

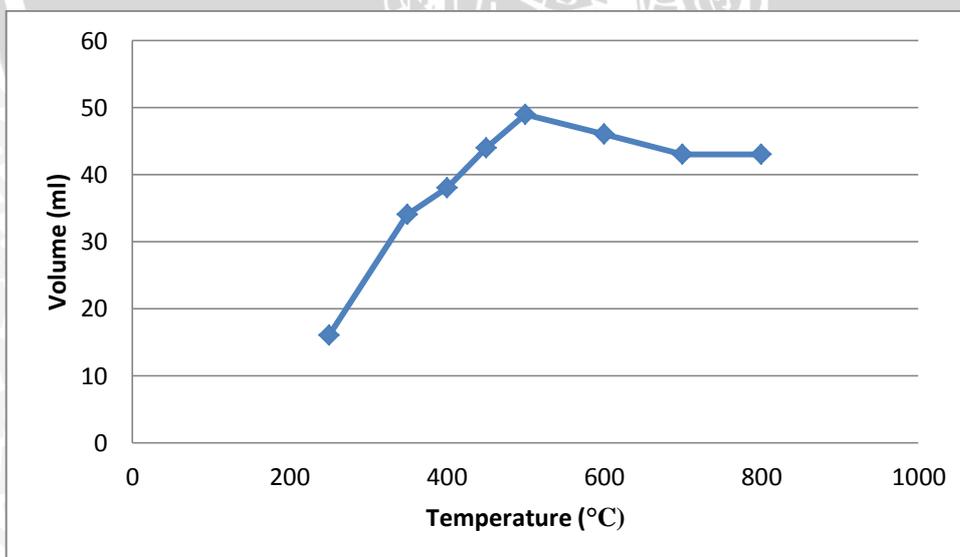
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Muhdhor (2014) dalam penelitiannya minyak yang dihasilkan dari limbah kayu *hardwood mahoni*. Dengan variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C dengan *char* yang semakin meningkat dan perubahan warna *char* yang semakin gelap setiap peningkatan temperatur. Serta *Kinetic rate* pada rentang temperatur 25°C-250°C didapatkan persamaan *rate constan* satu (k_1) adalah $k_1 = 1,343 \exp^{-661,7/T}$. Pada rentang yang lebih tinggi yaitu rentang temperatur 250°C-500°C didapatkan persamaan *rate constan* dua (k_2) adalah $k_2 = 0,111 \exp^{-26,48/T}$. Sedangkan pada range temperatur 500°C-800°C didapatkan persamaan *rate constan* tiga (k_3) adalah $k_3 = 0,242 \exp^{-101,8/T}$. Namun penelitian tentang *kinetic rate gas* belum diteliti

Raka (2014) pada penelitiannya tar yang dihasilkan dari limbah kayu *hardwood mahoni*. Dengan variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C dengan semakin meningkatnya temperatur pirolisis maka massa dan volume tar akan meningkat sampai titik puncak pada suhu 500 °C dan kemudian turun hingga suhu 800 °C. Massa jenis dari *tar* setiap variasi temperatur hampir sama sehingga pertambahan massa tidak jauh berbeda dari pertambahan volume.



Gambar 2.1 : Pengaruh variasi temperatur terhadap hasil pirolisis
Sumber : Raka,2014

2.2 Biomassa

Biomassa merupakan istilah yang diberikan kepada material yang tersisa dari tanaman atau hewan seperti kayu dari kebun dan hutan, material sisa pertanian serta limbah organik manusia dan hewan. Energi yang terkandung pada biomassa berasal dari matahari. Melalui proses fotosintesis, karbondioksida di udara ditransformasi menjadi molekul karbon lain (misalnya gula dan selulosa) dalam tumbuhan. Energi kimia yang tersimpan dalam dalam tanaman dan hewan (akibat memakan tumbuhan atau hewan lain) atau dalam kotorannya dikenal dengan nama bio-energi. (Fitria, 2009)

Ketika biomassa dibakar, energi akan terlepas, umumnya dalam bentuk kalor /panas. Karbon dalam biomassa bereaksi dengan oksigen di udara sehingga membentuk karbondioksida. Apabila dibakar sempurna, maka jumlah karbondioksida yang dihasilkan akan sama dengan jumlah yang diserap dari udara ketika tanaman tersebut tumbuh.

Di alam bebas, biomassa yang dibiarkan begitu saja di tanah akan terurai pada waktu yang lama, melepaskan karbondioksida dan energi yang tersimpan perlahan-lahan. Dengan membakar biomassa, energi yang tersimpan akan terlepas dengan cepat dan dapat dimanfaatkan. Oleh karena itu proses konversi biomassa menjadi energi yang berguna meniru proses alam dengan laju reaksi yang lebih cepat.

Biomassa dapat langsung digunakan (misalnya membakar kayu untuk pemanas dan memasak) dan dapat juga digunakan untuk produksi bahan bakar cair (biodiesel dan alkohol) atau biofuel gas (biogas) yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Misalnya alkohol dari ubi kayu dapat digunakan sebagai bahan pengganti bensin atau biogas dari kotoran hewan ternak dapat digunakan sebagai bahan pengganti gas alam.



Gambar 2.2 : Contoh biomassa (serbuk kayu)
 Sumber : <http://fadilah.co.id>

Listrik juga dapat dibangkitkan dari beberapa sumber biomassa sehingga dapat dijual sebagai “green power”. Secara alami biomassa memiliki berat jenis yang rendah (bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil, biomassa diperlukan dalam jumlah yang jauh lebih besar untuk memproduksi jumlah energi yang sama). Oleh karena itu transportasi dan penanganannya akan jauh lebih sulit dan memakan biaya. Biaya tersebut dapat direduksi dengan menempatkan generator dekat sumber biomassa seperti tempat penggajian, penggilingan gula, atau penggilingan bubuk kayu.



