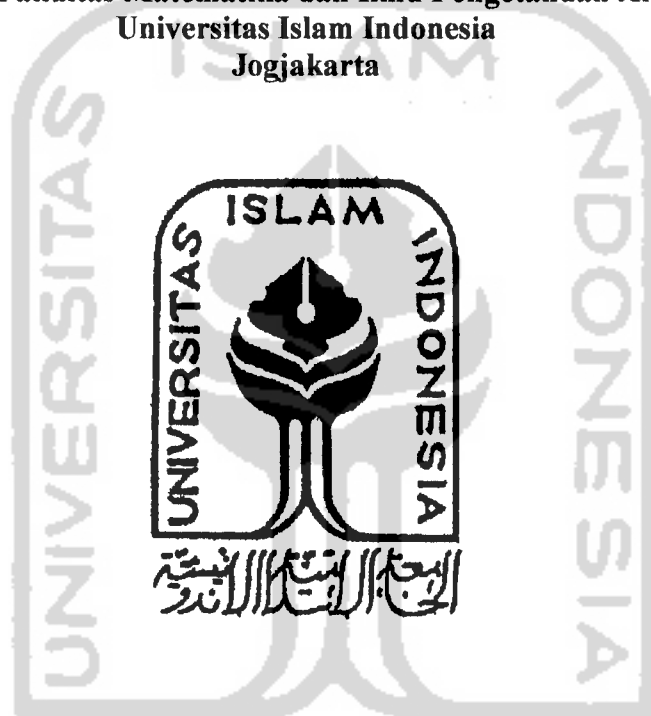


**PENGARUH LAJU PEMANASAN TERHADAP HASIL
PIROLISIS LIMBAH SERBUK KAYU JATI
(*Tectona grandis*)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar
Sarjana Sains (S.Si.) Program Studi Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**



**Disusun Oleh
Agnes Ika Puji Lestari
No.Mhs : 98612011**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**Jogjakarta
2003**

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH LAJU PEMANASAN TERHADAP HASIL
PIROLISIS LIMBAH SERBUK KAYU JATI
(*Tectona grandis*)**

Oleh :
AGNES IKA PUJI LESTARI
No. Mhs : 98612011

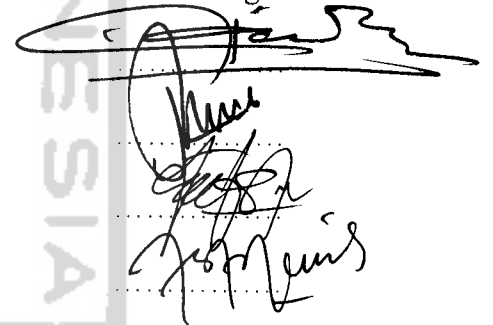
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 24 Mei 2003

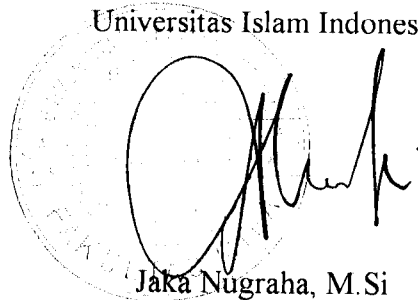
Dewan Penguji

1. Drs.Allwar Aliludin, M.Sc.
2. Rudy Syahputra, M.Si.
3. B.S.Ari Sudarmanto, M.Si.
4. Is Fatimah, M.Si.

Tanda tangan



Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Jaka Nugraha, M.Si

Aku berpegang pada peringatan – peringatan – Mu dan aku amat mencintainya
Aku berpegang pada titah – titah – Mu dan perintah – perintah – Mu sebab seluruh hidupku
terbuka dihadapan – Mu

Mazmur 119,167 – 168

Dpse Finis Erit Desiserium Nostrorum

Qui Sine Fine Debitur

Sine Fastisidia Amabitur

Sine Fastigatione Laudabitur

Agustinus De Civitate Dei XXXI,30

*Saat lidahpun terasa kelu masih ada harapan di sudut kalbu, bahwa air mataku kau
tampung dalam kjabatmu tuk kau ubah menjadi mata air nuraniku hingga diaakhir nanti aku
milik – Mu dan biarlah abadi nada yang tercipta sebagai ungkapan cinta pada- Nya yang
diwujudkan lewat cinta sesama dan senyum tulus persahabatan*

KARENA

HANYA SATU BUAH TITAH YANG KAMI JAWANTAH

Dengan Tulus hati Ku – Persembahkan Skripsi ini Untuk
Mama Bapa semua yang kulakukan tak cukup untuk membalas airmata dan keringat
kalian
Adikku Andreana dan Rini

Dan Mas Anton “HARTELIJK GEFELICITEERD Met Uw VERJAARDAG”

VIERTWINTIG JAAR

Special Tank's to

Mas Koko, Mas Panji, Mas D – One

Bursan, Ana Ermiyati

Widi, Ari, Naning, Aji, Yuni, Coetoen, Serta semua warga Kimia angkatan '98

Sahabat sejatiku yang telah memberi warna dalam hidupku

Seseorang yang baru hadir dalam kehidupanku



AB200305160050 AD

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia yang memberikan kekuatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul **Pengaruh Laju Pemanasan Terhadap Hasil Pirolisis Limbah Kayu Jati (*Tectona grandis*)**, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh derajat sarjana di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Jaka Nugraha, M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia
2. Bapak B.S.Ari Sudarmanto, M.Si sebagai pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta peminjaman reaktor pirolisis selama penelitian dan penulisan skripsi
3. Ibu Is Fatimah, M.Si sebagai pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dan tambahan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi
4. Bapak Riyanto, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan dorongan untuk penyelesaian tulisan ini
5. Kepala laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia beserta staf yang telah banyak membantu selama penelitian berlangsung
6. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian Skripsi ini

Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu memberkati mereka sekalian sekarang dan selama-lamanya.

Dari skripsi ini banyak harapan yang penulis inginkan. Pertama bagi penulis sendiri dengan selesainya penulisan skripsi ini dapat memberikan dorongan untuk

selalu berbuat yang terbaik dalam ilmu pengetahuan. Sedangkan bagi ilmu pengetahuan, penulis berharap dari sedikit skripsi ini dapat memberikan dorongan dan dukungan untuk kemajuan ilmu pengetahuan demi kemajuan peradaban nantinya.

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna maka dari itu penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran demi kesempurnaan skripsi ini.

Jogjakarta, April 2003

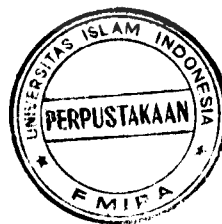
Penulis



DAFTAR ISI

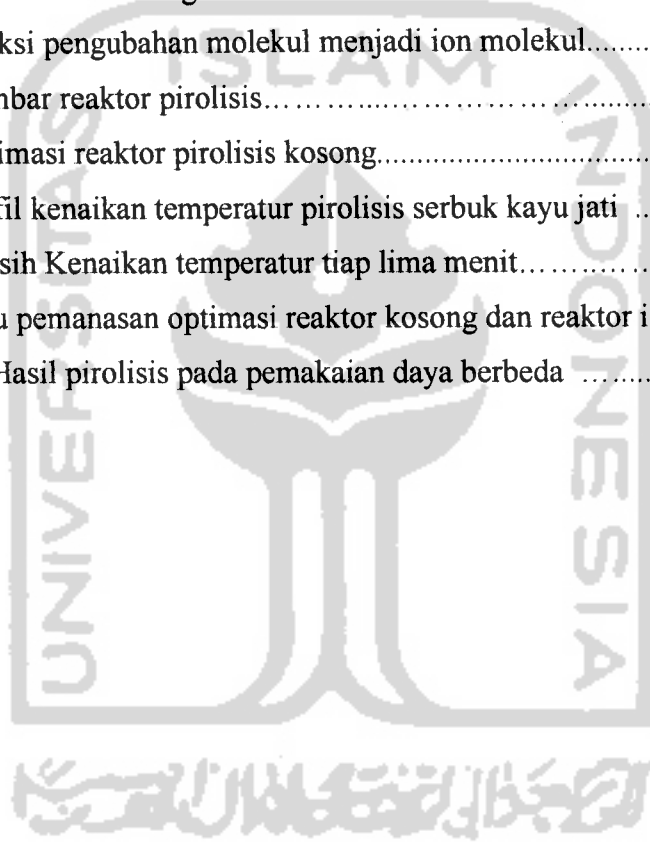
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO dan PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
INTISARI	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Tujuan penelitian.....	2
1.3 Rumusan masalah.....	2
1.4 Hipotesa.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pirolisis kayu.....	4
2.2 Asap cair.....	4
2.3 Kayu jati.....	5
2.4 Komposisi kimia kayu.....	5
2.4.1 Selulosa.....	6
2.4.2 Hemiselulosa.....	7
2.4.3 Lignin.....	9
BAB III DASAR TEORI.....	10
3.1 Pirolisis.....	10
3.2 Kinetika reaksi.....	12
3.3 Kromatografi.....	12

BAB IV Metodologi Penelitian.....	15
4.1 Alat dan bahan.....	15
4.1.1 Alat yang digunakan yang digunakan dalam penelitian.....	15
4.1.2 Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian	16
4.2 Cara penelitian.....	16
4.2.1 Optimasi reaktor Pirolisis.....	16
4.2.1 Pirolisis limbah kayu jati.....	16
4.2.2 Analisis asap cair	17
4.2.3 Gambar reaktor pirolisis.....	18
BAB V Hasil dan Pembahasan.....	19
5.1 Optimasi reaktor pirolisis.....	19
5.1.1 Optimasi reaktor pirolisis kosong.....	19
5.1.2 Pirolisis serbuk kayu jati.....	21
5.2 Pengaruh daya terhadap distribusi hasil pirolisis.....	24
5.2.1 Pengaruh daya listrik terhadap kuantitas asap cair.....	24
5.2.2 Pengaruh daya listrik terhadap arang.....	25
5.2.3 Pengaruh daya listrik terhadap gas tak terkondensasi.....	26
BAB VI KESIMPULAN dan SARAN.....	29
6.1 Kesimpulan	29
6.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	30
LAMPIRAN.....	32



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Pembagian Struktur kayu.....	6
Gambar 2	Stuktur selulosa.....	7
Gambar 3	Reaksi pirolisis Selulosa.....	7
Gambar 4	Reaksi pirolisis Xilosa.....	8
Gambar 5	Reaksi pirolisis Poliosa.....	8
Gambar 6	Model Struktur Lignin.....	9
Gambar 7	Reaksi pengubahan molekul menjadi ion molekul.....	14
Gambar 8	Gambar reaktor pirolisis.....	18
Gambar 9	Optimasi reaktor pirolisis kosong.....	19
Gambar 10	Profil kenaikan temperatur pirolisis serbuk kayu jati	21
Gambar 11	Selisih Kenaikan temperatur tiap lima menit.....	21
Gambar 12	Laju pemanasan optimasi reaktor kosong dan reaktor isi.....	23
Gambar 13	% Hasil pirolisis pada pemakaian daya berbeda	28



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Pencapaian suhu maksimum proses pirolisis serbuk kayu jati.....	22
Tabel 2	Laju pemanasan optimasi reaktor pirolisis kosong dan proses pirolisis serbuk kayu jati	23
Tabel 3	Hasil pirolisis dengan pemakaian daya berbeda.....	27



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data optimasi awal reaktor pirolisis	32
Lampiran 2	Data kenaikan temperatur tiap daya per lima menit.....	33
Lampiran 3	Data selisih kenaikan temperatur tiap lima	34
Lampiran 4	Data temperatur maksimal untuk tiap daya tiap daya.....	35
Lampiran 5	Data laju pemanasan optimasi reaktor kosong dan proses prolisis serbuk kayu jati	36
Lampiran 6	Data hasil pirolisis untuk tiap laju	37
Lampiran 7	Kromatogram daya 1800 watt laju 2,63 °C/menit.....	38
Lampiran 8	Kromatogram daya 1800 watt laju 2,63 °C/menit.....	39
Lampiran 9	Data waktu retensi untuk daya 1800 watt	40
Lampiran 10	Fragmentasi waktu retensi 17.676 menit.....	41
Lampiran 11	Kromatogram daya 2000 watt laju 4,59 °C/menit.....	42
Lampiran 12	Data waktu retensi untuk daya 2000 watt	43
Lampiran 13	Fragmentasi waktu retensi 8.283 menit.....	44
Lampiran 14	Fragmentasi waktu retensi 17.833 menit.....	45
Lampiran 15	Kromatogram daya 2200 watt laju 5,9 °C/menit.....	46
Lampiran 16	Data waktu retensi untuk daya 2200 watt	47
Lampiran 17	Fragmentasi waktu retensi 17.858 menit.....	48

**PENGARUH LAJU PEMANASAN TERHADAP HASIL
PIROLISIS LIMBAH SERBUK KAYU JATI
(*Tectona grandis*)**

INTISARI

Oleh
Agnes Ika Puji Lestari
No.Mhs. 98612011

Telah dilakukan penelitian terhadap pengaruh laju pemanasan pada proses pirolisis limbah serbuk kayu jati .

Pirolisis dilakukan dengan cara pemanasan tanpa oksigen pada pengaturan daya listrik. Limbah serbuk kayu jati dipanaskan pada berbagai variasi suhu, dan dengan daya listrik berbeda. Asap cair hasil pirolisis yang dapat terkondensasi pendingin air dianalisis dengan menggunakan GC – MS untuk komposisinya.

Hasil penelitan menunjukkan bahwa pada penggunaan daya 1800 watt diperoleh laju pemanasan sebesar 2,63 °C/menit dan menghasilkan asap cair fraksi I 3,79 gram, asap cair fraksi II 8,39 gram, arang 12,08 gram dan gas tak terkondensasi 5,74 gram. Pada penggunaan daya 2000 watt diperoleh laju pemanasan sebesar 4,59 °C/menit dan menghasilkan asap cair fraksi I 3,92 gram, asap cair fraksi II 9,15 gram, arang 10,20 gram dan gas tak terkondensasi 6,73 gram. Pada penggunaan daya 2200 watt diperoleh laju pemanasan sebesar 5,9 °C/menit dan menghasilkan asap cair fraksi I 4,32 gram, asap cair fraksi II 10,12 gram, arang 8,44 gram dan gas tak terkondensasi 7,12 gram. Dalam hal ini laju pemanasan bergantung pada daya yang digunakan dan hasil perolehan dari proses pirolisis bergantung pada laju pemanasan.

Kata kunci : pirolisis, laju pemanasan, kayu jati

THE INFLUENCE OF HEATING RATE ON THE PYROLYSIS RESULT THE HARDWOOD WASTE TEAK (*Tectona grandis*)

ABSTRACT

Agnes Ika Puji Lestari
98612011

The research have been done to study the influence of heating rate on the pyrolysis result of the hardwood waste teak.

Pyrolysis was done using the method of heating without oxygen on controlling the electric power. The hardwood waste teak was heated in various temperature and electric power. The liquid smoke resulted from the pyrolysis can be condensed by watercooler and analyzed using GC - MS to know the composition.

