

$$\text{Acid} = i \text{ gram} = 10 \text{ kal/gram}$$

$$\text{Fulse} = 226,141 \text{ kal/gram}$$

$$\text{EE} = 2401,459 \text{ kal/gram}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 1,19 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 0,5 \text{ gram}$$

Ditanya: Nilai kalor ?

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kalor} &= \frac{(\text{EE} \times \Delta T) - (\text{Acid}) - (\text{Fulse})}{\text{massa Char}} \\ &= \frac{(2401,459 \times 1,19) - (10) - (226,141)}{0,5} \\ &= 5232,821 \text{ kalori/gram} \end{aligned}$$

- Mahoni 20% - sengon 80%

Diketahui:

$$\text{Acid} = i \text{ gram} = 10 \text{ kal/gram}$$

$$\text{Fulse} = 157,731 \text{ kal/gram}$$

$$\text{EE} = 2401,459 \text{ kal/gram}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 1,22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 0,5 \text{ gram}$$

Ditanya: Nilai kalor ?

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kalor} &= \frac{(\text{EE} \times \Delta T) - (\text{Acid}) - (\text{Fulse})}{\text{massa Char}} \\ &= \frac{(2401,459 \times 1,22) - (10) - (157,731)}{0,5} \\ &= 5095,940 \text{ kalori/gram} \end{aligned}$$

- Mahoni 0% - sengon 100%

Diketahui:

$$\text{Acid} = i \text{ gram} = 10 \text{ kal/gram}$$

$$\text{Fulse} = 112,29 \text{ kal/gram}$$

$$\text{EE} = 2401,459 \text{ kal/gram}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 1,24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 0,5 \text{ gram}$$

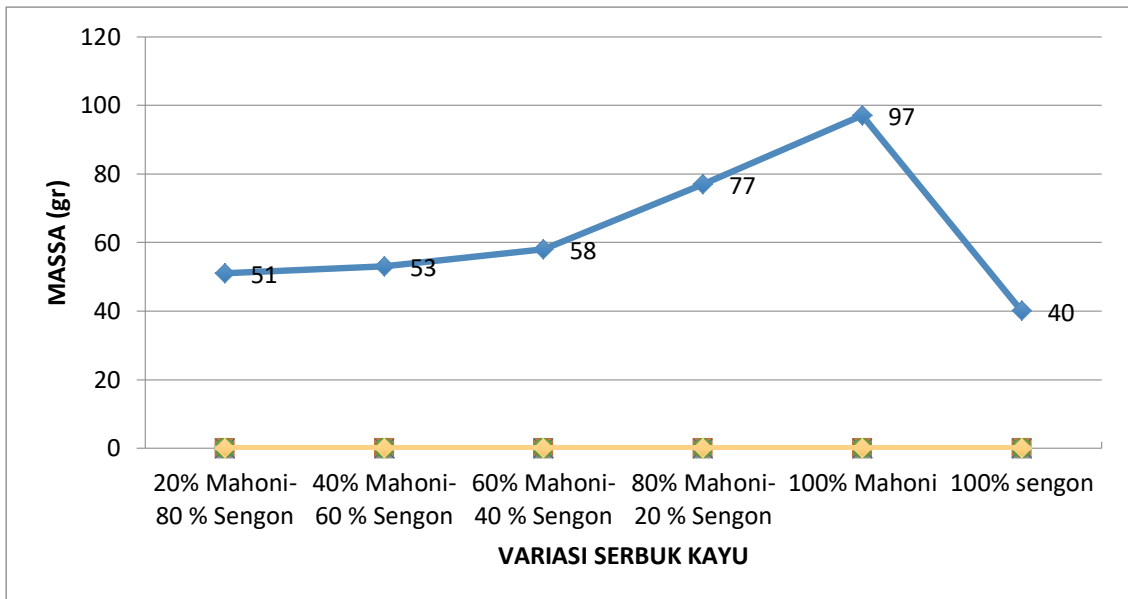
Ditanya: Nilai kalor ?