Gambar 2.3 Berbagai macam sumber biomassa
 Sumber : <http://www.amazine.co>

2.3 Kayu Mahoni

Kayu merupakan tanaman keras (*hardwood*), jaringan struktural berserat ditemukan di batang dan akar pohon tanaman. Kayu ini telah banyak digunakan selama ribuan tahun untuk keperluan bahan bakar dan sebagai bahan konstruksi.

Pohon tahunan dengan tinggi mencapai 5-25 m. Batang berbentuk bulat, banyak bercabang dan kayunya bergetah. Daun majemuk menyirip genap, helaian anak daun (berbentuk bulat telur, ujung dan pangkal runcing, tepi rata, tulang menyirip, panjang 3-15 cm), serta daun mudanya berwarna merah dan setelah tua berwarna hijau. Bunga majemuk tersusun dalam karangan yang keluar dari ketiak daun, tangkai bunga silindris, dan berwarna coklat muda; kelompok bunga lepas satu sama lain, berbentuk seperti sendok, dan berwarna hijau; mahkota berbentuk silindris dan berwarna kuning kecoklatan; benang sari melekat pada mahkota, kepala sari putih, dan berwarna kuning kecoklatan. Buah kotak, berbentuk bulat telur, berlekuk lima, dan berwarna coklat. Biji pipih, berbentuk bulat telur, berlekuk lima, dan berwarna hitam atau coklat. Akar tunggang. Mahoni berasal dari Hindia Barat dan dapat ditemukan tumbuh liar di hutan jati dan tempat-tempat lain yang dekat dengan pantai. Tumbuhan ini kebanyakan sengaja ditanam di hutan tumbuhan atau sebagai tumbuhan tepi jalan sebagai pohon pelindung. Jenis ini dapat tumbuh subur bila tumbuh di pasir payau dekat dengan pantai dan banyak tersebar di dataran rendah. (Zuhud,2013)



Gambar 2.4 Kayu Mahoni

Sumber: <http://jatiasliku.blogspot.co.id/2013/02/mengenal-kayu-mahoni.html>

Tabel 2.1 Klasifikasi pohon mahoni :

Kingdom	<i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Subkingdom	<i>Tracheobionta</i> (Tumbuhanberpembuluh)
SuperDivisi	<i>Spermatophyta</i> (Menghasilkan biji)
Divisi	<i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Kelas	<i>Magnoliopsida</i> (berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	<i>Rosidae</i>
Ordo	<i>Sapindales</i>
Famili	<i>Meliaceae</i>
Genus	<i>Swietenia</i>
Spesies	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.

Sumber: <http://www.plantamor.com/index.php?plant=1206>

Kayu mempunyai 3 sifat utama yakni sifat fisik, sifat kimia, sifat mekanik, tetapi dalam pembahasan ini akan dijelaskan lebih rinci mengenai sifat kimia.

Pada tahun 2003, tercatat sebanyak 2,31 juta rumah tangga yang menguasai tanaman mahoni dengan populasi pohon yang mencapai 45,26 juta pohon atau rata-rata penguasaan per rumah tangganya sebesar 19,59 pohon. Dari populasi pohon mahoni di Indonesia sebanyak 45,26 juta, hanya sekitar 9,49 juta pohon atau 20,98 persen saja yang merupakan tanaman mahoni yang siap tebang.

Tabel 2.2 Populasi Pohon Mahoni

Uraian	Rumah Tangga Kehutanan			RT Usaha BMU		
	Jumlah RTK	Jumlah Pohon	Jml Phn Siap Tebang	Jumlah RT Usaha	Jumlah Pohon	Jml Phn Siap Tebang
JAWA						
a. Absolut	2 033 467	39 990 730	8 323 125	892 642	24 002 728	7 382 128
b. Persentase						
◆ Thd total	88,02	88,36	87,64	90,10	91,57	87,80
◆ Siap tebang			20,81			30,76
c. Rata-rata		19,67	4,09		26,89	8,27
LUAR JAWA						
a. Absolut	276 660	5 268 811	1 174 067	98 072	2 209 125	1 026 166
b. Persentase						
◆ Thd total	11,98	11,64	12,36	9,90	8,43	12,20
◆ Siap tebang			22,28			46,45
c. Rata-rata		19,04	4,24		22,53	10,46
INDONESIA						
a. Absolut	2 310 127	45 259 541	9 497 192	990 714	26 211 853	8 408 294
b. Persentase						
◆ Thd total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
◆ Siap tebang			20,98			32,08
c. Rata-rata		19,59	4,11		26,46	8,49