The result showed that the electric use of 1800 watt can result 2,63 °C / minute of heating rate and it can also liquid smoke in fraction I of 3,79 grams, liquid smoke in fraction II of 8,39 grams, charcoal of 12,08 grams and uncondensed gas of 5,74 grams. The electric use of 2000 watt it can result 4,59 °C / minute of heating rate and it can also liquid smoke in fraction I of 3,92 grams, liquid smoke in fraction II of 9,15 grams, charcoal of 10,20 grams and uncondensed gas of 6,73 grams. The electric use of power 2200 watt it can result 5,9 °C / minute of heating rate and it can also liquid smoke in fraction I of 4,32 grams, liquid smoke in fraction II of 10,12 grams, charcoal of 8,44 grams and uncondensed of 7,12 grams. In this case the heating rate depends on the power which is used and the result of pyrolysis process depends on the rapid heating.

Keywords : Pyrolysis, rapid heating, hardwood teak

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kayu merupakan salah satu produk yang sangat penting sekitar sepertiga luas lahan didunia tertutup oleh hutan, yang mengandung persediaan pertumbuhan total kayu sekitar 300.000 juta m³. Kayu merupakan sumber daya alam utama Indonesia karena 75 % dari luas daratan di Indonesia merupakan hutan yang mengandung persediaan kayu yang cukup melimpah. Dari keseluruhan hasil hutan di Indonesia masih banyak yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Di negara – negara berkembang kayu hanya dipergunakan sebagai bahan bakar (Fengel, 1995).

Kenaikan harga bahan bakar minyak menyebabkan permintaan akan kayu semakin naik tajam, oleh karena itu kita harus menggunakan kayu secara ekonomis, sehingga kayu tetap menjadi sumber yang sangat penting. Setelah jaman prasejarah kayu tidak hanya digunakan untuk bahan bakar dan bangunan tetapi juga digunakan sebagai bahan mentah kimia untuk pembuatan arang (digunakan dalam peleburan besi), ter dan getah (digunakan untuk mengawetkan dan melapisi lambung kapal), (Fengel, 1995).

Pengetahuan tentang kayu dan sifat-sifat kimia kayu sekarang semakin penting dari sebelumnya. Dilain pihak perlu diketahui cara isolasi yang cermat dari komponen-komponen kayu dan penelitian untuk mendapatkan produk baru dari komponen-komponen tersebut.

Indonesia yang merupakan salah satu negara penghasil kayu memiliki limbah pengolahan kayu yang melimpah, tetapi limbah pengolahan kayu tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal karena hanya dimanfaatkan sebagai kayu bakar. Dalam penelitian yang lebih lanjut limbah kayu dimanfaatkan asap cairnya sebagai pengawet daging yang secara ekonomis belum dimanfaatkan secara optimal (Tranggono, 1996). Asap cair atau minyak kayu mengandung senyawa aldehid, fenol, keton dan senyawa oksigen lainnya yang menurut penelitian ternyata merupakan sumber hidrokarbon (Adjaye, 1996). Apabila hidrokarbon dari asap cair diolah lebih lanjut dapat dijadikan alternatif sumber energi.

Salah satu cara konversi limbah kayu menjadi hidrokarbon adalah dengan proses pirolisis. Pirolisis itu adalah proses peruraian kimia karena adanya panas tanpa kehadiran oksigen. Temperatur, waktu pirolisis, laju pemanasan, daya yang digunakan serta kondisi reaktor sangat menentukan hasil pirolisis. Distribusi hasil pirolisis dapat berupa cairan, gas, dan arang. Oleh karena itu perlu dipelajari faktor – faktor yang mempengaruhi proses pirolisis tersebut agar dapat diketahui kondisi terbaik untuk proses pirolisis. Dalam penelitian ini digunakan kayu jati, karena kayu jati merupakan kayu yang sangat awet dan sangat banyak terdapat di Indonesia yang pada umumnya hanya dipergunakan sebagai bahan bangunan, sedangkan sisa dari bahan bangunan hanya dipergunakan sebagai bahan bakar. Untuk menganalisa hasil pirolisis digunakan GC – MS. GC – MS digunakan untuk memisahkan komponen – komponen dalam asap cair.

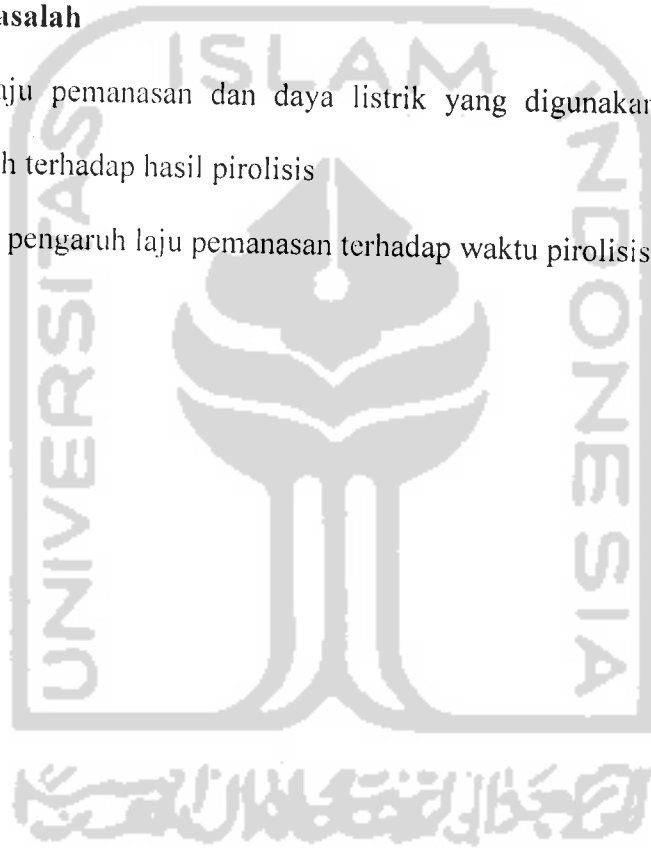
1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengamati pengaruh laju pemanasan dan daya listrik yang digunakan dalam pirolisis, serta pengaruhnya terhadap hasil pirolisis
2. Mengamati pengaruh laju pemanasan terhadap waktu pirolisis

1.3 Rumusan masalah

1. Apakah laju pemanasan dan daya listrik yang digunakan dalam pirolisis, berpengaruh terhadap hasil pirolisis
2. Bagaimana pengaruh laju pemanasan terhadap waktu pirolisis



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pirolisis Kayu

Proses pirolisis sudah dikenal sejak jaman dahulu namun proses ini hanya sebatas pada pembuatan arang. Sedangkan gas yang dihasilkan dibiarkan terurai. Baru sekitar tahun 1979 oleh Wienhous gas, ter, dan minyak kayu mulai dianalisis. Proses Pirolisis di Indonesia sudah mulai dikembangkan untuk memperoleh bahan bakar minyak sintesis. Bahan yang dipirolisis pada umumnya zat-zat organik seperti ampas tebu, tempurung kelapa, sampah pertanian, sekam padi dan biji-bijian bahkan plastik.

Pirolisis telah dilakukan dengan berbagai macam bahan, misal oleh Adiwari (1998) mengubah polimer dari sampah plastik menjadi bahan bakar minyak sintesis yang didasarkan dari perbedaan pemakaian suhu. Sedangkan Sucipto (1999) juga melakukan pirolisis terhadap kayu kruing bangkirai dan glugu yang juga didasarkan pada perbedaan pemakaian suhu. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan pemakaian suhu yang berbeda maka komposisi hasil pirolisis yang dihasilkan juga berbeda. Sedangkan pengaruh laju pemanasan terhadap hasil pirolisis dari sampah pertanian telah dilakukan oleh Zanzi (1997). Dalam penelitian tersebut dikemukakan efek dari laju pemanasan serta efek dari penggunaan temperatur pada proses pirolisis.

2.2 Asap Cair

Asap cair adalah suspensi koloid yang mengandung padatan, cairan, dan uap yang dihasilkan dengan membakar kayu pada kondisi terkontrol terutama tanpa oksigen, pada umumnya kondensat yang larut dalam air berupa minyak dan solven. Asap cair

yang segar yang terlarut dalam air biasanya berwarna kuning cemerlang dan bila disimpan akan menjadi gelap. Perubahan ini disebabkan pembentukan kondensasi warna coklat atau terjadi reaksi polimerisasi.

Senyawa penyusun asap cair adalah 11 – 92 % air, 2,6 – 4 % senyawa karbonil, 0,2 – 2,9 % fenol, 2,8 – 9,5 % asam-asam dan 1 – 7 % ter. Faktor yang mempengaruhi konsentrasi dari komponen-komponen asap cair adalah sifat kayu, suhu pirolisis, umur kayu, jenis kayu, kelembaban, ukuran partikel kayu dan kondisi pertumbuhan tanaman.

2.3 Kayu Jati

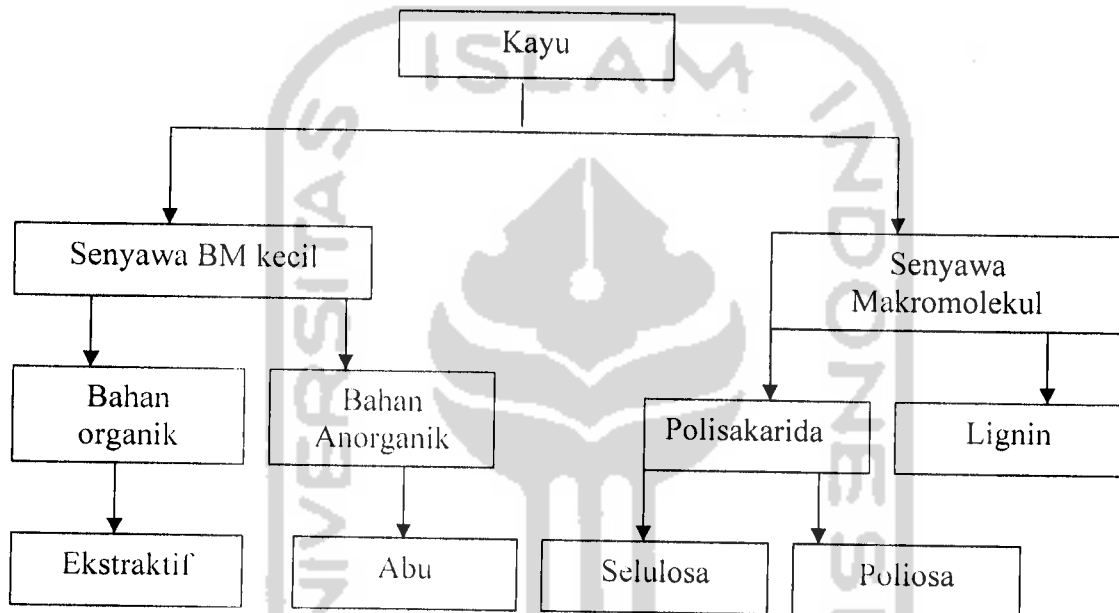
Pohon jati (*Tectona grandis*) hidup didaerah tropis, jaringan dasarnya terjalin dengan pita parenkim longitudinal dan dengan parenkim jari-jari. Pembuluh kayu tertutup oleh tilosis. Kayu jati termasuk golongan kayu awet dan kuat dengan berat jenis 0,7. Kayu ini sangat keras dengan kerapatan 0,63 - 0,82 gr / cm³, dengan panjang serat 0,7-1,4 mm dan dengan diameter serat 50 – 370 µm. Sifat kimia kayu jati antara lain kadar selulosa (39,1 %), lignin (29,3 %), pentosa (13,0 %), abu (0,7 %), kelarutan pada etanol benzen (13,0 %), dan kelarutan pada air panas (1,8 %).

2.4 Komposisi Kimia Kayu

Sepanjang menyangkut komponen kimia kayu, maka perlu dibedakan antara komponen-komponen makromolekul utama penyusun dinding sel yaitu selulosa, poliosa (hemiselulosa) dan lignin yang terdapat pada semua kayu, dan komponen-komponen minor dengan berat molekul kecil (ekstraktif dan zat-zat mineral) yang biasanya lebih berkaitan dengan jenis kayu tertentu dalam jenis dan jumlahnya.

Perbandingan dan komposisi kimia lignin dan poliosa berbeda pada setiap jenis kayu, sedangkan selulosa merupakan komponen yang seragam pada semua kayu.

Dalam kayu dari daerah iklim sedang bagian senyawa tertinggi penyusun dinding sel mencapai 97 – 99% dari zat kayu. Untuk kayu tropika angka tersebut dapat turun hingga mencapai rata-rata 90%. Didalam kayu 65 – 75% terdiri atas polisakarida.



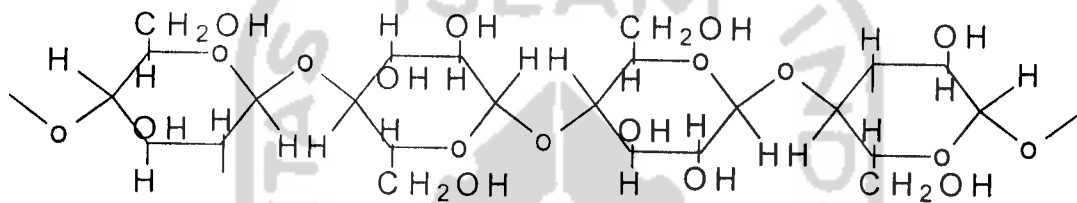
Gambar 1 Pembagian Struktur Kayu

2.4.1 Selulosa

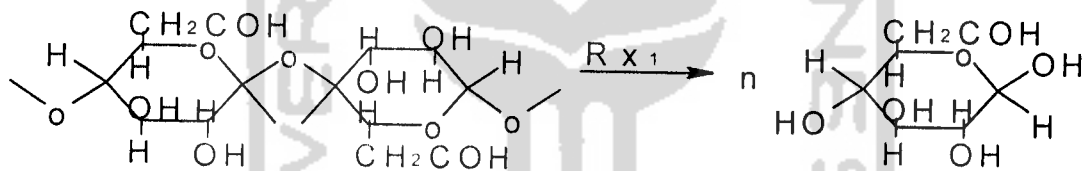
Selulosa merupakan struktur dasar sel-sel tanaman, oleh karena itu merupakan bahan alam yang paling penting yang dibuat oleh organisme hidup. Selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon bertingkat tinggi hingga organisme primitif seperti rumput laut, flagelata, dan bakteri. Selulosa bahkan dapat diperoleh dalam dunia binatang tunicin. zat kutikula tunicate sangat identik dengan selulosa nabati. Dalam kayu selulosa tidak hanya disertai dengan poliosa dan lignin tetapi juga terikat erat

dengan pemisahannya yang memerlukan perlakuan kimia yang intensif (Fengel 1995).

Selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit-unit β -D-glukopiranososa yang terikat satu sama lain dengan ikatan-ikatan glikosida (Sjostrom, 1981), oleh karena itu selulosa dapat dinyatakan sebagai polimer linier glukosa dengan struktur rantai yang seragam.



