



**KARAKTERISASI PRODUK REDISTILASI ASAP CAIR DARI
BERBAGAI SUMBER BIOMASSA**

SKRIPSI

Oleh

**Adi Kurniawan Effendi
NIM 151810301031**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**KARAKTERISASI PRODUK REDISTILASI ASAP CAIR DARI
BERBAGAI SUMBER BIOMASSA**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Adi Kurniawan Effendi
NIM 151810301031**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ayah Umar Efendi serta Ibu Sutik yang selama ini selalu memberikan semangat hidup, dukungan, serta kasih sayang yang tulus kepada putra kedua untuk senantiasa selalu bersyukur dan tetap dekat dengan Allah SWT;
2. Kakak Iswantono Effendi yang selalu mendoakan dan memberikan semangat;
3. Keluarga besar Ayah (Kencong) dan Ibu (Jember) yang turut andil dalam memberikan dukungan moril selama menyelesaikan skripsi ini.
4. Almamater Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember
5. Teman-teman seangkatan kimia 2015 (Chrypton 2015) yang selalu mendukung dan membantu baik dikala baik suka maupun duka semasa berkuliah di FMIPA Kimia UNEJ.
6. Grup Pandawa yang selalu memberikan doa, motivasi dan semangat dalam perjalanaku.
7. Teman se-Tim Asap Cair, Ani Sofiyana yang selalu membantu baik itu waktu, pikiran, tenaga dan menjadi bagian dari perjalananku
8. Verninda Eka Chrissanti yang selalu memotivasi untuk selalu bangkit dan terus maju.
9. Seluruh teman-teman semenjak TK hingga SMA yang masih tetap bersedia menjadi teman bercerita dan bertukar pikiran hingga saat ini.
10. Seluruh orang yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

MOTO

“Sesungguhnya Allah tidak menya-nyiakan pahala orang-orang yang berbuat baik”

(terjemahan Surat At-Taubah ayat 120)*)



PERNYATAAN

Saya bertandatangan di bawah ini :

Nama : Adi Kurniawan Effendi

NIM : 151810301031

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Karakterisasi Produk Redistilasi Asap Cair dari Berbagai Sumber Biomassa” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan atau paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 3 Februari 2021

Yang menyatakan,

Adi Kurniawan Effendi
NIM 151810301031

SKRIPSI

**KARAKTERISASI PRODUK REDISTILASI ASAP CAIR DARI
BERBAGAI SUMBER BIOMASSA**

Oleh

Adi Kurniawan Effendi
NIM 151810301031

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Indarti S.Si, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “*Karakterisasi Produk Redistilasi Asap Cair dari Berbagai Sumber Biomassa*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji,

Ketua

Anggota I

Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si
NIP. 197107031997021001

Dwi Indarti S.Si, M.Si
NIP. 197409012000032004

Anggota II

Anggota III

Dr. D. Setyawan Purwo Handoko, S.Si, M.Si
NIP. 196809021994021001

I Nyoman Adi Winata, S.Si, M.Si
NIP. 197105011998021002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195910091986021001

RINGKASAN

Karakterisasi Produk Redistilasi Asap Cair dari Berbagai Sumber Biomassa;
Adi Kurniawan Effendi, 151810301031; 2020; 67 halaman; Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Asap cair merupakan hasil kondensat biomassa dari proses pirolisis. Hasil asap cair proses pirolisis disebut dengan asap cair grade 3. Bahan baku utama yang sering dijadikan asap cair adalah tempurung kelapa dan kelapa sawit. Pada penelitian ini biomassa yang digunakan yaitu tempurung kelapa, kayu sengon dan tongkol jagung. Hasil asap cair dari proses pirolisis akan dimurnikan dengan metode redistilasi pada suhu 105°C selama 3 jam. Selain itu dilakukan studi lebih lanjut mengenai hasil asap cair dari proses redistilasi dengan peninjauan : warna, pH, kadar asam, kadar fenol dan kandungan kimia baik sebelum distilasi dan sesudah distilasi . Tujuan penelitian ini untuk mengetahui profil asap cair hasil redistilasi ditinjau dari : warna, pH, kadar asam, kadar fenol, kandungan kimia baik sebelum distilasi dan sesudah distilasi.