Sumber: http://www.dephut.go.id/Halaman/pranalogi_kehutanan/PHRI_03/PHRI_03.htm

2.4 Komposisi Kimia dalam Kayu Mahoni

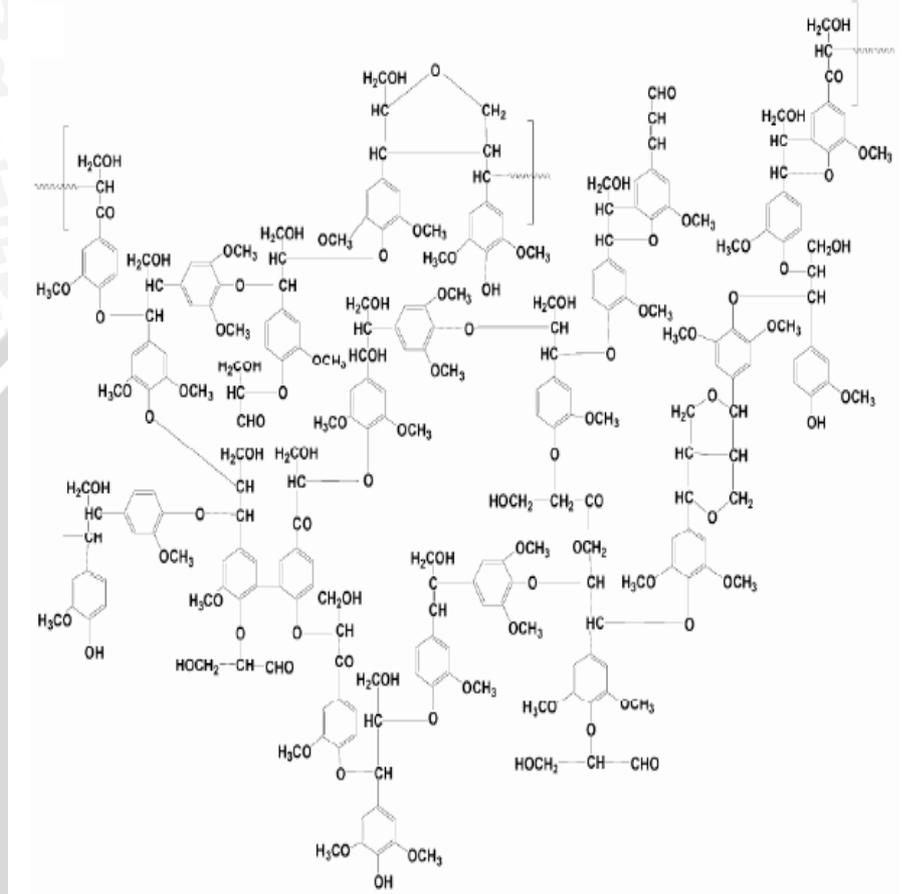
Diketahui bahwa hemiselulosa, selulosa dan lignin merupakan komponen utama dari biomassa dari kayu, dimana besarnya adalah untuk hemiselulosa sebesar 20-40 %, selulosa 40-60 % dan lignin 10-25 %. (Gospodinova).

2.4.1. Lignin

Lignin termasuk suatu makromolekul kompleks, suatu polimer aromatik alami yang bercabang–cabang dan mempunyai struktur tiga dimensi yang terbuat dari fenil propanoid yang saling terhubung dengan ikatan yang bervariasi. Lignin membentuk matriks yang mengelilingi selulosa dan hemiselulosa, penyedia kekuatan pohon dan pelindung dari biodegradasi. Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatis, maupun kimia (Isroi, 2008a).

Menurut (Batubara, 2002) Lignin adalah zat yang keras, lengket, kaku dan mudah mengalami oksidasi. Dibutuhkan pada kayu dengan tujuan kontruksi karena dapat meningkatkan kekerasan/kekuatan kayu, tetapi tidak dibutuhkan dalam industri kertas

karena lignin sangat sulit dibuang dan membuat kertas jadi kecoklatan/coklat karena sifat aslinya dan pengaruh oksidasi. Lignin merupakan rantai dengan karbon-karbon terikat dan ikatan lainnya yang terdiri dari jaringan yang dihubungkan dengan polisakarida yang terdapat di dalam dinding sel.

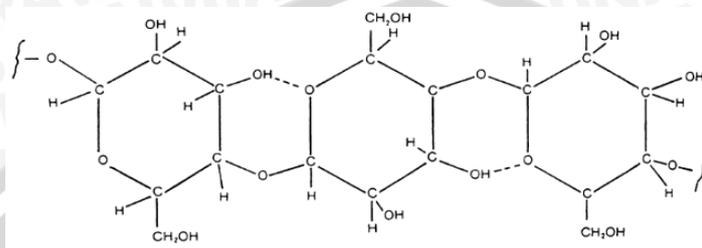


Gambar 2.5 Struktur parsial lignin dari kayu keras
Sumber: Brebu, 2009

2.4.2. Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman dan hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam melainkan berkaitan dengan lignin dan hemiselulosa membentuk lignoselulosa (Lynd et al., 2002). Ditambahkan oleh Lee et al. (2009) yang menerangkan bahwa Selulosa adalah polimer dari rantai unit α -D-1-4 anhidroglukosa ($C_6H_{12}O_6$)_n, sebanyak 40-60 % yang terdapat dalam dinding sel pada tumbuhan berkayu. Beberapa ciri-ciri dari struktur selulosa yang berdasarkan pada karakteristik kimia yang dimiliki adalah dapat mengembang dalam air, berbentuk kristalin, adanya kelompok fungsional yang spesifik dan dapat bereaksi dengan enzim selulolitik (Sierra et al., 2007).

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. (Mohan *et al.* 2006).

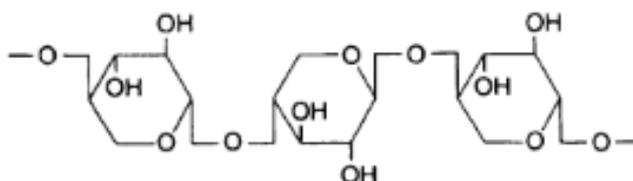


Gambar 2.6 Struktur Molekul Selulosa
Sumber : Basu, 2010; 37.

2.4.3 Hemiselulosa

Hemiselulosa, semacam selulosa berupa persenyawaan dengan molekul-molekul besar yang bersifat karbohidrat. Hemiselulosa dapat tersusun oleh gula dengan lima karbon dengan rumus $C_5H_{10}O_5$ disebut pentosan atau gula dengan enam karbon $C_6H_{12}O_6$ disebut hexosan. Zat-zat ini terdapat sebagai bahan bangunan dinding-dinding sel juga sebagai bahan zat cadangan.

Hemiselulosa mirip dengan selulosa yang merupakan polimer gula, namun, berbeda dengan selulosa yang hanya tersusun dari glukosa, hemiselulosa tersusun dari bermacam-macam jenis gula. Monomer gula penyusun hemiselulosa terdiri dari monomer gula berkarbon 5 (C-5) dan 6 (C-6), misalnya: xylosa, mannose, glukosa, galaktosa, arabinosa, dan sejumlah kecil ramnosa, asam glukoroat, asam metal glukoronat, dan asam galaturonat. Xylosa adalah salah satu gula C-5 dan merupakan gula terbanyak kedua di biosfer setelah glukosa. Kandungan hemiselulosa di dalam biomassa lignoselulosa berkisar antara 11 % hingga 37 % (berat kering biomassa).