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kalor} &= \frac{(\text{EE} \times \Delta T) - (\text{Acid}) - (\text{Fulse})}{\text{massa Char}} \\ &= \frac{(2401,459 \times 1,24) - (10) - (112,29)}{0,5} \\ &= 5005,019 \text{ kalori/gram} \end{aligned}$$

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pembahasan Hasil Pengolahan Data Penelitian Massa Char

4.1 Analisa Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Massa Char



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Massa Char

Hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Massa Char. Adapun variasi serbuk kayu dengan suhu 500°C pada grafik pirolisis terhadap massa char yaitu mahoni 100%, sengon 100%, mahoni 80% - sengon 20%, mahoni 20% - sengon 80%, mahoni 60% - sengon 40% dan mahoni 40% - sengon 60%.

Dari grafik pengaruh variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon hasil pirolisis terhadap massa char dapat dilihat bahwa serbuk kayu mahoni 100% hasil pirolisis lebih banyak dari pada sengon 100%, mahoni 80% - sengon 20%, mahoni 20% - sengon 80%, mahoni 60% - sengon 40% dan mahoni 40% - sengon 60%.

Untuk massa char yang dihasilkan dan semakin sedikit serbuk kayu mahoni dari serbuk kayu sengon maka semakin sedikit massa char yang dihasilkan, ini dikarenakan serbuk kayu sengon lebih cepat terdekomposisi dari pada serbuk kayu ma-

honi. Dengan semakin banyaknya komponen yang terdekomposisi maka massa char yang dihasilkan semakin kecil. serbuk kayu mahoni termasuk jenis tanaman *hardwood* dan pada serbuk kayu sengon termasuk jenis tanaman *softwood*. Jadi kehilangan Massa *char* hasil pirolisis serbuk kayu sengon lebih besar dari pada serbuk kayu mahoni tetapi serbuk kayu sengon memiliki massa *char* yang lebih kecil dari serbuk kayu mahoni.

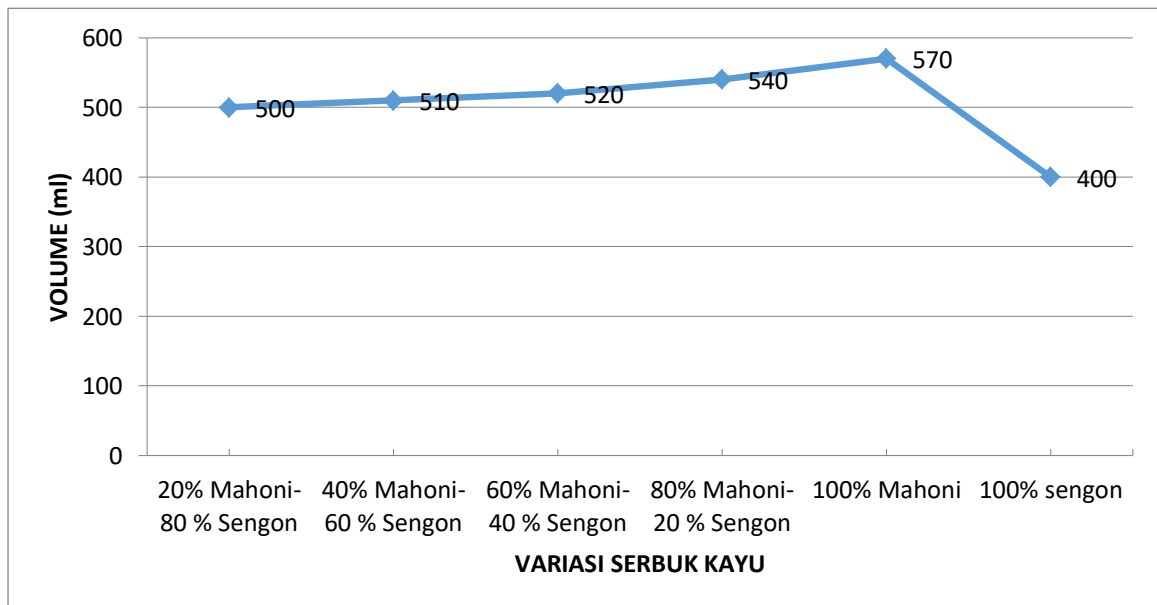
Komponen utama dari serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon meliputi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Dari tabel 2.2 dapat dilihat presentase kandungan dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Untuk serbuk kayu mahoni merupakan jenis kayu keras (*hardwood*).