Gambar 2 Struktur Selulosa



Gambar 3 Reaksi Pirolisis Selulosa

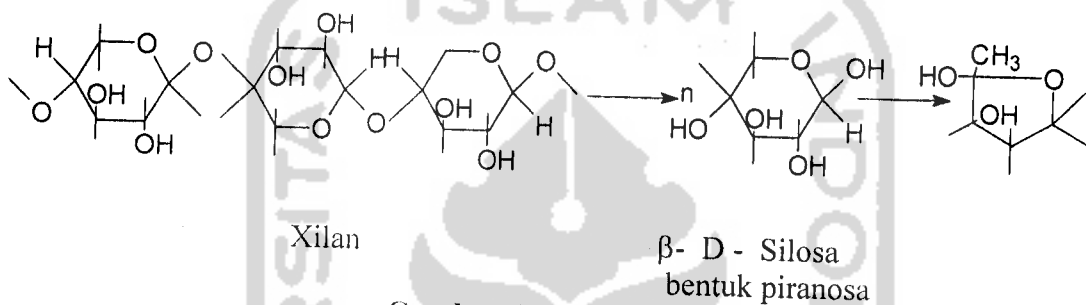
n - β - glukosa reaksi 2 asam asetat dan homolognya H_2O , furan, fenol

2.4.2 Hemiselulosa

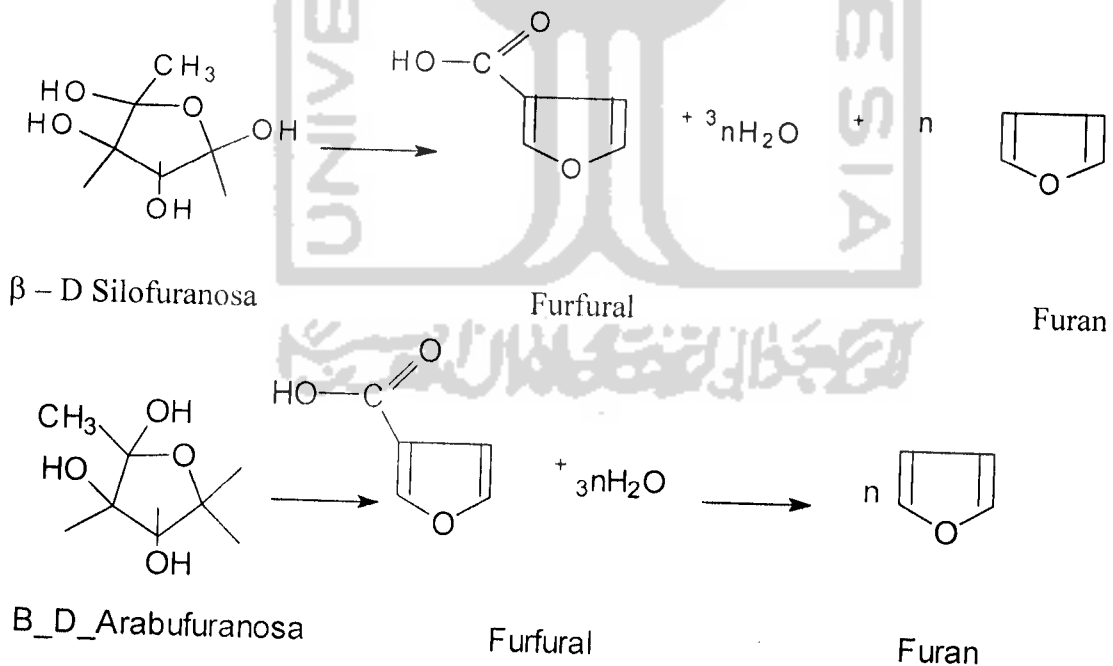
Hemiselulosa atau poliosa merupakan selulosa dengan molekul rendah tetapi berbeda dengan selulosa. karena hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang juga berfungsi sebagai bahan pendukung dalam dinding sel. Komponen utama dari hemiselulosa adalah O - asetil - 4 - O - metilglukorono - β - D - xilan, yang kadang-kadang disebut glukorono xilan. Hemiselulosa dapat diisolasi dari holoselulosa

dengan ekstraksi, tetapi sangat sedikit pelarut yang efektif untuk mengekstraksi xilan dari holoselulosa.

Dalam Fengel 1995 peruraian xilan kayu keras mulai dekat 200°C dengan tekanan 1 atm. Ikatan glikosida pecah seperti halnya sejumlah ikatan C – C cincin piranosa. Pada keadaan vakum terjadi peruraian cepat pada sekitar 220°C dengan pembentukan senyawa anhidrid.



Gambar 4 Pirolis Xilosa



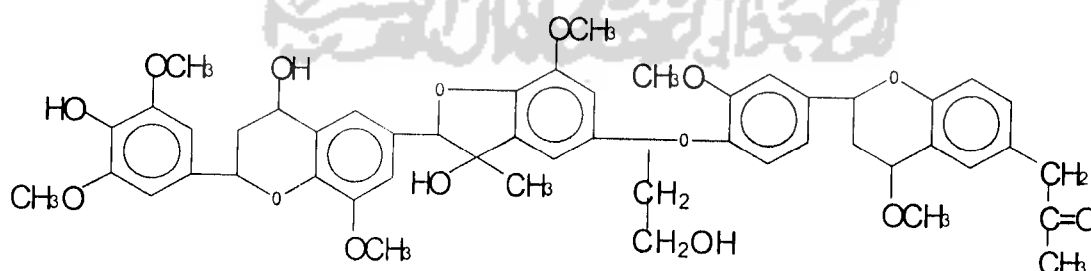
Gambar 5 Pirolisis Poliosa



2.4.3 Lignin

Lignin merupakan komponen kimia dan morfologi yang mempunyai karakteristik dari tumbuhan tingkat tinggi seperti pteridofita dan spermatofita dimana ia terdapat dalam jaringan vasikuler yang khusus untuk pengangkutan cairan dan menaikkan sifat-sifat kekuatan mekanik sedemikian rupa sehingga tumbuhan besar yang tingginya melebihi 100 m dapat tetap kokoh berdiri.

Jumlah lignin yang terdapat dalam tumbuhan yang berbeda sangat bervariasi, tetapi didalam spesies kayu kandungan lignin berkisar antara 20 hingga 40 %. Lignin merupakan salah satu polimer alami yang paling sukar yang berkaitan dengan struktur dan heterogenitasnya. Biogenesis yang unik menghasilkan polimer-polimer polifenol yang bercabang-cabang dengan unit-unit berutang yang tidak teratur, tidak seperti halnya selulosa dan protein. Oleh karena makromolekul lignin tidak dapat dilukiskan dengan penggabungan satu atau beberapa unit monomer atau dengan penggabungan satu atau beberapa jenis ikatan seperti halnya pada selulosa atau poliosa, struktur lignin masih merupakan model – model.



Gambar 6 Model Struktur Lignin

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Pirolisis

Pirolisis adalah proses peruraian suatu senyawa kimia karena adanya panas tanpa kehadiran oksigen. Pada reaksi pirolisis panas yang digunakan dapat berasal dari bahan itu sendiri dengan cara membakar sebagian sampel yang akan dipirolisis, sehingga panas yang timbul digunakan untuk proses selanjutnya. Panas dapat juga berasal dari luar sistem, panas dari luar sistem dapat diperoleh dengan cara pemanasan dengan menggunakan alat pemanas.

Konversi kayu menjadi arang merupakan salah satu proses yang paling tua yang dilakukan oleh umat manusia. Peruraian pirolitik kayu dengan adanya udara (oksigen) menghasilkan tiga kelompok yaitu senyawa komponen-komponen padat, senyawa-senyawa yang mudah menguap dan dapat dikondensasikan, dan gas-gas yang mudah menguap yang tidak dapat dikondensasikan.

Reaksi utama degradasi kayu dimulai pada suhu $270^{\circ} - 280^{\circ} \text{C}$ yaitu dengan dimulainya reaksi eksotermal. Hingga suhu sekitar 380°C dihasilkan sejumlah besar destilat terutama asam asetat dan metanol, dan kemudian sejumlah produk ter dan gas naik dan yang tertinggal dalam reaktor adalah arang. Perubahan-perubahan yang terjadi selama proses pirolisis :

1. Pada suhu sekitar $120^{\circ} \text{C} - 150^{\circ} \text{C}$ air dibebaskan dan zat-zat organik hasil pirolisis yang mudah menguap dan dapat terkondensasikan oleh pendingin air akan terusir dari dalam reaktor.

2. Pada suhu sekitar 275°C terjadi reaksi eksotermis akibat peruraian lignin dan selulosa menjadi asam asetat, gas CO_2 , CO , CH_4 , dan H_2 (Kobe dan Goin, 1939)

3. Pada suhu sekitar 450°C – 500°C sisa-sisa ter akan keluar dari dalam reaktor sehingga didalam reaktor akan tertinggal arang.

Percobaan dengan berbagai spesies kayu yang dipanaskan pada suhu 400 C menghasilkan 33 – 41 % arang, 3 – 7 % asam asetat, 1,5 – 2,5 % metanol, 11 – 19% ter, dan 15 – 17 % gas yang tidak dapat terkondensasikan (Fengel 1995).

Pemisahan komponen-komponen yang mudah menguap terjadi dengan destilasi yang menghasilkan produk kotor. Fraksi alkohol kayu terdiri atas air dengan 45 % metanol, 7 % aseton, 5 % metilasetat, 3 % asetaldehida dan sejumlah kecil alilalkohol, metil formiat, furan dan furfural. Fraksi cuka kayu mengandung asam-asam propionat, butir, dan asam-asam lain disamping asam asetat. Fraksi pirolitik kasar ter dan minyak merupakan campuran yang sangat kompleks yang terutama yang terdiri atas komponen-komponen minyak ringan dan berat. Kresol, fenol, katekon, dan fenol eter merupakan komponen utama dalam fraksi ter. Produk-produk fenol yang dibentuk selama degradasi termal kayu diperoleh hampir seluruhnya dari lignin kayu dan senyawa-senyawa aromatik lainnya.

Analisis gas-gas yang tidak terkondensasi menunjukkan bahwa gas-gas penyusun utamanya adalah hidrogen, metana, karbon monoksida dan karbon dioksida. Hidrokarbon dengan C_2 , C_3 dan C_4 dihasilkan dalam jumlah yang relatif sedikit dengan nilai kalori sekitar $8,9\text{ J/ m}^3$

3.2 Kinetika Reaksi

Kinetika reaksi adalah salah satu cabang ilmu kimia yang mempelajari laju reaksi kimia secara kuantitatif dan faktor – faktor yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui kinetika reaksi terlebih dahulu harus ditentukan stoikiometri reaksinya.

Faktor – faktor yang mempengaruhi laju reaksi antara lain :

- Sifat alamiah reaktan
- Konsentrasi reaktan

Untuk reaksi heterogen kecepatan reaksi sebanding dengan luas kontak antar fasa.

- Suhu

Laju reaksi bertambah dengan naiknya temperatur karena kenaikan temperatur menyebabkan jumlah molekul yang berenergi cukup besar semakin besar. Semakin banyak molekul yang bereaksi maka reaksi akan berlangsung semakin cepat. Hal ini disebabkan perubahan harga kecepatan reaksi terhadap perubahan suhu, diberikan dalam persamaan Arrhenius

$$k = A \cdot e^{-E_a / RT}$$

dengan A adalah faktor pra eksponensial dan E_a adalah energi aktivasi.

3.3 Kromatografi

Kromatografi adalah metode pemisahan sampel berdasarkan distribusinya dalam fasa diam dan fasa gerak. Dalam kromatografi pemisahan terjadi karena komponen analit terdistribusi diantara 2 fasa. Fasa diam dapat berupa padatan dan cairan sedangkan fasa gerak dapat berupa cairan dan gas. Parameter yang menentukan distribusi tersebut adalah koefisien distribusi

$$K_x = \frac{[C_x]_s}{[C_x]_m}$$

K_x koefisien distribusi

$[C_x]_s$ adalah konsentrasi komponen fasa diam

$[C_x]_m$ adalah konsentrasi komponen fasa gerak

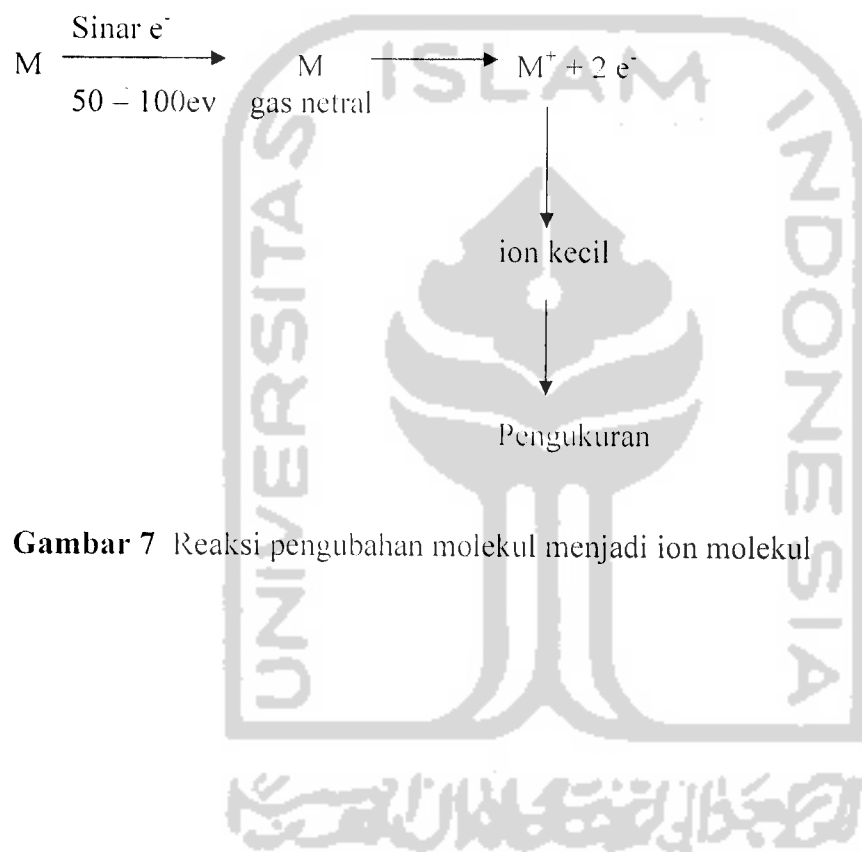
Dalam sistem kromatografi komponen – komponen akan ditahan pada fasa diam dengan waktu yang berbeda. Waktu yang dibutuhkan oleh komponen untuk melintasi kolom L berbeda. Misal 1,2,3,4 jika $k_1 > k_2 > k_3 > k_4$ maka k_1 lebih lama tertahan dalam fasa diam daripada komponen k lain yang mempunyai harga k lebih kecil. Waktu penahanan tersebut dinamakan waktu retensi (t_R). Waktu retensi adalah waktu yang dibutuhkan komponen untuk melewati fasa diam. Kromatografi terdiri atas berbagai macam jenis yang didasarkan pada faktor yang mempengaruhinya

Untuk Kromatografi gas – MS didasarkan pada proses ionisasi sampel dan ion yang terbentuk terurai menjadi fragmen. Ion molekul dan ion fragmen dinyatakan sebagai massa permuatan. Intensitas masing – masing ion terikat dengan stabilitas ion tersebut.

Spektra massa diperoleh dengan menggunakan tenaga dari berkas elektron 70 eV. Berkas elektron menumbuk molekul hingga melepaskan sebuah electron untuk membentuk ion molekuler kemudian akan terjadi pemecahan.