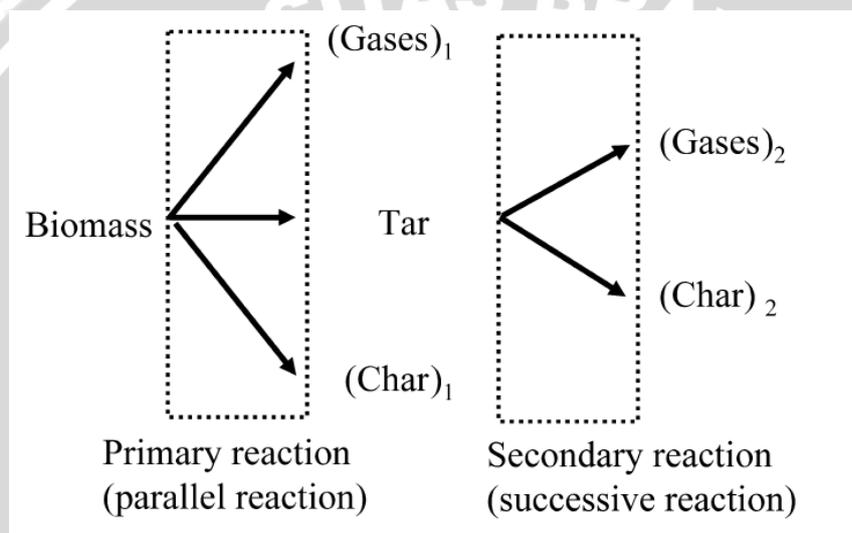


Gambar 2.7 Struktur dari Hemiselulosa
Sumber : Basu, 2010; 37.

2.5 Pirolisis

Pirolisis berasal dari kata Pyro (Fire/Api) dan Lyo (Loosening/Pelepasan) untuk dekomposisi termal dari suatu bahan organik. Jadi pirolisis merupakan proses konversi dari suatu bahan organik pada suhu tinggi dan terurai menjadi ikatan molekul yang lebih kecil. Pirolisis menguraikan bahan organik secara kimia melalui pemanasan dengan mengalirkan nitrogen sebagai gas inert. Proses ini menghasilkan uap organik, gas pirolisis dan arang. Uap organik yang dihasilkan mengandung karbon monoksida, metana, karbon dioksida, tar yang mudah menguap dan air. (Awaluddin, 2007).

Mekanisme reaksi kimia pada pirolisis (Broido, 1976)



Gambar 2.8 Mekanisme Reaksi Kimia pada Pirolisis
Sumber : Broido, 1976

Berdasarkan temperatur dan waktu tinggal (*residence time*), pirolisis dibedakan menjadi tiga tipe utama.

- Flash Pyrolysis

Karakteristik dari flash pyrolysis yaitu laju pemanasan yang sangat cepat yaitu lebih besar dari 10^{50}C/s . Jika dibandingkan dengan *slow pyrolysis*, char dan gas yang dihasilkan lebih sedikit. Pada pirolisis tipe ini dihasilkan jumlah tar yang lebih banyak.

- Fast Pyrolysis

Laju pemanasan yang digunakan antara 500 hingga 10^{50}C/s . Ukuran spesimen yang digunakan adalah 2mm agar panas lebih cepat merata dan waktu pemanasan yang digunakan relatif cepat yaitu 0,5-5 detik.

Agar 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 untuk 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).

- Slow Pyrolysis

Slow pyrolysis dicirikan dengan laju pemanasan lambat, temperatur kecil, dan waktu pemanasan yang lama. Laju pemanasan yang digunakan adalah kurang dari 1°C/s. Produk utama dari slow pyrolysis adalah char.

Produk-produk Non-combustible, seperti karbon dioksida, senyawa organik, dan uap air, dihilangkan pada temperatur antara 100 °C dan 200 °C. Di atas temperatur 200 °C, terjadi pemecahan stuktur 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).

Tabel 2.3. Tipe proses pirolisis

pyrolysis process	heating velocity (°C/s)	residence time (s)	main product (s)
slow	<<1	300-1800	char
fast	500-100000	0,5-5	gas,oil,char
flash	>10 ⁵	<1	oil
		<1	gas
		<0,5	gas

Sumber : Meijer (2001)

2.6 Pirolisis Biomassa

Lignin, hemiselulosa dan selulosa adalah komponen utama penyusun biomassa, yang memiliki sifat yang berbeda-beda. Hemiselulosa merupakan konstituen yang paling reaktif dan lignin sebaliknya (Probstein dan Hicks, 1982)

2.6.1 Pirolisis Lignin

Lignin adalah salah satu dari 3 penyusun utama biomassa. Lignin mempunyai fungsi untuk mempererat antar serat kayu dan juga berfungsi sebagai penguatan. Lignin adalah salah satu komponen biomassa yang kurang reaktif. Pirolisis lignin membutuhkan temperatur yang tinggi. Dekomposisi termal dari lignin biasanya terjadi pada kisaran temperatur 280 °C sampai 500 °C, meskipun beberapa perubahan fisik atau kimia (misalnya, depolimerisasi dan kehilangan beberapa metanol) dapat terjadi pada temperatur rendah (Koufopoulos et al., 1989).