Seperti terlihat pada gambar 2.4 selulosa merupakan salah satu komponen dari serbuk kayu mahoni yang akan terdekomposisi pada temperatur 250°C - 350°C, sementara serbuk kayu sengon terdekomposisi pada temperatur 150°C - 250°C. Selulosa akan mulai terpecah membentuk gas, *bio-oil*, dan char. Hemiselulosa merupakan komponen yang akan terdekomposisi pada temperatur pirolisis 200°C-280°C untuk serbuk kayu mahoni sedangkan serbuk kayu sengon 100°C-180°C dan Lignin akan terdekomposisi pada temperatur 280°C-500°C untuk serbuk kayu mahoni sedangkan serbuk kayu sengon 220°C-450°C .

Pada temperatur 500°C kandungan yang ada di kedua serbuk kayu ini akan terdekomposisi saat sudah mencapai temperatur terdekomposisi maksimalnya masing masing yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin, maka serbuk kayu sengon lebih cepat terdekomposisinya karena lebih cepat mencapai temperatur terdekomposisinya dari pada serbuk kayu mahoni.

4.3.2 Pembahasan Hasil Pengolahan Data Penelitian Volume Char

4.2 Analisa Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Volume Char



Gambar 4.2 Grafik pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Volume Char

Hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada grafik pengaruh variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon hasil pirolisis terhadap volume char. Grafik tersebut menunjukkan pengaruh variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon terhadap volume char hasil pirolisis. Adapun variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon hasil pirolisis terhadap volume char yaitu mahoni 100%, sengon 100%, mahoni 80% - sengon 20%, mahoni 20% - sengon 80%, mahoni 60% - sengon 40% dan mahoni 40% - sengon 60%.

Dari grafik pengaruh variasi serbuk kayu terhadap volume char dapat dilihat bahwa semakin banyak serbuk kayu mahoni maka semakin banyak volume char yang dihasilkan dan semakin sedikit serbuk kayu sengon maka semakin sedikit volume char yang dihasilkan ini dikarenakan serbuk kayu sengon lebih cepat terdekomposisi dari pada serbuk kayu mahoni. Dengan semakin banyaknya komponen yang terdekomposisi maka volume char yang dihasilkan semakin kecil. Volume *char* dapat dilihat bahwa semakin banyak serbuk kayu mahoni maka se-

makin banyak volume *char* yang dihasilkan dan semakin sedikit serbuk kayu sengon maka semakin sedikit volume *char* yang dihasilkan ini dikarenakan serbuk kayu sengon lebih cepat terdekomposisi dari pada serbuk kayu mahoni.