Puncak yang paling besar limpahannya dalam spektrum disebut puncak dasar dan diberi tanda dengan harga 100%. Sedangkan puncak – puncak lain termasuk ion molekuler, limpahannya dinyatakan sebagai % dari puncak dasar.

Spektrometer massa merupakan alat untuk menentukan massa atau berat molekul, dan analisis dilakukan dalam keadaan vakum dengan tekanan 10^{-7} torr.



Gambar 7 Reaksi pengubahan molekul menjadi ion molekul

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

4.1.1 Alat – alat yang digunakan dalam penelitian

1. Seperangkat alat destilasi kering yang terdiri dari reaktor, filamen pemanas, regulator, furnace, dan peralatan gelas merk pyrex

Keterangan

a. Reaktor

Reaktor untuk proses karbonisasi terbuat dari logam stainless

b. Filamen pemanas

Filamen pemanas terbuat dari kawat nikelin dengan diameter 0,3 mm dengan jumlah 2 filamen dengan panjang masing – masing 15 meter

c. Slide Regulator *Matsunaga*, arus 20 A, output daya 120 V

Alat ini digunakan untuk meningkatkan daya listrik dengan kekuatan 4400 watt

d. Digital Portable Thermometer *Hanyoung D55*

Alat ini digunakan untuk mengukur kenaikan temperatur pada penggunaan daya yang berbeda

e. Tungku reaktor (Furnace)

Tungku pemanas ini terbuat dari bahan dasar gibs

f. Peralatan gelas merk pyrex

Terdiri dari : kolom pendingin, adaptor fraksinasi, erlenmeyer

2. Alat timbangan merk Sartorius
3. Satu set reaktor Pirolisis buatan sendir
4. Kromatografi gas MS merk Shimadzu QP – 5000

4.1.2 Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian

Serbuk gergaji kayu jati dari wonosari

Petroleum eter merk

n - heksan teknis merk

Es batu

Air

4.2 Cara Penelitian

4.2.1 Optimasi Reaktor Pirolisis

Reaktor kosong dipanaskan dengan menghubungkan reaktor pirolisis dengan sistem pemanas. Dalam hal ini reaktor dipanaskan dengan menggunakan variasi daya listrik. Daya listrik yang digunakan adalah 1800, 2000, dan 2200 watt. Pemanasan dilakukan mulai suhu 27⁰ C sampai suhu terakhir yang dapat dicapai. Perubahan suhu yang ditunjukkan oleh termometer dicatat tiap lima menit.

4.2.1 Pirolisis Limbah Kayu Jati

Serbuk kayu jati asal Wonosari dikeringkan didalam oven dengan suhu 100⁰ C selama 24 jam. Setelah kering 30 gram serbuk kayu jati dimasukkan kedalam reaktor pirolisis. Pirolisis dilakukan dalam reaktor pirolisis yang dihubungkan dengan sistem pemanas dan sistem pendingin. Sistem reaktor menggunakan sistem

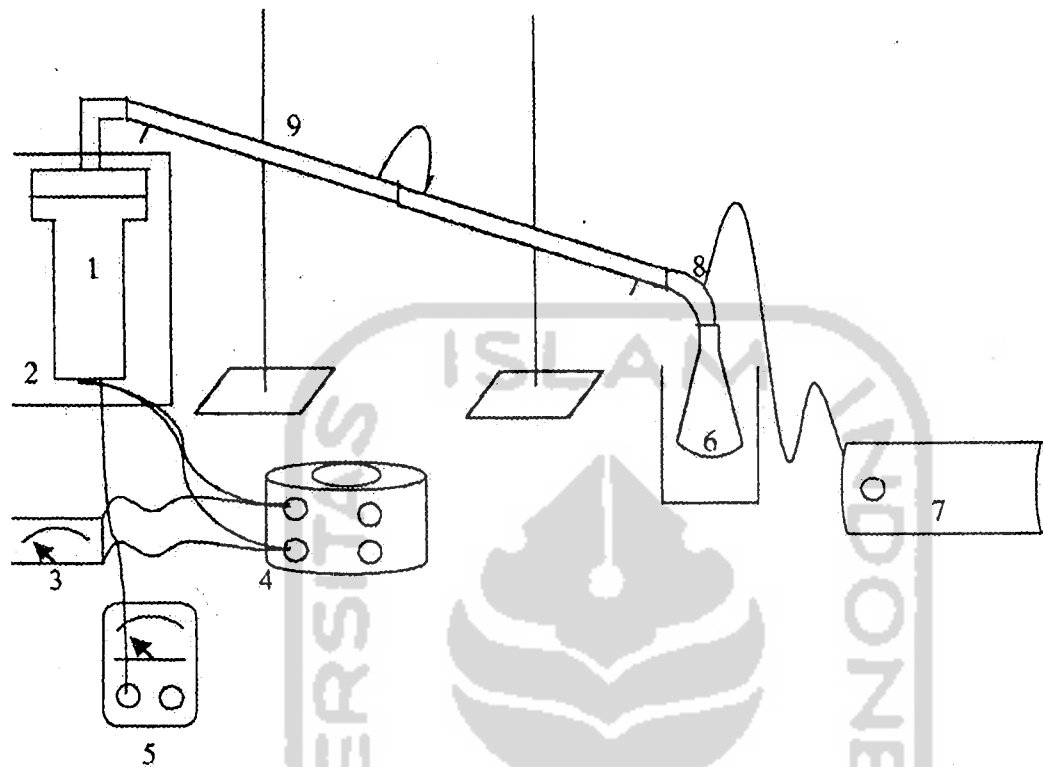
aliran langsung dimana produk yang dihasilkan langsung dialirkan keluar. Pemanasan dilakukan mulai suhu 27° C sampai suhu terakhir yang dapat dicapai. Untuk asap cair yang dihasilkan dibedakan menjadi dua fraksi berdasarkan warna.

4.2.2 Analisis asap cair menggunakan GC – MS

Asap cair hasil pirolisis dianalisis menggunakan kromatografi gas - spektrometri massa. Asap cair hasil pirolisis diekstrak menggunakan petroleum eter untuk memisahkan fasa organik dari fasa air. Kemudian fasa organik dianalisis dengan GC – MS. Dari hasil GC – MS akan diketahui kandungan senyawa yang ada dalam asap cair.



4.3 Skema Alat Pirolisis



Keterangan alat :

1. Reaktor pirolisis terbuat dari *stainless steel*
2. Furnace
3. Multimeter 500 mV
4. Slide Regulator *Matsunaga* input daya 2400 watt
5. Digital Portable Thermometer, *Hanyoung D55*
6. Erlenmeyer
7. Pompa vakum
8. Adaptor fraksinasi
9. Pendingin Liebig

BAB V

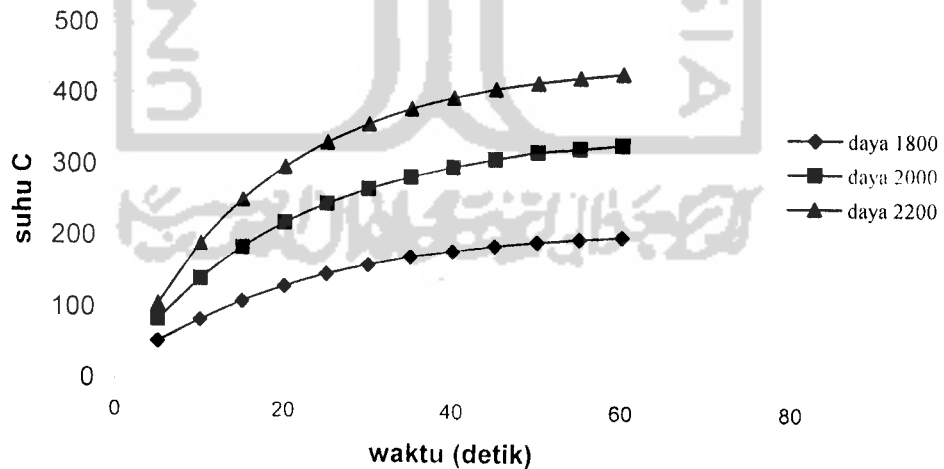
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Optimasi reaktor pirolisis

Alat pirolisis dapat bekerja pada kondisi yang diinginkan. Pirolisis dilakukan dalam reaktor pirolisis yang dihubungkan dengan sistem pemanas dan sistem pendingin. Sistem reaktor menggunakan sistem aliran langsung dimana produk yang dihasilkan langsung dialirkan keluar.

5.1.1 Optimasi reaktor pirolisis kosong

Optimasi reaktor pirolisis kosong dilakukan dengan cara memanaskan reaktor pirolisis kosong dengan variasi daya 1800, 2000, dan 2200 watt, sampai suhu terakhir yang dapat dicapai.

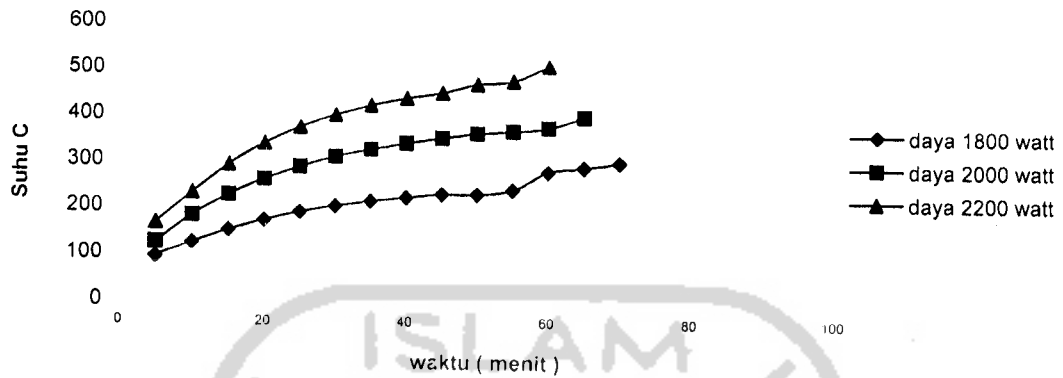


Gambar 9 Optimasi reaktor pirolisis kosong

Optimasi reaktor pirolisis kosong digunakan untuk mengetahui suhu maksimum reaktor pada tiap kekuatan daya listrik dengan menggunakan *Digital Portable Thermometer* yang dihubungkan dengan reaktor dan multimeter. Skala pada multimeter digunakan untuk mengetahui daya yang digunakan dalam proses pirolisis. Suhu yang terjadi didalam reaktor dapat diketahui dari skala yang ditunjukkan oleh *Digital Portable Thermometer*. Dalam optimasi reaktor kosong diadakan uji pemanasan pada reaktor agar tercapai suhu maksimum dalam satuan waktu, pada daya 1800 watt diperoleh laju pemanasan sebesar $2,35^{\circ}\text{C}/\text{menit}$, untuk daya 2000 watt diperoleh laju pemanasan sebesar $4,793^{\circ}\text{C}/\text{menit}$, dan pada penggunaan daya 2200 watt diperoleh laju pemanasan sebesar $6,542^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. Dari gambar 9 dapat diketahui bahwa suhu reaktor tiap lima menit semakin naik. Kenaikan temperatur pemanasan tiap lima menit juga dipengaruhi oleh pemakaian daya. Semakin besar daya yang digunakan kenaikan temperatur juga semakin besar. Laju pemanasan dipengaruhi pula oleh daya yang digunakan semakin tinggi daya yang digunakan maka semakin tinggi pula suhu yang dihasilkan pada tiap laju.

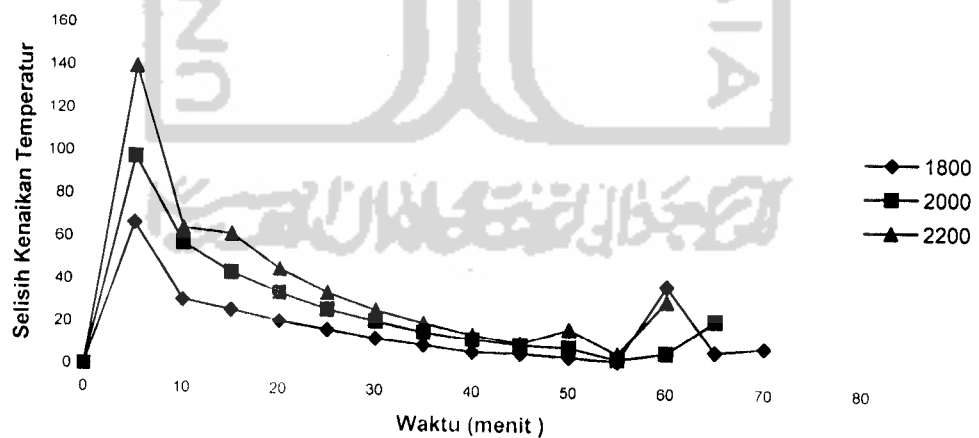
5.1.2 Pirolisis serbuk kayu jati

Pirolisis limbah serbuk kayu jati dilakukan dengan cara memanaskan sampel menggunakan daya 1800, 2000, dan 2200 watt sampai suhu terakhir yang dapat dicapai.



Gambar 10 Profil kenaikan temperatur pirolisis serbuk kayu jati

Kenaikan temperatur pirolisis serbuk kayu jati digunakan untuk analisis secara kuantitatif perubahan bagian – bagian limbah kayu jati menjadi produk pirolisis yaitu air, asap cair, gas – gas tak terkondensasi dan residu. Dari gambar 10 ditunjukkan kenaikan temperatur pirolisis tiap lima menit.



Gambar 11 Selisih kenaikan temperatur tiap lima menit

Dari gambar 11 dapat dilihat bahwa suhu mengalami kenaikan sangat tajam pada awal proses pirolisis dan suhu terus naik dengan selisih relatif kecil dari suhu pada saat lima menit pertama. Pada penggunaan daya 1800 watt selisih suhu naik sangat tajam pada menit ke tujuh puluh. Pada penggunaan daya 2000 watt kenaikan suhu yang sangat besar terjadi pada saat waktu mencapai 65 menit. Sedangkan pada penggunaan daya 2200 watt kenaikan suhu sangat besar terjadi pada saat waktu mencapai 60 menit.

Kenaikan suhu yang cukup tajam dikarenakan fraksi yang dikeluarkan pada proses pirolisis berbeda. Perbedaan fraksi didasarkan pada zat yang terkandung dalam asap cair hasil pirolisis.

Dengan data kenaikan temperatur pirolisis serbuk kayu jati dilakukan uji laju pemanasan. Dalam uji ini diperoleh laju pemanasan sebesar $2,63^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ untuk penggunaan daya 1800 watt, untuk daya 2000 watt diperoleh laju pemanasan sebesar $4,59^{\circ}\text{C}/\text{menit}$, dan untuk daya 2200 watt diperoleh laju pemanasan sebesar $5,9^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.