Tabel 2.4 Berbagai produk dari pirolisis lignin

Type of product	Group of compound	Examples
Light H ₂ O,	liquids metanol	
Phenolics	Monohydroxyl phenols Guaiacols	Phenol, o-cresol, m-cresol, p-cresol, 2-ethylphenol, 4-propylphenol and xlenols Guaiacol, 4-methylguaiacol, 4-ethylguaiacol, 4-propylguaiacol
	Catechols	Catechol, 4-methylcatechol, 4-ethylcatechol, 3-methoxycatechol
Gases	Hydrocarbons	Methane, ethane, ethylene, propane, propylene, n-butane and isobutene
	Carbon oxides Sulphur-containing compounds	CO, CO ₂ H ₂ S, methyl mercaptan

Sumber : Palma (2013)

2.6.2 Pirolisis Hemiselulosa

Hemiselulosa yang paling penting yang terdapat pada kayu keras (*hardwood*) ialah Glucoronoxylans (sering disebut sebagai xilan) dan hemiselulosa yang dominan pada kayu lunak (*softwood*) ialah glukomanan. Xilan telah banyak digunakan pada beberapa penelitian untuk model pirolisis hemiselulosa. (Koufopoulos et al., 1989)

Hemiselulosa adalah komponen utama biomassa yang paling reaktif dari dekomposisi kayu yakni pada rentang temperatur 200-260 °C. Ketidakstabilan termal pada hemiselulosa mungkin disebabkan karena kurangnya crystallines. Dekomposisi hemiselulosa pada kondisi pirolitik ini terjadi dalam dua tahap (Soltes dan Elder, 1981). Pertama merupakan pemutusan ikatan dari polimer menjadi fragmen-fragmen yang larut

dalam air diikuti oleh konversi ke unit monomer, dan akhirnya dekomposisi dari unit-unit monomer menjadi *volatil matter*.

Tabel 2.5 Berbagai produk dari pirolisis hemiselulosa

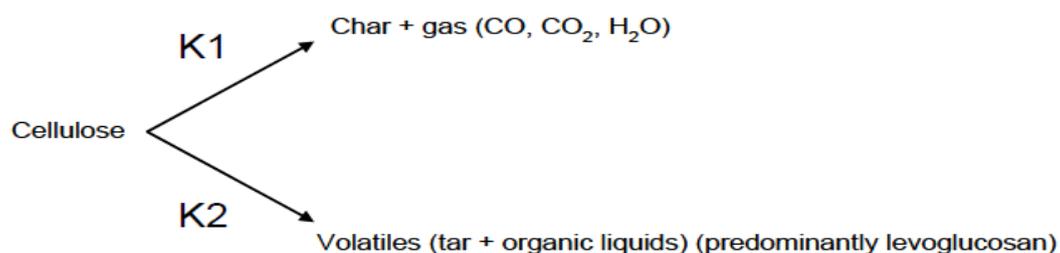
Monomeric unit	Functional group	Main compounds
Xylan	Alcohol	Ethanol
	Aldehydes	Acetaldehyde, propanedial, formaldehyde
	Heterocyclic aldehyde	Furfural
	Ketone	Acetone
o-Acetyl xylan	Gases	CO, CH ₄ , H ₂
	Aldehydes	Acetaldehyde, formaldehyde
	Carboxylic acid	Acetic acid, propionic acid
	Ketone	Acetone
4-o-Methyl glucurono-xylan	Gases	CO ₂ , CO
	Alcohol	Methanol
	Aldehyde	Acetaldehyde, glycolaldehyde
	Carboxylic acid	Acetic acid, formic acid
	Heterocyclic aldehyde	Furfural
	Ketone	Acetone
	Gases	CO ₂ , CO

Sumber : Palma (2013)

2.6.3 Pirolisis Selulosa

Selulosa merupakan salah satu dari 3 komponen penyusun biomassa yang paling banyak dipelajari. Hal ini terjadi karena selulosa adalah komponen utama dari biomassa yang paling banyak. Selulosa merupakan sumber utama dari *combustible volatiles*.

Sejumlah penelitian dari pirolisis selulosa pada berbagai kondisi telah dilaporkan dan disederhanakan melalui dua jalur mekanisme dekomposisi yaitu K1 dan K2 yang terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.9 : Model reaksi sederhana dari dekomposisi selulosa

Sumber : Sadaka S., 2007

Reaksi 1 terjadi pada suhu rendah sementara reaksi 2 terjadi pada suhu tinggi. Adanya dua jalur ini ditunjukkan oleh studi tentang tingkat kehilangan berat selulosa. Transisi ini ditemukan terjadi pada temperatur sekitar 300°C. Di bawah temperatur tersebut, reaksi kimia yang mungkin terjadi yaitu pengurangan berat molekul, munculnya radikal bebas, oksidasi, dehidrasi, dekarboksilasi, dan decarbonylation. Produk utamanya adalah CO, CO₂, H₂O, dan residu char.

Jalur kedua terjadi pada temperatur di atas 300 °C dan melibatkan dekomposisi selulosa menjadi tar yang mengandung levoglucosan sebagai komponen utama (22-50%), yang menguap dan kemudian terurai seiring dengan meningkatnya temperatur. Karena suhu yang meningkat dari 300 °C sampai 500 °C, jumlah produk tar meningkat sedangkan proporsi komponen char (arang) berkurang dan hasil dari levoglucosan yang tertinggal tetap.

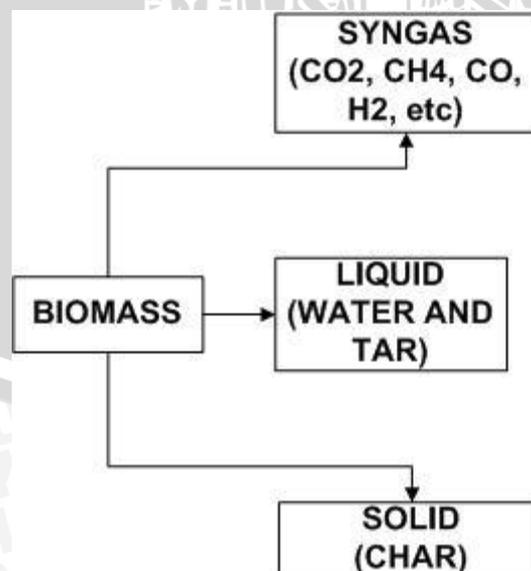
Char, tar (terutama levoglucosan), air, CO₂ dan CO merupakan produk utama dari pirolisis selulosa di bawah 500 °C (Funakuzuri et al., 1986). Hasil dari hidrokarbon ringan, yaitu C₁ - C₄, saat di bawah 500 °C diabaikan tetapi akan diperhitungkan apabila terjadi pada temperatur tinggi (Scott et al, 1988.). Hasil tar mulai turun ketika suhu pirolisis dinaikkan di atas 600 °C (Hajaligol et al, 1982.). Peningkatan jumlah dari produk gas terjadi pada temperatur yang sama dengan temperatur dimana produk tar mulai berkurang. Hal ini merupakan indikasi bahwa pemecahan struktur utama tar memberikan kontribusi terhadap produksi total gas pada temperatur tinggi.