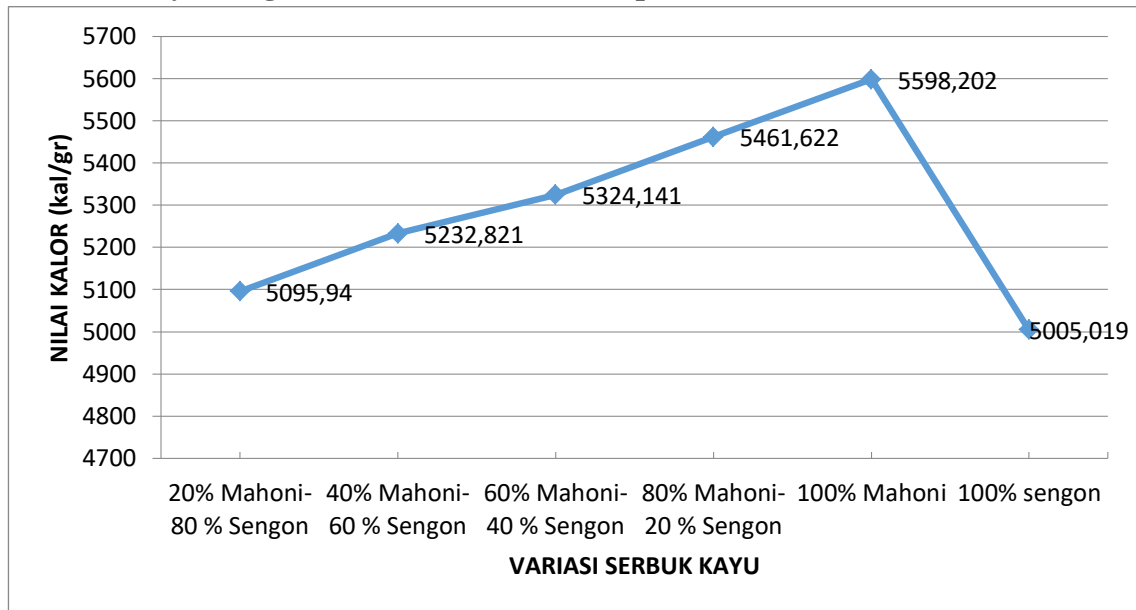
Komponen utama dari serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon meliputi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Dari tabel 2.2 dapat dilihat presentase kandungan dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Untuk serbuk kayu mahoni merupakan jenis kayu keras (*hardwood*).

Seperti terlihat pada gambar 2.4 selulosa merupakan salah satu komponen dari serbuk kayu mahoni yang akan terdekomposisi pada temperatur 250°C - 350°C, sementara serbuk kayu sengon terdekomposisi pada temperatur 150°C - 250°C. Selulosa akan mulai terpecah membentuk gas, *bio-oil*, dan *char*. Hemiselulosa merupakan komponen yang akan terdekomposisi pada temperatur pirolisis 200°C-280°C untuk serbuk kayu mahoni sedangkan serbuk kayu sengon 100°C-180°C dan Lignin akan terdekomposisi pada temperatur 280°C-500°C untuk serbuk kayu mahoni sedangkan serbuk kayu sengon 220°C-450°C .

Pada temperatur 500°C kandungan yang ada di kedua serbuk kayu ini akan terdekomposisi saat sudah mencapai temperatur terdekomposisi maksimalnya masing masing yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin, maka serbuk kayu sengon lebih cepat terdekomposisinya karena lebih cepat mencapai temperatur terdekomposisinya dari pada serbuk kayu mahoni.

4.3.3 Pembahasan Hasil Pengolahan Data Penelitian Nilai Kalor Char

4.3 Analisa Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon Hasil Pirolisis Terhadap Nilai Kalor Char



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Variasi Serbuk Kayu Mahoni Dan Serbuk Kayu Sengon Terhadap Nilai Kalor Char Hasil Pirolisis.

Hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada grafik pengaruh variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon hasil pirolisis terhadap nilai kalor char. Grafik tersebut menunjukkan pengaruh variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon hasil pirolisis terhadap volume char. Adapun variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon pada grafik hasil pirolisis terhadap volume char yaitu mahoni 100%, sengon 100%, mahoni 80% - sengon 20%, mahoni 20% - sengon 80%, mahoni 60% - sengon 40% dan mahoni 40% - sengon 60%.