Pencapaian suhu maksimum dari proses pirolisis serbuk kayu jati dengan pemakaian daya listrik berbeda ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Pencapaian suhu maksimum proses pirolisis serbuk kayu jati

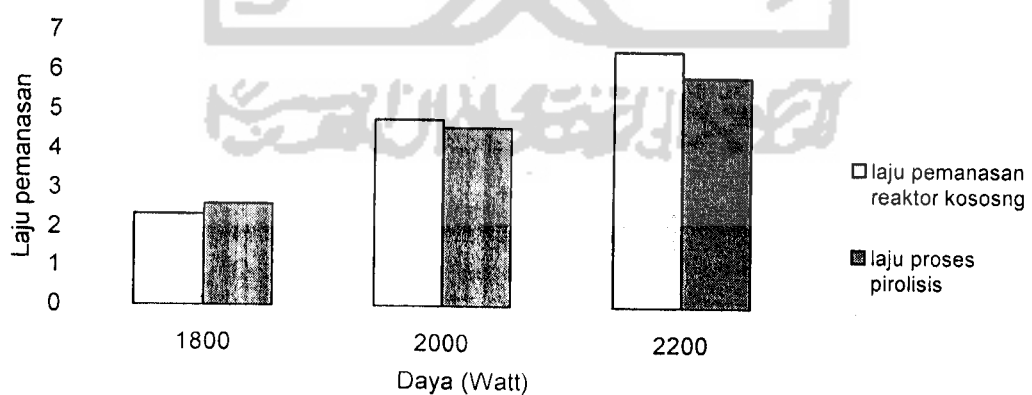
Pemakaian daya (watt)	Suhu maksimum ($^{\circ}\text{C}$)
1800	$\pm 301,2$
2000	$\pm 400,1$
2200	$\pm 510,5$

Berdasarkan hasil optimasi reaktor pirolisis kosong dan proses pirolisis serbuk kayu jati maka alat pirolisis termodifikasi dapat digunakan, karena dalam optimasi reaktor pirolisis laju pemanasan sangat meningkat dengan variabel daya 1800, 2000, dan 2200 watt. Data laju pemanasan dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Laju pemanasan optimasi reaktor kosong dan proses pirolisis serbuk kayu jati

Pemakaian daya (watt)	Laju pemanasan reaktor kosong ($^{\circ}\text{C}/\text{menit}$)	Laju pemanasan proses pirolisis serbuk kayu jati ($^{\circ}\text{C}/\text{menit}$)
1800	2.35	2.63
2000	4.793	4.59
2200	6.542	5.90

Berdasarkan laju pemanasan optimasi reaktor kosong dan proses pirolisis serbuk kayu jati maka alat pirolisis digunakan karena tidak terjadi perbandingan yang signifikan pada hasil laju pemanasan sehingga alat pirolisis dapat dipakai dengan penggunaan variabel daya yang berbeda. Gambar laju pemanasan optimasi reaktor pirolisis kosong dan proses pirolisis serbuk kayu jati dapat dilihat dalam gambar 12.



Gambar 12 . Laju pemanasan optimasi reaktor pirolisis kosong dan optimasi reaktor pirolisis isi

5.2 Pengaruh Daya Terhadap Distribusi Hasil Pirolisis

Pada hasil pirolisis didapat hubungan antara pengaruh kekuatan daya listrik terhadap komposisi asap cair, residu, dan gas hasil pirolisis limbah kayu. Terdapat keteraturan hubungan secara kuantitatif hasil pirolisis dengan kenaikan daya listrik pada proses pirolisis.

Hasil dari pirolisis ini dibedakan menjadi dua fraksi berdasarkan warna. Warna kuning bening dinamakan fraksi I sedangkan yang berwarna coklat tua dinamakan fraksi II. Selain fraksi I dan fraksi II juga dihasilkan residu yang berupa arang serta gas – gas yang tak terkondensasi.

5.2.1 Pengaruh Daya Listrik Terhadap Kuantitas Asap Cair

Pirolisis menggunakan daya 1800 watt produk asap cair mulai terbentuk, proses pirolisis memasuki tahapan pirolisis tahap I, yang menunjukkan adanya penguapan – penguapan senyawa – senyawa organik volatil dan dekomposisi termal awal. Asap cair dengan menggunakan daya 1800 watt berwarna kuning bening untuk fraksi I, dan berwarna kuning kecoklatan untuk fraksi II dengan bau khas kayu. Secara kuantitatif asap cair yang dihasilkan belum optimal, artinya masih dapat dihasilkan asap cair untuk proses pirolisis dengan menggunakan daya listrik yang lebih tinggi.

Pirolisis menggunakan daya 2000 watt destilat yang dihasilkan untuk fraksi I berwarna kuning kecoklatan dan untuk fraksi II berwarna coklat. Untuk fraksi II destilat yang dihasilkan merupakan campuran antara asap cair dan tar sehingga asap cair berwarna coklat. Secara kuantitatif produk asap cair mencapai kondisi optimal karena hasil pirolisis terjadi dekomposisi kayu yang lebih kompleks dan bersifat

eksotermis ditandai dengan keluarnya tar yang mempengaruhi berat pada asap cair fraksi II.

Hasil pirolisis dengan menggunakan daya 2200 watt destilat yang dihasilkan untuk fraksi I berwarna kuning kecoklatan dan untuk fraksi II berwarna coklat kehitaman. Untuk pemakaian daya ini tidak efektif jika dilihat dari hasil pirolisis, secara kuantitatif dimana asap cair yang dikeluarkan telah banyak bercampur dengan tar, sehingga asap cair pada daya 2200 watt berwarna coklat kehitaman. Hal lain yang mempengaruhi pada hasil pirolisis adalah suhu, semakin besar suhu yang tercapai maka penggunaan daya listrik semakin tinggi. Suhu yang semakin tinggi mengakibatkan kayu terdegradasi secara sempurna yang molekulnya lebih kecil.

5.2.2 Pengaruh Daya Listrik Terhadap Arang

Pirolisis menggunakan daya 1800 watt, residu masih berupa kayu hanya sebagian kecil yang telah menjadi arang, sebagian masih menampilkan sifat fisik seperti umpan awal, berwarna coklat namun lebih kering, dan secara kuantitatif residu yang dihasilkan masih cukup banyak, karena proses pirolisis serbuk kayu jati belum maksimal.

Pada proses pirolisis menggunakan daya 2000 watt, residu yang dihasilkan lebih ringan dari pada penggunaan daya 1800 watt, hal ini disebabkan proses degradasi kayu dengan daya 2000 watt lebih sempurna, dimana senyawa – senyawa organik volatil lebih banyak teruapkan.

Pada penggunaan daya 2200 watt terjadi degradasi kayu yang semakin sempurna dan residu sudah berubah menjadi arang secara keseluruhan. Secara fisik semakin

besar daya listrik yang digunakan dalam proses pirolisis maka suhu reaktor semakin tinggi proses karbonasi terjadi secara sempurna, residu yang dihasilkan lebih ringan dan kering.

Kenaikan daya listrik pada proses pirolisis menyebabkan penurunan berat residu yang dihasilkan. karena degradasi kayu semakin sempurna yang menyebabkan kandungan air dan senyawa organik dalam kayu teruapkan, hal ini merupakan proses pemurnian arang dan menyebabkan komponen komponen yang terurai relatif lebih banyak. Dengan demikian produk arang yang dihasilkan semakin murni dan semakin baik digunakan sebagai bahan dasar arang aktif.

5.2.3 Pengaruh Daya Listrik Terhadap Gas Tak Terkondensasi

Gas tak terkondensasi merupakan produk lain dari pirolisis kayu yang keluar bersama produk asapan, namun pendingin tidak mampu untuk mengkondensasikan gas tersebut. Pada daya 1800 watt secara kuantitatif produk gas yang dihasilkan tidak banyak. Hal ini dikarenakan serbuk kayu jati belum terdegradasi secara sempurna.

Pirolisis menggunakan daya 2000 watt gas tak terkondensasi lebih banyak dihasilkan karena senyawa – senyawa organik volatil lebih banyak teruapkan hal ini dikarenakan serbuk kayu jati mulai terdegradasi secara sempurna dengan pemanasan yang lebih tinggi.

Pada penggunaan daya yang semakin besar dihasilkan suhu yang semakin tinggi maka dihasilkan gas dengan titik didih tinggi yang tidak dapat terkondensasi pada pendingin. Kenaikan suhu pada daya yang semakin besar menyebabkan dekomposisi

termal yang lebih sempurna dan meningkatkan produksi gas. Tabel hasil pirolisis dengan pemakaian daya berbeda ditampilkan dalam tabel 3.

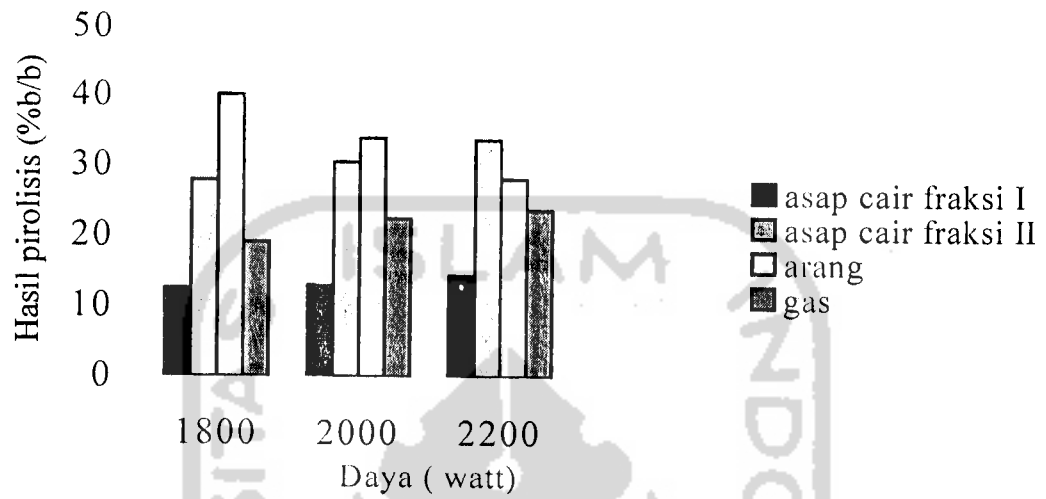
Hasil pirolisis	1800 watt (gram)		2000 watt (gram)		2200 watt (gram)	
	berat(gram)	% b/b	berat(gram)	% b/b	berat(gram)	% b/b
* Asap cair						
Fraksi I	3.79	12.63	3.92	13.06	4.32	14.4
Fraksi II	8.39	27.97	9.15	30.5	10.12	33.73
Arang	12.08	40.26	10.2	34	8.4	28.13
Gas tak terkondensasi	5.74	19.13	6.73	22.43	7.14	23.73

*Keterangan : berat umpan kayu jati 30 gram

Berdasarkan tabel 3 ditunjukkan bahwa produksi asap cair dan gas tak terkondensasi meningkat dan produk arang semakin menurun, hal ini dipengaruhi pada pemakaian daya. Semakin besar daya yang digunakan maka suhu yang dihasilkan semakin tinggi, yang menyebabkan kayu terdegradasi secara sempurna.

Pada komponen – komponen hasil pirolisis, arang yang dihasilkan semakin menurun karena terjadinya dekomposisi termal kayu menjadi karbon yang menyebabkan komponen – komponen terurai lebih banyak sehingga produk arang yang dihasilkan semakin murni dan semakin baik digunakan sebagai bahan dasar arang aktif. Sedangkan hasil gas tak terkondensasi semakin meningkat karena titik didih pada hasil pirolisis tidak dapat terkondensasi oleh pendingin, dan hal lain adalah senyawa – senyawa organik volatil lebih banyak teruapkan karena pengaruh gas tak

terkondensasi yang semakin meningkat. Hasil produk pirolisis pada pemakaian daya berbeda dapat dilihat dalam gambar 13



Gambar 13 Hasil pirolisis pada pemakaian daya berbeda

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

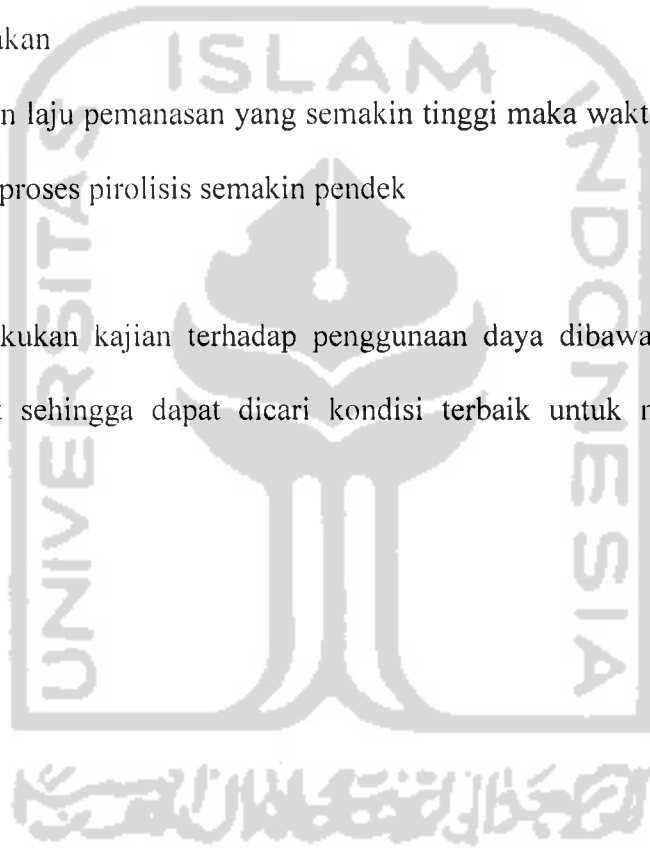
6.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pirolisis dipengaruhi oleh laju pemanasan serta daya listrik yang digunakan
2. Dengan laju pemanasan yang semakin tinggi maka waktu yang digunakan untuk proses pirolisis semakin pendek

6.2 Saran

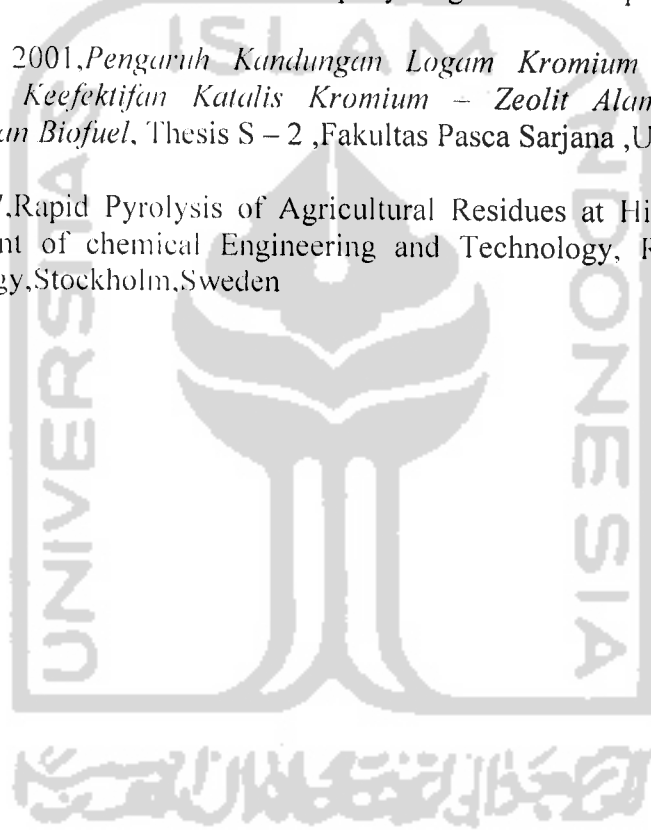
Perlu dilakukan kajian terhadap penggunaan daya dibawah 1800 watt dan diatas 2200 watt sehingga dapat dicari kondisi terbaik untuk melakukan proses pirolisis