Tabel 2.6 Produk pirolisis selulosa pada suhu 873 K

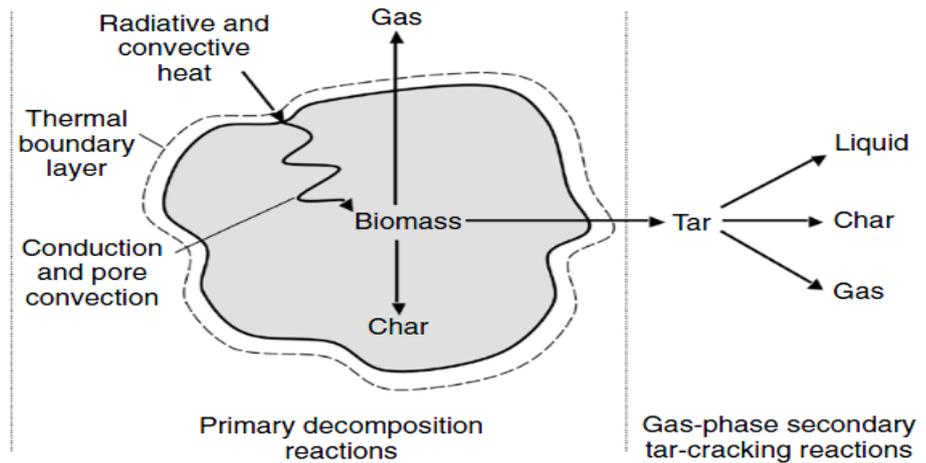
Product	Cellulose (% P)
Acetaldehyde	1,5
Acetone Propinaldehyde	0,0
Furanics	0,7
Propenol	0,8
Methanol	1,1
2-Methylfuran	Tr
2,3-Butanedione	2,0
1-Hydroxy-2-Propan glycoxal	2,8
Acetic acid	1,0
2-Furaldehyde	1,3
5-Methyl-2-Furaldehyde	0,5
CO ₂	6,0
H ₂ O	11,0
Coal	5,0
Tar	66,0

Sumber : Rm Materials Refratarior Ltda (2005)

2.7 Produk Pirolisis



Gambar 2.10 Hasil produk pirolisis
Sumber : Hafid, 2014

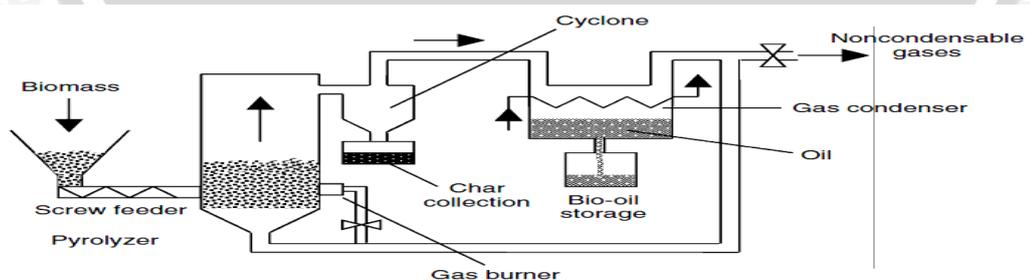


Gambar 2.11 Pirolisis partikel biomassa dengan dekomposisi primer dan sekunder
 Sumber: Basu, 2010

Produk awal dari proses pirolisis terdiri dari *solid char* dan gas yang dapat dikondensasi (*condensable gases*). *Condensable gas* kemudian dipecah menjadi gas yang tidak dapat dikondensasi (*noncondensable gases*) yang terdiri dari (CO, CO₂, H₂, CH₄) serta tar dan char. Dekomposisi ini terjadi sebagian melalui reaksi fase-gas yang homogen dan sebagian melalui fase-*gas-solid* reaksi panas yang heterogen. Pada reaksi fase-gas, gas yang dapat terkondensasi terpecah menjadi molekul yang lebih kecil menjadi gas permanen yang tidak dapat terkondensasi (*noncondensable gas*) seperti CO dan CO₂. Reaksi proses pirolisis secara umum dapat ditunjukkan seperti persamaan dibawah:



Pirolisis merupakan tingkatan awal yang penting dalam proses gasifikasi. Tingkatan ini relatif cepat, terutama pada reaktor dengan pencampuran yang cepat.