Dari grafik variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon terhadap nilai kalor char dapat dilihat bahwa semakin banyak serbuk kayu mahoni dari pada serbuk kayu sengon maka semakin besar nilai kalor char yang dihasilkan yaitu nilai kalor serbuk kayu mahoni 100% paling tinggi yaitu 5598,202 kalori/gram dibandingkan serbuk kayu sengon 100% dengan 5005,019 caliri/gram, serbuk kayu mahoni 20%-serbuk kayu sengon 80% dengan 5095,940 kalori/gram, serbuk kayu mahoni 80%-serbuk kayu sengon 20% dengan 5461,622 kalori/gram, serbuk kayu mahoni 40%-serbuk kayu sengon 60% dengan 5232,821 kalori/gram dan

serbuk kayu mahoni 60%-serbuk kayu sengon 40% dengan 5324,141 kalori/gram, ini dikarenakan semakin banyaknya komponen yang terdekomposisi maka *fixed carbon* yang terbentuk sehingga nilai kalor char yang dihasilkan semakin besar. Pada grafik di atas dapat dilihat nilai kalor dari char hasil pirolisis serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon dengan temperatur 500°C. Secara umum char hasil pirolisis dengan variasi serbuk kayu mahoni yang dengan temperatur 500°C selama 3 jam memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dari pada serbuk kayu sengon. Hal tersebut terjadi karena saat pirolisis terjadi dekomposisi komponen serbuk kayu mahoni menjadi char, tar dan gas. Char yang merupakan hasil padatan pirolisis mengandung *fixed carbon* yang nantinya akan menaikkan nilai kalornya. Semakin tinggi temperatur pirolisisnya maka semakin sedikit char yang terbentuk, namun kandungan *fixed carbon*nya semakin tinggi sehingga nilai kalornya akan semakin tinggi pula.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Variasi serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon hasil pirolisis terhadap massa *char* dapat dilihat bahwa semakin banyak serbuk kayu mahoni hasil pirolisis maka semakin banyak massa *char* yang dihasilkan dan semakin sedikit serbuk kayu mahoni dari serbuk kayu sengon maka semakin sedikit massa *char* yang dihasilkan yaitu dengan massa setelah proses pirolisis serbuk kayu mahoni 100% lebih banyak yaitu 97 gram dari pada adanya campuran serbuk kayu sengon dikarenakan serbuk kayu mahoni termasuk jenis tanaman *hardwood* dan pada serbuk kayu sengon termasuk jenis tanaman *softwood*. Jadi kehilangan Massa *char* hasil pirolisis serbuk kayu sengon lebih besar dari pada serbuk kayu mahoni tetapi serbuk kayu sengon memiliki massa *char* yang lebih kecil dari serbuk kayu mahoni.

2. Volume *char* dapat dilihat bahwa semakin banyak serbuk kayu mahoni maka semakin banyak volume *char* yang dihasilkan dan semakin sedikit serbuk kayu sengon maka semakin sedikit volume *char* yang dihasilkan yaitu serbuk kayu mahoni 100% lebih banyak yaitu 570 ml dari pada serbuk kayu sengon, ini dikarenakan serbuk kayu sengon lebih cepat terdekomposisi dari pada serbuk kayu mahoni.

3. Dari serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu sengon terhadap nilai kalor *char* dapat dilihat bahwa semakin banyak komposisi serbuk kayu mahoni dari serbuk kayu sengon maka semakin besar nilai kalor *char* yang dihasilkan yaitu nilai kalor serbuk kayu mahoni 100% paling tinggi yaitu 5598,202 kalori/gram dibandingkan dengan adanya campuran serbuk kayu sengon, ini dikarenakan lebih banyaknya komposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin pada kayu mahoni ini dikarenakan serbuk kayu mahoni merupakan jenis kayu *hardwood*.