DAFTAR PUSTAKA

- Adjaye,J.D Katikaneni,S.P.R, and Bakhshi,NN,1996,*Catalytic Version of Biofuel to Hydrocarbons Fuel Processing Technology*,Elsevier Science B. V, Canada 115 – 143
- Adiwar,Fuad M. Maizar Rahman dan Sri Suhenri,1998,*Bahan Bakar Minyak Sintetis dari Sampah Plastik Melalui Proses Pirolisis*,lembar publikasi lemigagas Vol 31 No 3,20 – 26
- Ariwibowo,S,1999,*Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Proses Destilasi Kering Menggunakan Tanur Muchalal*. Skripsi ,FMIPA,UGM,Jogjakarta
- Atkin,PW,1994.*Kimia Fisika*,Diterjemahkan oleh Irma I Kartohadiprodo Edisi 1,Penerbit Erlangga Jakarta
- Atkin,PW,1994.*Kimia Fisika*,Diterjemahkan oleh Irma I Kartohadiprodo Edisi 2,Penerbit Erlangga Jakarta
- Eero Sjostrom. 1995, *Kimia Kayu Dasar – Dasar dan Penggunaannya*,Edisi 2 Diterjemahan oleh Harjono Sastrohamidjojo,Penerbit Gajah Mada University Press, Jogjakarta
- Fatimah,F,1998.*Analisis Komponen Penyusun Asap Cair Tempurung Kelapa*, Thesis S – 2 ,Fakultas Pasca Sarjana ,UGM,Yogyakarta
- Fengel,D and Wegener,G,1995, *Kayu Kimia Ultrastruktur Reaksi – Reaksi* Diterjemahan oleh Harjono Sastrohamidjojo,Penerbit Gajah Mada University Press, Jogjakarta
- Hardjono,1987.*Teknologi Minyak Bumi*.Edisi kedua,Fakultas Teknik UGM, Jogjakarta
- Peasok,R.L.Shields,L.D.Cairns,T,and Mc William,I.G,1968,*Modern Methods of Chemical Analysis*,Second Edition,John Willey and sons,Toronto
- Smith,J.M,1981,*Chemical Engineering Kinetics*,International student edition , MCGraw – Hill Book Company,Fong & Sons Printers Pte Singapore
- Sucipto.D,1999.*Pirolisis Biofuel dari Limbah Glugu Kayu Bangkirai dan Kayu Kruing*, Skripsi ,FMIPA.UGM,Jogjakarta

- Toyibi, M.Y. 1999, *Isolasi Asap Cair dari Tempurung Kelapa secara Destilasi Kering*, Skripsi .FMIPA.UGM, Jogjakarta
- Trisunaryanti W, 2000. *Modifikasi Zeolit Alam Aktif dan Karakterisasi Untuk Katalis Pada Proses Perengkahan Katalitik Pengolahan Fraksi Sampah Plastik Menjadi Fraksi Bensin*, Laporan Penelitian Project Grant tahun 1999/2000 Proyek Que – Program studi Kimia F – MIPA UGM
- Walas, S.M, 1959, *Reaction Kinetics For Chemical Engineers*, International student edition , McGraw – Hill Book Company, Kogakusha Company LTD, Tokyo
- Windarti T. 2001, *Pengaruh Kandungan Logam Kromium dan Temperatur Terhadap Keefektifan Katalis Kromium – Zeolit Alam Dalam Proses Perengkahan Biofuel*, Thesis S – 2 , Fakultas Pasca Sarjana , UGM, Yogyakarta
- Zanzi R, 1997, *Rapid Pyrolysis of Agricultural Residues at High Temperatures*, Department of chemical Engineering and Technology, Royal institute of Technology, Stockholm, Sweden



Lampiran 1 Data optimasi awal reaktor pirolisis

Wkt Da ya	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1800	57.7 °C	84.8 °C	111.2 °C	132.8 °C	150.3 °C	164 °C	175.2 °C	183 °C	190.6 °C	196.6 °C	200.9 °C	204.8° C
2000	84.7 °C	142.3 °C	186.3 °C	221.1 °C	248.1 °C	270 °C	286.8 °C	300.6 °C	312.1 °C	322.6 °C	327.9 °C	333.9 °C
2200	106.8 °C	191.2 °C	253.3 °C	299.2 °C	334.2 °C	361.1 °C	382.5 °C	398.5 °C	410.7 °C	419.8 °C	427.6 °C	433.9 °C



Lampiran 2 Data kenaikan temperatur tiap daya perlima menit

Wkt Da ya	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1800	93.7 °C	124.8 °C	151.2 °C	172.8 °C	190.3 °C	204 °C	215 °C	223 °C	230.6 °C	236.6 °C	240.9 °C	280.9 °C	290.1 °C	301.2 °C
2000	124.7 °C	182.3 °C	226.3 °C	261.1 °C	288.1 °C	310 °C	326.8 °C	340.6 °C	352.1 °C	362.6 °C	367.9 °C	376.3 °C	400.1 °C	
2200	166.8 °C	231.3 °C	293.3 °C	339.2 °C	374.2 °C	401.1 °C	422.5 °C	438.5 °C	450.7 °C	469.8 °C	477.6 °C	510.5 °C		



Lampiran 3 Data selisih kenaikan temperatur tiap lima menit

Wkt Da ya	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1800	66.7 °C	31.1 °C	26.4 °C	21.6 °C	17.5 °C	13.7 °C	11 °C	8 °C	7.6 °C	6 °C	4.3 °C	40 °C	9.2 °C	11.1 °C
2000	97.7 °C	57.6 °C	44 °C	34.8 °C	27 °C	21.9 °C	16.8 °C	13.8 °C	11.5 °C	10.5 °C	5.3 °C	8.4 °C	23.8 °C	
2200	139.8 °C	64.5 °C	62 °C	45.9 °C	35 °C	26.9 °C	21.4 °C	16 °C	12.2 °C	19.1 °C	7.8 °C	32.9 °C		



Lampiran 4 Data temperatur maksimal tiap daya

Daya	Temperatur akhir
1800	± 301.2
2000	± 400.1
2200	± 510.5



Lampiran 5 Data laju pemanasan optimasi reaktor kosong dan proses pirolisis serbuk kayu jati

Pemakaian daya (watt)	Laju pemanasan reaktor kosong (°C/menit)	Laju pemanasan proses pirolisis serbuk kayu jati (°C/menit)
1800	2.35	2.63
2000	4.793	4.59
2200	6.542	5.90



Lampiran 6 Data hasil pirolisis untuk tiap laju

Laju pemanasan	2.63	4.59	5.90
Destilat			
Volume	4 ml	3.3ml	4.1ml
Waktu menetes	10',36"	8',30"	7',35"
Suhu	203° C	190° C	184° C
Berat	3.79 gr	3.07 gr	3.82 gr
Bj	0.9475	0.93	0.93
Ter			
Volume	8.55 ml	5 ml	3 ml
Waktu menetes	28',37"	21',37"	19',35"
Suhu	300° C	312° C	271° C
Berat	8.3 gr	4.85 gr	2.91 gr
Bj	0.97	0.97	0.97
Waktu tidak menetes	4863 detik	4680 detik	3600 detik
Arang	12.08 gr	10,20 gr	9,05 gr
Gas	5.739 gr	11.88 gr	14.22 gr
Suhu akhir	300° C	400° C	500° C
Warna fraksi 1	Kuning jernih	Kuning kecoklatan	Kuning kecoklatan
Warna fraksi 2	Coklat	Coklat	Coklat

Lampiran 7 Data operasi GC – MS

Analisa asap cair dengan GC – MS menggunakan kondisi sebagai berikut:

Jenis pengion : EI

Jenis kolom : DBI

Panjang kolom : 30 meter

Suhu kolom : 40° C – 290° C dengan kenaikan 5 – 10° C / menit

Gas pembawa : helium 10 kpa

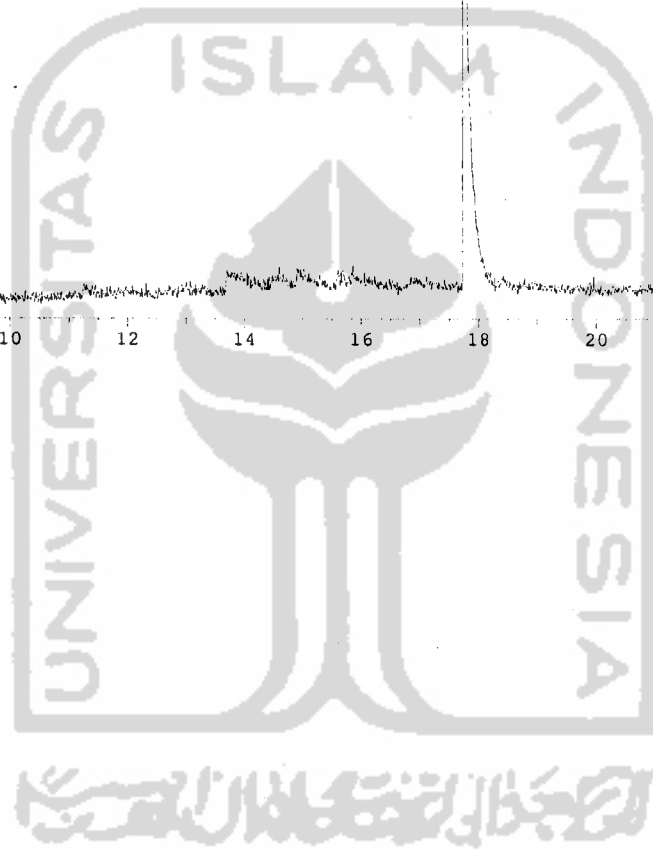
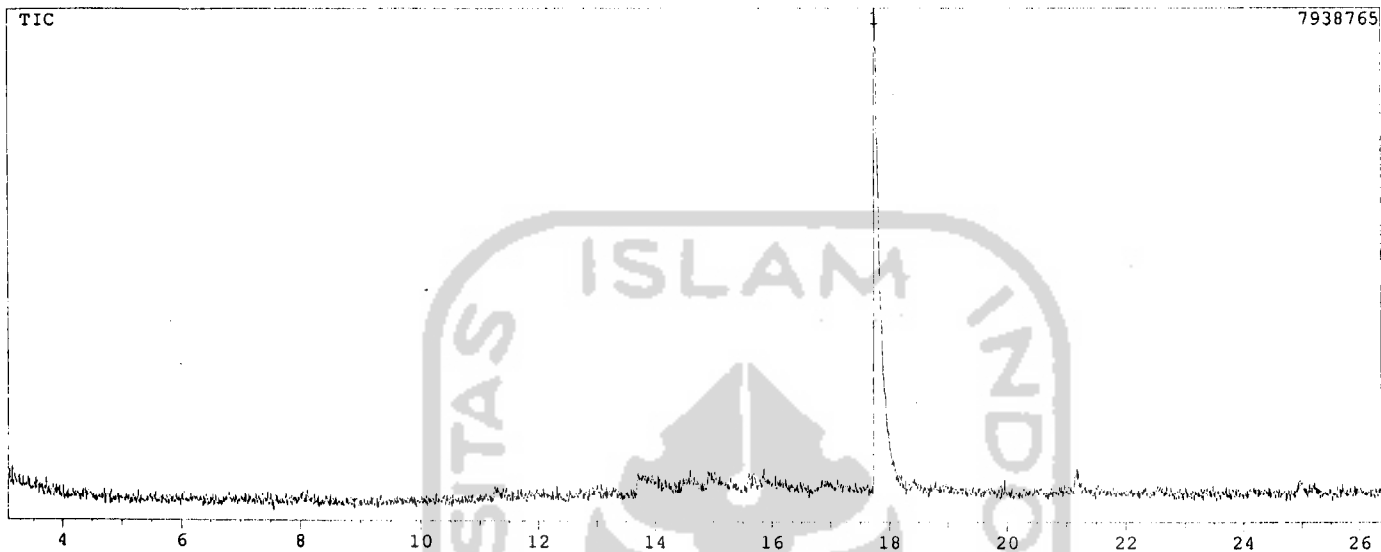
Injektor : Split 1/ 80 dengan suhu 300° C

Suhu detektor : 300° C



Lampiran 8 Kromatogram daya 1800 watt laju °C/menit

*** CLASS-5000 *** Report No. = 1 Data : 03/01/15 10:50:30
Sample : KAYU SUHU 203-300 1800 watt,
Operator : POY
Method File Name :



Lampiran 9 Data waktu retensi untuk daya 1800 watt

Data : 03/01/15 10:50:30
Sample : KAYU SUHU 203-300 1800 watt, :
Operator : POY
Method File Name :

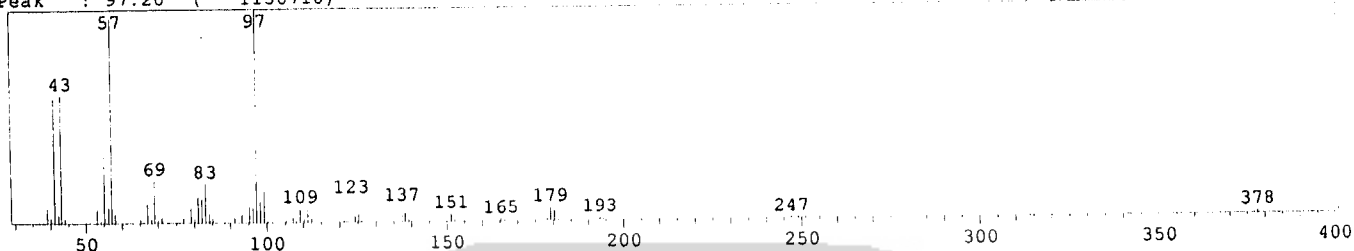
**** Peak Report ****

PKNO	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H(sec)	MK	%Total	Name
1	17.766	17.725	17.933	35978288	6873211	5.235		100.00	
Total				35978288				100.00	