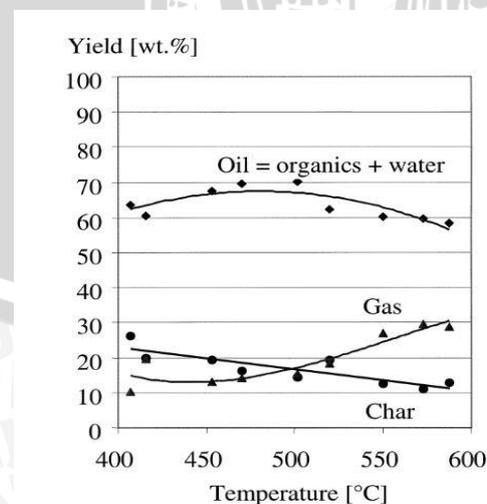


Gambar 2.12 Skema pirolisis sederhana
 Sumber: Basu, 2010

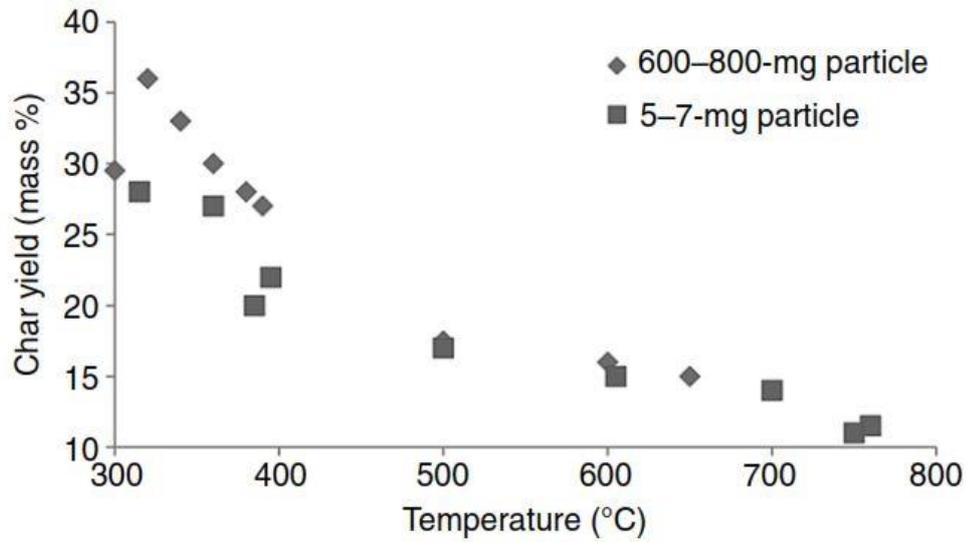
Gambar di atas menunjukkan proses skematik dari pabrik yang menggunakan proses pirolisis secara umum. Biomassa dimasukkan ke dalam ruang pirolisis yang panas dan akan memanaskan biomassa sampai ke temperatur pirolisis dimana proses dekomposisi akan dimulai. Gas yang dapat terkondensasi dan tidak dapat terkondensasi dilepaskan dari biomassa meninggalkan ruangan pirolisis, sedangkan padatan yang berupa char sebagian tertinggal dalam ruangan pirolisis dan sebagian berubah menjadi gas. Gas terpisah dari char dan didinginkan pada ruangan kondensasi. Gas yang dapat terkondensasi akan melalui proses kondensasi dan menjadi bio-oil atau minyak pirolisis (tar), sedangkan gas yang tidak dapat terkondensasi akan menjadi gas produk dari proses pirolisis. Produk gas yang dihasilkan ini dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar dari *burner* proses pirolisis, atau dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain. Begitu juga dengan char, dapat dimanfaatkan untuk dibakar pada ruangan yang terpisah dari ruangan pirolisis yang nantinya akan membantu menghasilkan panas yang dibutuhkan untuk proses pirolisis.

2.8 Efek Temperatur Pirolisis

Selama proses pirolisis, biomassa dipanaskan pada variasi temperatur tertentu. Dari pemanasan biomassa ini maka dengan meningkatnya temperatur biomassa akan semakin berkurang karena terdekomposisi menjadi tar dan gas. dengan meningkatnya temperatur pula tar yang dihasilkan semakin berkurang karena tar terdekomposisi menjadi gas. sehingga produksi gas akan meningkat dengan semakin meningkatnya temperatur pirolisis.

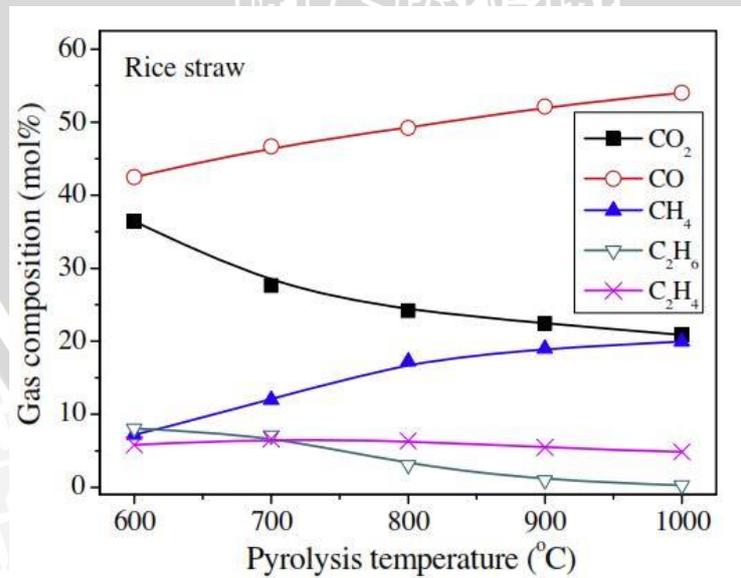


Gambar 2.13 Peningkatan produksi gas hasil pirolisis
Sumber: Bridgwater,1999



Gambar 2.14 Pengurangan massa pada saat pirolisis
 Sumber: Basu,2010

Selain berpengaruh pada produksi gas, variasi temperatur juga berpengaruh terhadap komposisi gas yang dihasilkan.(Xiang et all, 2011). Pada temperatur tertentu komposisi gas metana akan meningkat dan gas gas yang lain ada yang menurun seperti gambar di bawah ini.