5.2 Saran

Berdasarkan data dan Analisa hasil pengujian serta kesimpulan dalam penelitian ini, maka saran penulis yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya diperlukan laju pemanasan yang lebih cepat
2. Proses pendinginan pada saat pirolisis yang lebih kontan
3. Meminimalisir kebocoran dari pirolisis

DAFTAR PUSTAKA

- Munawar Ali., & Ramadhan, Aprian ; 2012 : *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Melalui Proses Pirolisis* : Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Jawa Timur.
- Boedmade ; 2011 : gambar 2.1 *Biomassa Sekam Padi* : Jakarta.
- Abdul Gani Haji., Pari, Gustan., Maulina, Amiruddin & Habibati ; 2010 : *Kajian Mutu Arang Hasil Pirolisis Cangkang Kelapa Sawit* : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ikhwanul Qiram, Denny Widhiyanuriyawan, Widya Wijayanti Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Indonesia *Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kuantitas Char Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (Swietenia Macrophylla) Pada Rotary Kiln*
- Skripsi alfi naelufal ; 2014 : *zat ekstraktif kayu mahoni (Swietenia macrophylla King) dan pengaruh terhadap nilai kalor*
- Siew Mei Lim ; 2005 : tabel 2.1 *Efek Pada Pirolisis Jenis Kayu Secara Non-isothermal*
- Merkey Ofis ; 2011 : gambar 2.2 *Pemanfaatan Biomassa Sebagai Sumber Energi*
- Mohan El Al ; 2006 : *Karakteristik Kayu keras dan Kayu Lunak dari hasil Pirolisis*
- Diacarbon Energy inc ; 2012 : gambar 2.4 *Dekomposisi Komponen Serbuk Kayu*
- Meijer ; 2001 : tabel 2.3 *Macam-macam Pirolisis Dengan Pirolisis Lambat*
- Lutfi Lailunnazar ; 2013 : gambar 2.6 *Skema Alat Conventional Pyrolysis*
- Santiyo Wibowo ; 2000 : tentang *Karakteristik Bio-Oil Serbuk Gergaji Sengon Menggunakan Proses Pirolisis Lambat*, Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan , Email : santiyowibowo1973@yahoo.co.id

LAMPIRAN DOKUMENTASI PENELITIAN



Hasil Char Proses Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni dan Serbuk Kayu Sengon









PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang , 20 Februari 2018

Nomor : ITN-161 /I.TA/2018
Lampiran :
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth Sdr. Ir. Drs. Soegijanto, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
di MALANG

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Skripsi untuk saudara mahasiswa :

Nama : AIDIL RAHMAD HIDAYAT
Nim : 1411185
Jurusan : Teknik Mesin
Program studi : Teknik Mesin (S1)

Maka dengan ini pembimbingan Skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara selama 6 (enam) bulan terhitung mulai tanggal :

Februari 2018 S/d Juni 2018

Adapun tugas tersebut untuk menempuh Ujian Akhir Program Sarjana S1. Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan banyak terima kasih.

Jurusan Teknik Mesin S-I
Ketua Jurusan

Sibut ST. MT
NIP : Y 1030300379


Tembusan Kepada :

1. Bapak Dekan FTI ITN Malang
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip





KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
LABORATORIUM MOTOR BAKAR

Jl. MayjenHaryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.1222
Web : motorbakar.ub.ac.id Email : Laboratoriummotorbakar62@gmail.com



Surat Hasil Pengujian / Analisa

Nama Mahasiswa : Aidil Rahmad Hidayat
NIM : 1411185
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknologi Industri
Universitas : Institut Teknologi Nasional Malang
Tanggal Penerimaan : 30 Juli 2018
Tanggal Pengerjaan : 30 Juli 2018
Analisa / Uji : Nilai kalor
Nama Bahan : Char Serbuk Kayu Mahoni dan Char Serbuk Kayu Sengon pada
Temperature 500 °C

No	Nama Bahan / Kode	Nilai Kalor (kalori / gram)
1	Mahoni 100 %	5598.202
2	Sengon 100 %	5005.019
3	Mahoni 80% Sengon 20 %	5461.622
4	Mahoni 60% Sengon 40 %	5324.141
5	Mahoni 40% Sengon 60 %	5232.821
6	Mahoni 20% Sengon 80 %	5095.940

Malang , 30 Juli 2018

Teknisi Laboratorium Motor Bakar



Eko Slamet mujiyanto

NIK. 200609 810228 1 001