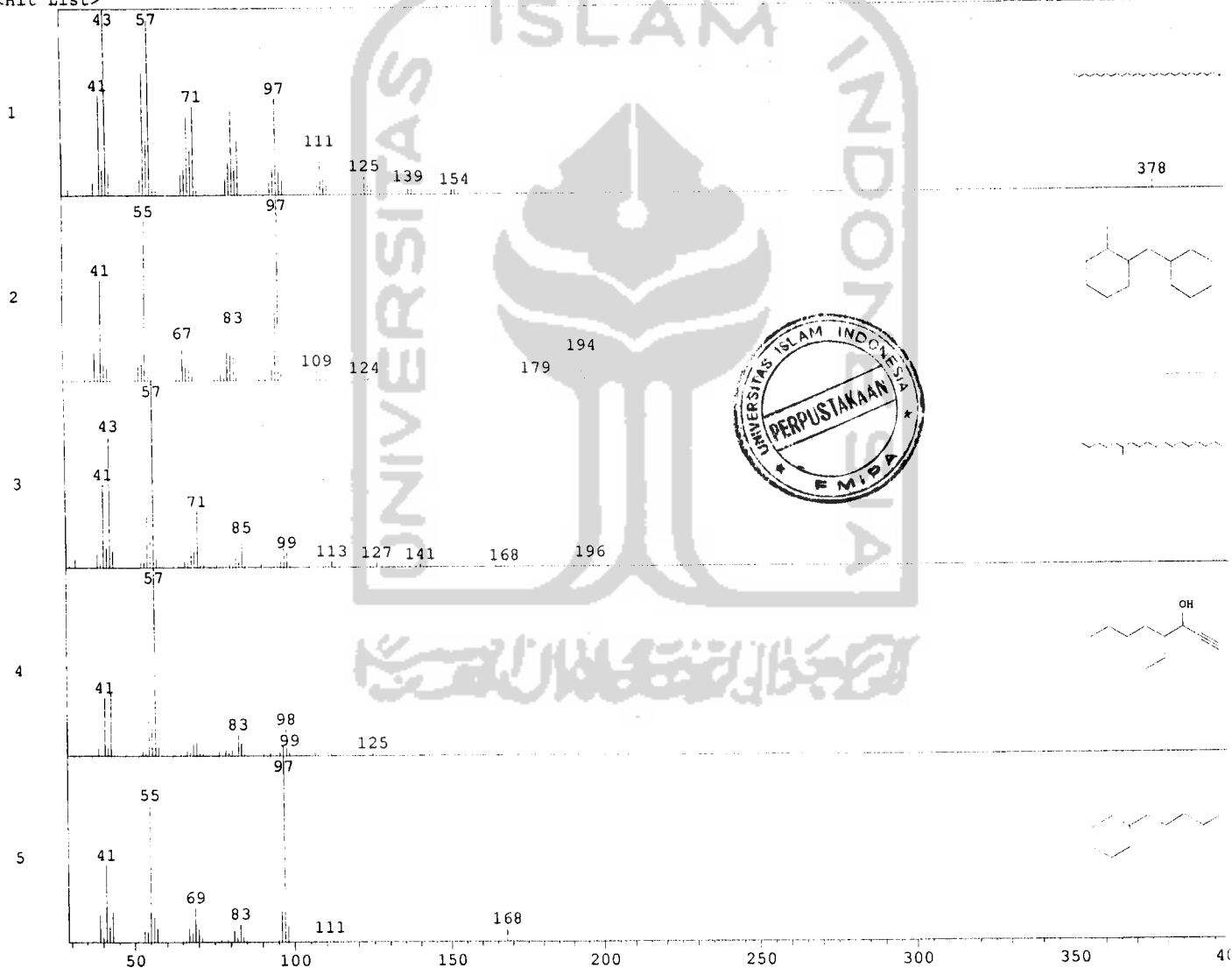


<Unknown Spectrum> **Lampiran 10** Fragmentasi waktu retensi 17.676 menit

Data :
 Mass Peak # : 78 Ret. Time : 17.767
 Scan # : 1893 B.G. Scan # : 1624
 Base Peak : 97.20 (1150718)



<Hit List>

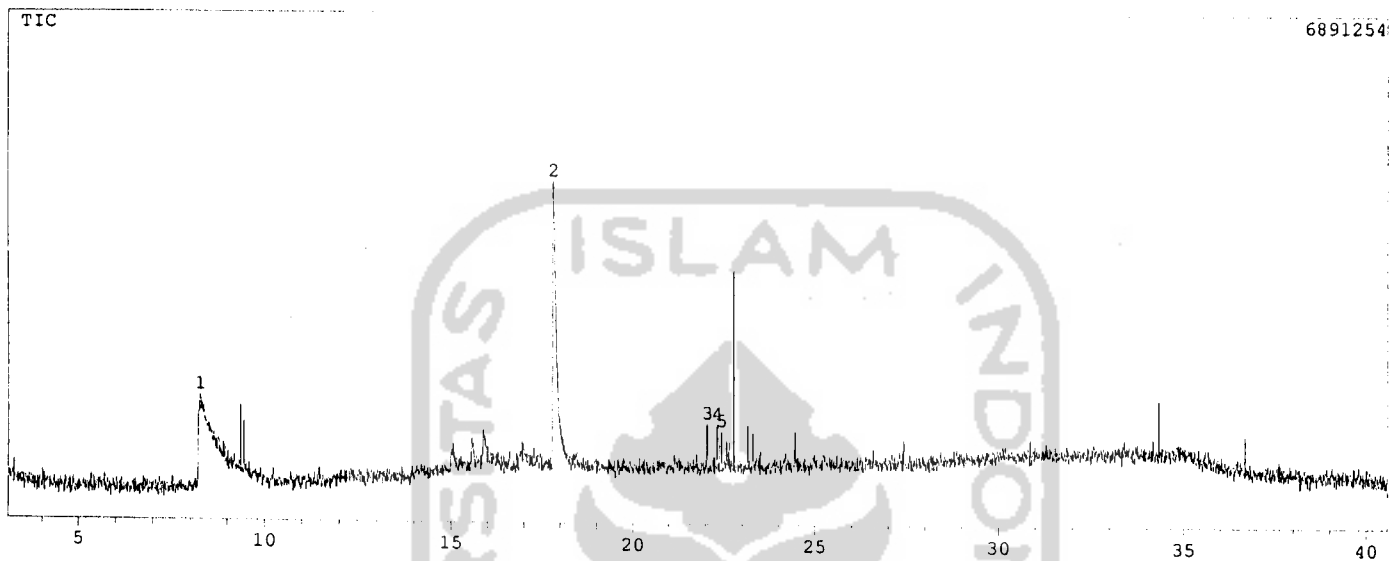


No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	79	396	C ₂₇ H ₅₆ O 1-Heptacosanol \$\$ Heptacosanol	2004-39-9	53587	1
2	79	194	C ₁₄ H ₂₆ Cyclohexane, 1-(cyclohexylmethyl)-2-methyl-, cis-	54824-04-3	21421	1
3	78	268	C ₁₉ H ₄₀ Octadecane, 6-methyl-	10544-96-4	37465	1
4	78	154	C ₁₀ H ₁₈ O 1-Octyn-3-ol, 4-ethyl- \$\$ 4-Ethyl-1-octyn-3-ol	5877-42-9	10973	1
5	77	168	C ₁₂ H ₂₄ Cyclohexane, 1-methyl-2-pentyl-	54411-01-7	14704	1

Library Name
 (1) NIST62.LIB

Lampiran 11 Kromatogram daya 2000 watt laju 4,59 °C/menit

*** CLASS-5000 *** Report No. = 1 Data : . 03/01/15 15:10:53
Sample : TITIK DIDIH 190-312, 2000 WATT,
Operator : POY
Method File Name :



6891254

Lampiran 12 Data waktu retensi untuk daya 2000 watt

Data : 03/01/15 15:10:53
 Sample : TITIK DIDIH 190-312, 2000 WATT,
 Operator : POY
 Method File Name :

**** Peak Report ****

PKNO	R.Time	I.Time - F.Time	Area	Height	A/H(sec)	MK	%Total	Name
1	8.279	8.208 - 9.400	34331475	1150697	29.835		61.91	
2	17.831	17.783 - 17.983	17571430	3444549	5.101		31.69	
3	22.058	22.033 - 22.258	780224	531757	1.467		1.41	
4	22.330	22.258 - 22.358	838790	596457	1.406		1.51	
5	22.450	22.358 - 22.475	797867	494329	1.614	V	1.44	
6	41.186	41.175 - 41.267	1132602	489158	2.315		2.04	
Total			55452388				100.00	

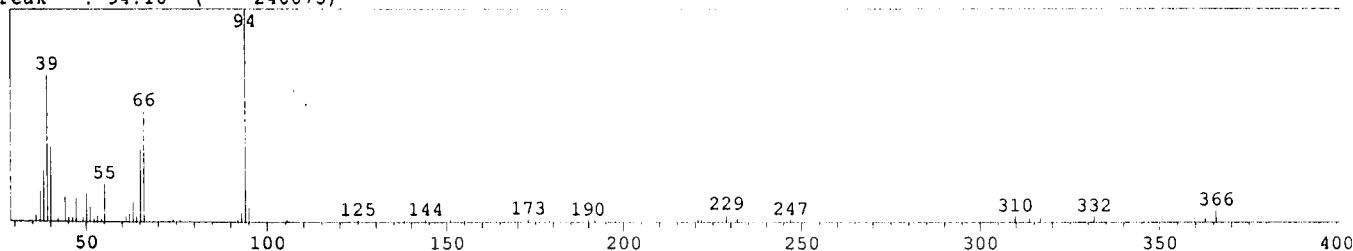


Lampiran 13 Fragmentasi waktu retensi 8.283 menit

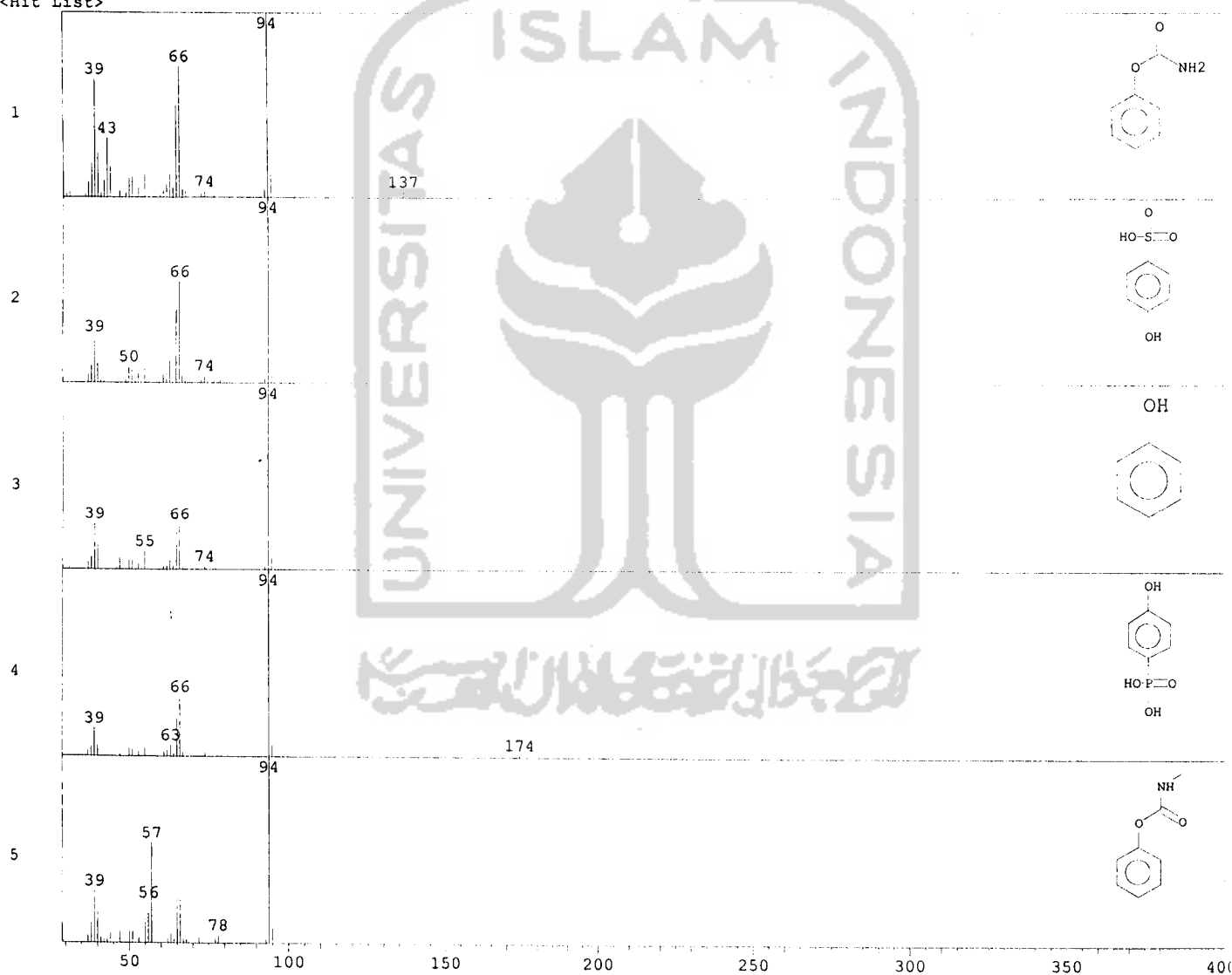
<Unknown Spectrum>

Data :

Mass Peak # : 62 Ret. Time : 8.283
Scan # : 875 B.G. Scan # : 1280
Base Peak : 94.10 (240075)



<Hit List>



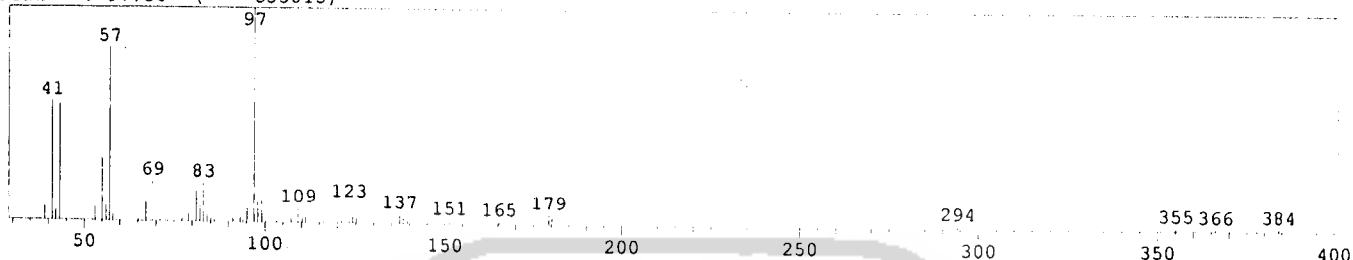
No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	84	137	C ₇ H ₇ NO ₂ Carbamic acid, phenyl ester	622-46-8	6730	1
2	83	174	C ₆ H ₆ O ₄ S Benzenesulfonic acid, 4-hydroxy-	98-67-9	16038	1
3	80	94	C ₆ H ₆ O Phenol	108-95-2	1010	1
4	76	174	C ₆ H ₇ O ₄ P Phosphonic acid, (p-hydroxyphenyl)-	33795-18-5	16041	1
5	74	151	C ₈ H ₉ NO ₂ Carbamic acid, methyl-, phenyl ester	1943-79-9	10001	1