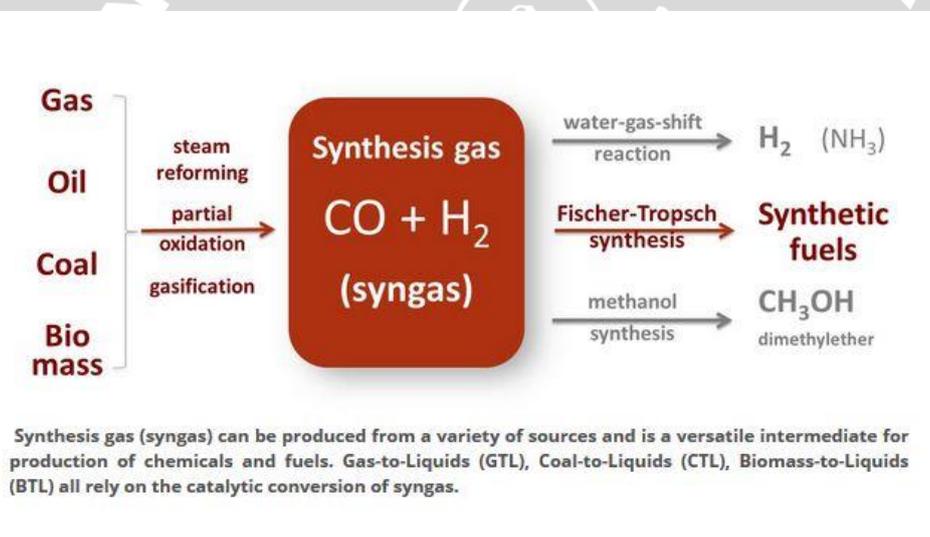


Gambar 2.15 Efek variasi temperatur terhadap komposisi gas
 Sumber : Xiang,2011

2.9 Syngas

Syn-gas hasil dari proses pirolisis dengan bahan baku suatu biomassa bisa dijadikan salah satu sumber bahan bakar alternatif untuk berbagai kebutuhan manusia seperti di dunia industri dan dunia rumah tangga. Gas merupakan energi yang fleksibel, banyak cara untuk memanfaatkan bahan bakar gas, di kalayak luas gas sangat biasa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan rumah tangga yaitu memasak. Selain itu juga bisa sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga gas (PLTG)

Hasil produk dari pirolisis selain *char* dan *tar* yang berupa gas dinamakan *syn-gas*. Selama proses pirolisis berlangsung serbuk kayu yang menjadi bahan baku akan terurai menjadi *char* dan uap di dalam reaktor. Setelah uap mengalami kondensasi dan berubah fase menjadi liquid (*tar*) yang tertinggal dikondensor, maka yang tersisa adalah gas murni. Gas yang tidak mampu terkondensasi inilah yang nantinya akan menjadi syngas yang akan dimanfaatkan lagi.



Gambar 2.16 : Cara mendapatkan *syngas* dan manfaatnya
Sumber : Loosdrecht,2013

2.10 Kinetik Rate

Kinetic rate atau laju reaksi merupakan banyaknya zat yang tereaksi selama proses pirolisis dalam satuan waktu. Selama proses pirolisis terjadi proses dekomposisi material yang berupa serbuk kayu Kinetik rate digunakan untuk mengetahui laju reaksi dari suatu reaksi kimia. Pada penelitian ini kinetik rate yang diteliti adalah penambahan laju gas pada hasil pirolisis.

Energi aktivasi adalah energi minimal yang dibutuhkan agar suatu reaksi dapat berjalan. Energi aktivasi mempunyai symbol E_a dengan E adalah energy dan E adalah

aktivasi. Aktivasi disini bermakna bahwa suatu reaksi kimia membutuhkan energi tambahan agar reaksi dapat berlangsung (Vogel,1994)

Pada reaksi endoterm, energi yang dibutuhkan untuk memutuskan ikatan kimia di dapat dari luar sistem. Pada reaksi endoterm yang membebaskan energi, ternyata membutuhkan energi dari luar juga untuk mengaktifkanr reaksi tersebut.(Atkins,1999)

Semakin tinggi temperatur maka gas yang dihasilkan juga semakin banyak, tetapi tidak diketahui berapa jumlah pastinya, oleh karena itu penelitian ini menarik untuk dilakukan agar mengetahui seberapa banyak zat yang bereaksi tiap satuan waktunya.

Dari data penelitian didapatkan data temperatur dan volume total gas. Nilai k_{awal} dapat dihitung dengan rumus :

$$k = \left(\frac{V_2 - V_1}{120} \right) \times \left(\frac{V_{awal} - V_{akhir}}{V_n - V_{akhir}} \right)$$

Dimana untuk menit ke-120:

V_2 = Volume total gas pada menit ke-122

V_1 = Volume total gas pada menit ke-120

120 = Jeda waktu pengambilan data adalah 2 menit atau 120 detik

V_{awal} = Volume gas awal

V_{akhir} = Volume gas akhir

V_n = Volume gas pada menit ke n (menit ke-120)

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai k_{awal} kemudian dilakukan plot dengan sumbu x adalah $1/T$ dan sumbu y adalah nilai $\ln k$. Dari persamaan Arrhenius $k = Ae^{-Ea/RT}$, untuk mendapatkan nilai A (pre-eksponensial faktor), Ea (activation energy). Persamaan Arrhenius dapat diubah menjadi $\ln k = \ln A - \frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T} \right)$ atau $\ln k = - \frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T} \right) + \ln A$, persamaan suatu garis lurus dengan gradien m adalah $y = mx + c$, sehingga nilai dari $m = - \frac{Ea}{R}$ dan nilai dari $c = \ln A$ pengeplotan ini menggunakan seluruh data dari temperatur mulai 250°C sampai 800°C dan didapatkan rate total. Selain dilakukan perhitungan kinetik rate total, juga perlu dilakukan perhitungan kinetik rate local, sehingga dapat dibandingkan hasilnya. Hasil dari perhitungan kinetik rate baik local maupun total dikembalikan menjadi bentuk semula berupa volume gas, kinetik rate mana yang paling mendekati penambahan volume gas aktual.

2.11 Hipotesis

Semakin meningkat temperatur pirolisis semakin banyak gas yang dihasilkan, hal ini dikarenakan char dan tar mengalami dekomposisi menjadi gas pada temperature yang lebih tinggi. Selain itu peningkatan temperatur akan meningkatkan kinetic rate karena reaksi berlangsung lebih cepat. Kemudian komposisi gas metana dan hidrogen akan meningkat sedangkan karbondioksida menurun