Library Name
(1) NIST62.LIB

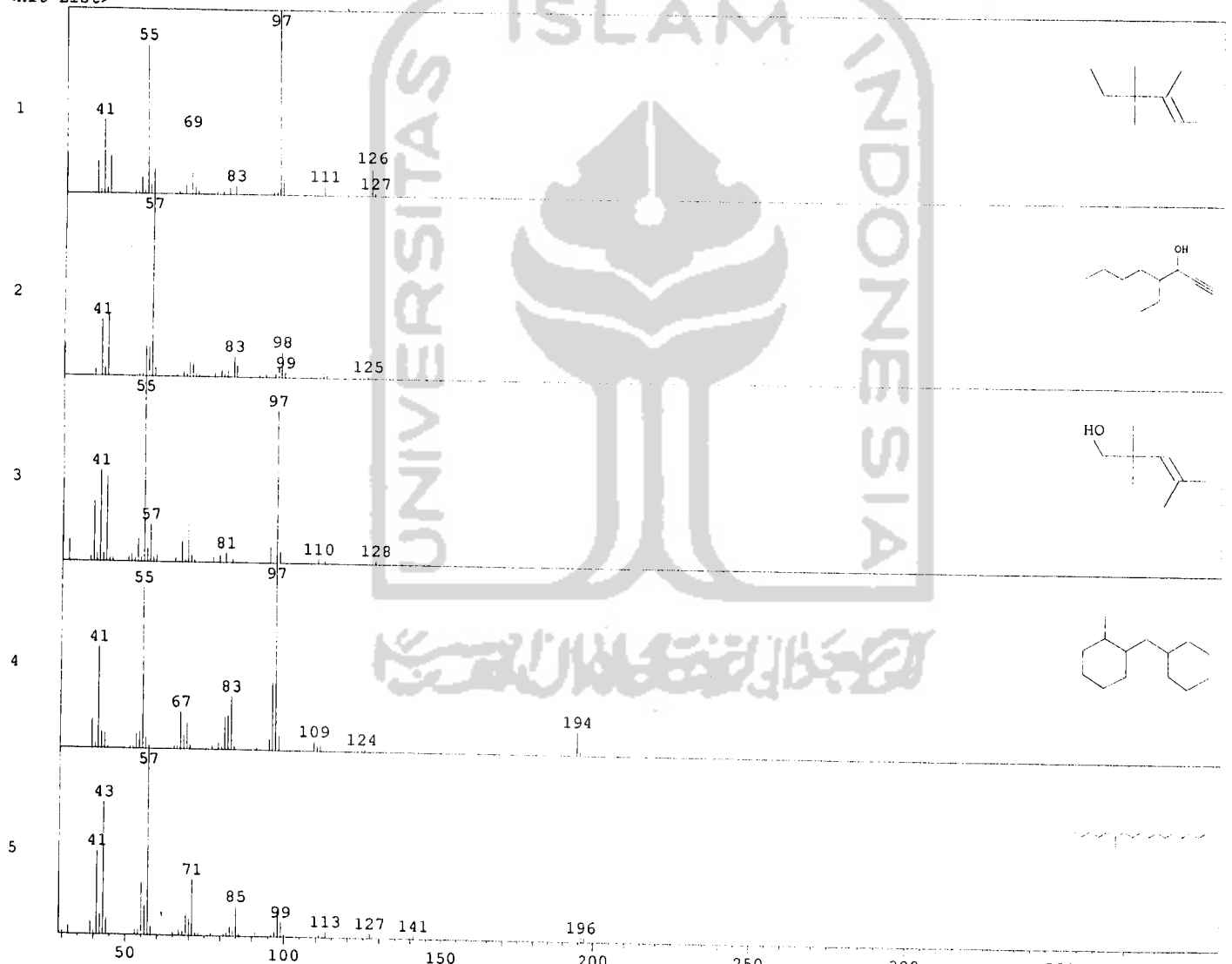
Lampiran 14 Fragmentasi waktu retensi 17.833 menit

<Unknown Spectrum>

Data :
 Mass Peak # : 55 Ret. Time : 17.833
 Scan # : 2021 B.G. Scan # : 2229
 Base Peak : 97.10 (653815)



<Hit List>

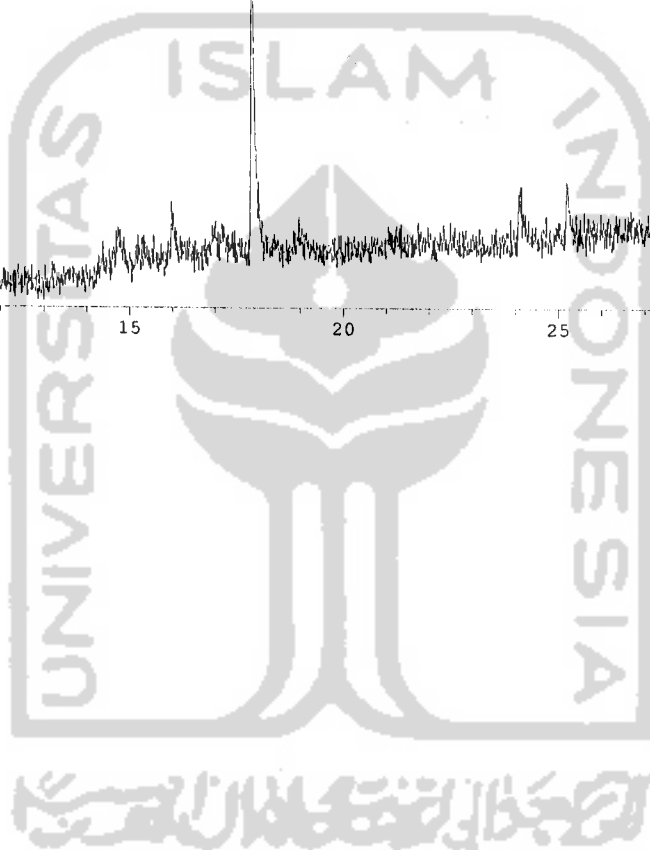
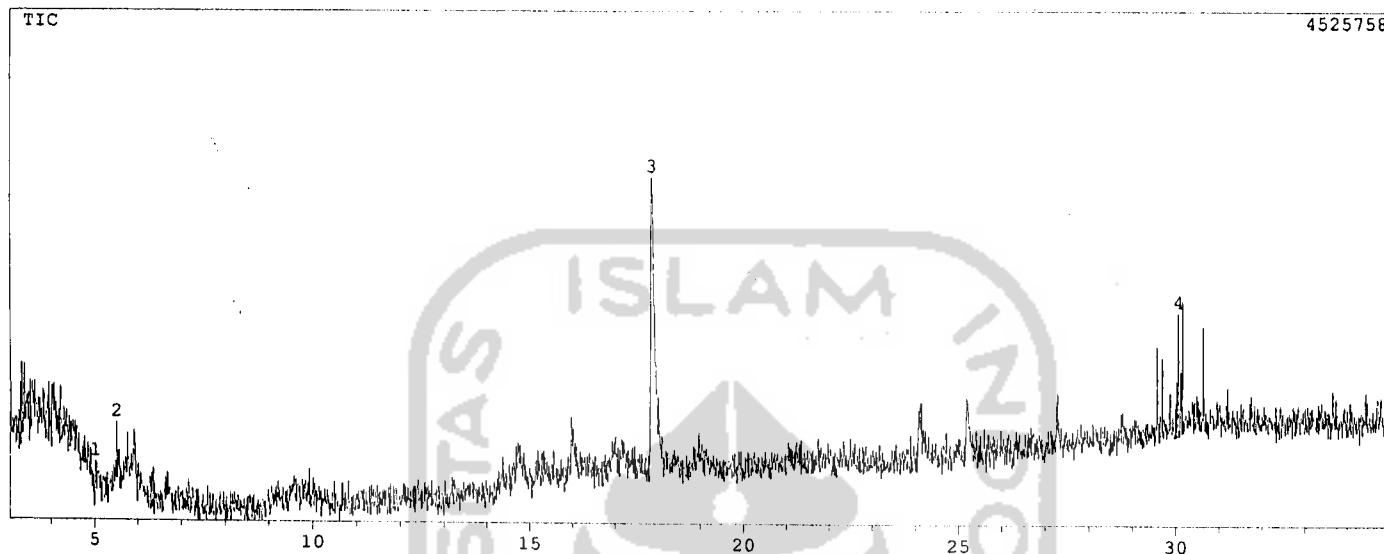


No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	76	126	C ₉ H ₁₈ 2-Hexene, 3,4,4-trimethyl-	53941-19-8	4671	1
2	76	154	C ₁₀ H ₁₈ O 1-Octyn-3-ol, 4-ethyl-	5877-42-9	10973	1
3	76	128	C ₈ H ₁₆ O 3-Penten-1-ol, 2,2,4-trimethyl-	5842-53-5	5069	1
4	76	194	C ₁₄ H ₂₆ Cyclohexane, 1-(cyclohexylmethyl)-2-methyl-, cis-	54824-04-3	21421	1
5	75	268	C ₁₉ H ₄₀ Octadecane, 6-methyl-	10544-96-4	37465	1

Library Name
 (1) NIST62.LIB

Lampiran 15 Kromatogram daya 2200 watt laju 5.9 °C/menit

*** CLASS-5000 *** Report No. = 1 Data : 03/01/15 16:04:51
Sample : TITIK DIDIH 184-271, 2000 WATT,
Operator : POY
Method File Name :



Lampiran 16 Data waktu retensi untuk daya 2200 watt

Data : 03/01/15 16:04:51
Sample : TITIK DIDIH 184-271, 2000 WATT,
Operator : POY
Method File Name :

**** Peak Report ****

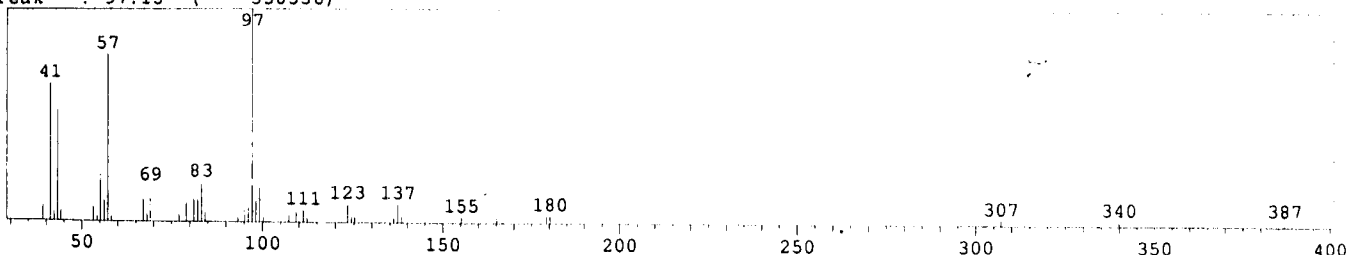
PKNO	R.Time	I.Time - F.Time	Area	Height	A/H(sec)	MK	%Total	Name
1	5.025	5.000 - 5.500	1934061	295909	6.536		16.03	
2	5.512	5.500 - 5.533	362012	384355	0.942	v	3.00	
3	17.858	17.817 - 17.958	7402621	1709325	4.331		61.36	
4	30.071	29.683 - 30.158	2365783	790547	2.993		19.61	

Total 12064477 100.00

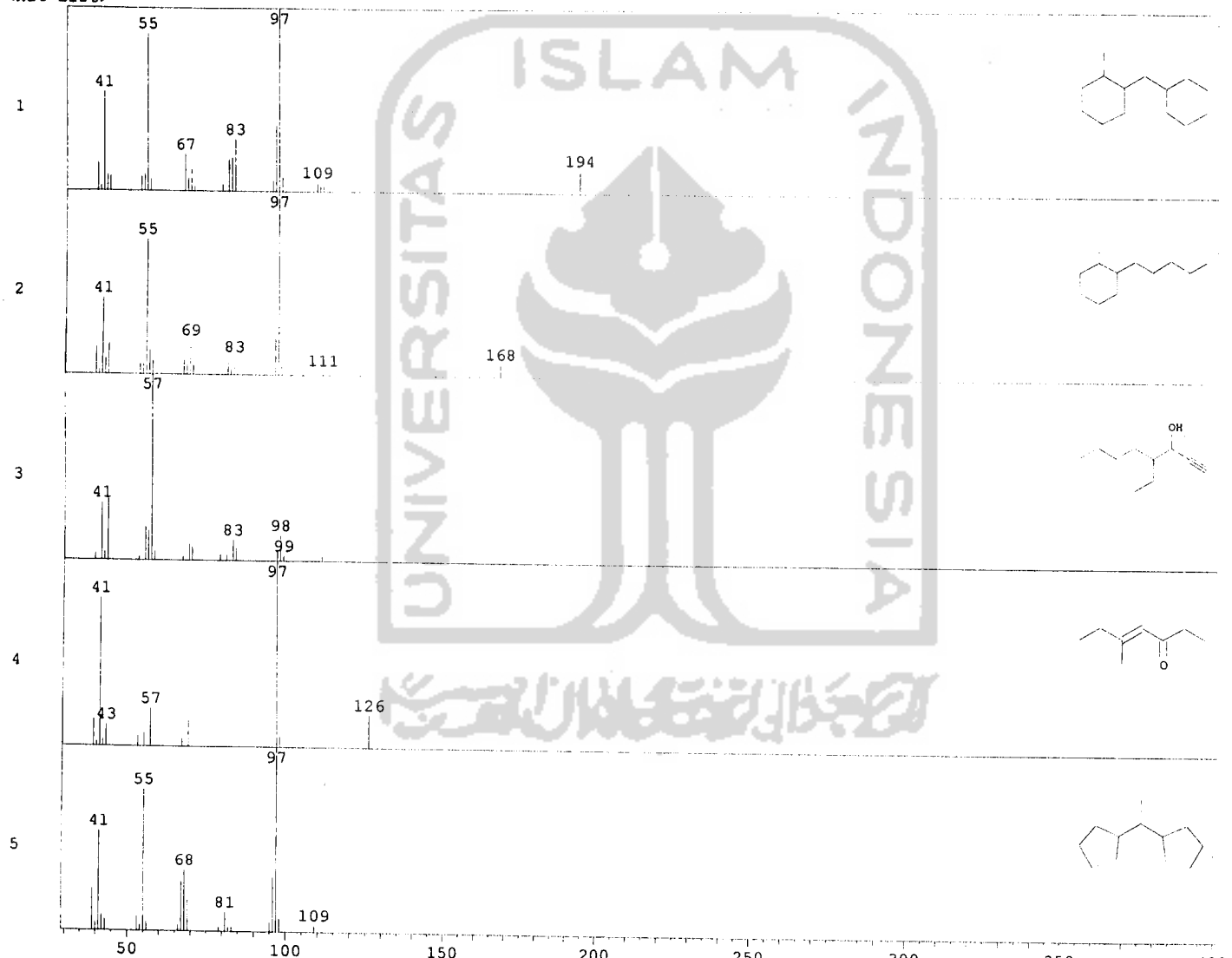


<Unknown Spectrum>

Data : **Lampiran 17** Fragmentasi waktu retensi 17.858 menit
 Mass Peak # : 48 Ret. Time : 17.858
 Scan # : 2024 B.G. Scan # : 2259
 Base Peak : 97.15 (338336)



<Hit List>



No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	77	194	C ₁₄ H ₂₆ Cyclohexane, 1-(cyclohexylmethyl)-2-methyl-, cis-	54824-04-3	21421	1
2	76	168	C ₁₂ H ₂₄ Cyclohexane, 1-methyl-2-pentyl-	54411-01-7	14704	1
3	76	154	C ₁₀ H ₁₈ O 1-Octyn-3-ol, 4-ethyl- \$\$ 4-Ethyl-1-octyn-3-ol	5877-42-9	10973	1
4	76	126	C ₈ H ₁₄ O 4-Hepten-3-one, 5-methyl-	1447-26-3	4558	1
5	75	166	C ₁₂ H ₂₂ Cyclopentane, 1,1'-ethylidenebis- \$\$ Ethane, 1,1-dicyclopentyl- \$\$ 1,1-Dicyclopentyle	4413-21-2	14149	1

Library Name
 (1) NIST62.LIB