Produk asap cair hasil redistilasi (ACR) pada penelitian ini berwarna kuning untuk semua biomassa. Sedangkan produk asap cair hasil pirolisis (ACP) pada penelitian ini berwarna coklat. Hal ini diakibatkan karena pengaruh redistilasi pada suhu 105°C selama 3 jam, membuat komponen tar yang berkontribusi dengan warna gelap dapat terpisahkan. Pada studi mengenai nilai pH, diperoleh pH dari ACR rendah, hal ini disebabkan rentang pengukuran pH ACR 2 bulan, sehingga membuat senyawa-senyawa yang ada di ACR terjadi polimerisasi, maka mengubah sifat fisiknya dengan meningkatnya viskositas dari ACR. Pada studi mengenai kadar asam, diperoleh kadar asam dari ACR menurun. Hal ini disebabkan karena hanya sebagian asam-asam organik berantai pendek yang dapat teruapkan pada suhu 105°C . Selain itu juga dipengaruhi oleh komponen utama setiap biomassa yang berbeda-beda. Pada studi mengenai kadar fenol, diperoleh kadar fenol dari ACR meningkat. Hal ini disebabkan karena terjadi azeotrop antara fenol dengan air, karena titik didih senyawa fenol dan turunannya diatas

150°C. Pada studi mengenai GC-MS, diperoleh kandungan kimia pada ACR menurun. Hal ini disebabkan karena pengaruh lama penyimpanan ACR, sehingga membuat senyawa-senyawa yang ada di ACR mengalami *aging*. *Aging* terjadi karena berat molekul yang meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan, dimana menghasilkan kandunga primer dari reaksi esterifikasi dan eterifikasi antara hidroksil, karbonil dan kelompok karboksil.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh redistilasi pada suhu 105°C untuk ACR semua jenis biomassa mengubah warna menjadi kuning, menurunkan nilai pH, kadar asam dan analisa kandungan kimia serta meningkatkan kadar fenol. Kondisi lama penyimpanan juga mempengaruhi analisa, baik itu pH, kadar asam, kadar fenol dan kandungan kimia.

PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat maupun hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi yang berjudul “*Karakterisasi Produk Redistilasi Asap Cair dari Berbagai Sumber Biomassa*” dapat diselesaikan dengan sebaiknya. Skripsi ini disusun serta dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pendidikan jenjang pendidikan tinggi strata satu (S1) di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan skripsi berikut tidak terlepas dari bantuan maupun masukan dari berbagai pihak. Maka penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan penulis waktu, kesehatan serta kesabaran dalam segala hal sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Drs. Achmad Sjaifullah M.Sc., PhD. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Bambang Piluharto S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Bambang Piluharto S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing utama dan Ibu Dwi Indarti S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing anggota yang dengan dedikasinya telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini
5. Bapak Dr. D. Setyawan Purwo Handoko S.Si., M.Si. serta Bapak I Nyoman Adi Winata, S.Si., M.Si., sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan maupun pengarahan dalam penulisan skripsi ini
6. Bapak Drs. Zulfikar, PhD. Sebagai dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan semangat dan nasihat selama menempuh pendidikan strata satu
7. Segenap Bapak dan Ibu Dosen yang selama ini dengan dedikasinya telah mendidik dan mengajarkan ilmu.
8. Segenap Bapak dan Ibu teknisi laboratorium yang telah membantu jalannya penelitian ini
9. Semua pihak yang turut membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih terdapat kekurangan pelaksanaan dan hasil penelitian. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 3 Februari 2021

Penulis.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Asap Cair	4
2.2 Komponen Utama Asap Cair	6
2.2.1 Selulosa.....	7
2.2.2 Hemiselulosa.....	8
2.2.3 Lignin.....	9
2.3 Sumber Biomassa.....	11
2.1.1 Tempurung Kelapa	11
2.1.2 Kayu Sengon.....	13
2.1.3 Tongkol Jagung.....	15
2.4 Distilasi	16

2.5	<i>Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GC-MS)</i>	19
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	Waktu dan Tempat	21
3.2	Alat dan Bahan	21
3.2.1	Alat	21
3.2.2	Bahan	21
3.3	Rancangan Penelitian	22
3.3.1	Desain Alat Penelitian	22
3.3.2	Diagram Alir Penelitian	23
3.4	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	24
3.4.1	Preparasi Sampel	24
3.4.2	Prosedur Pirolisis	24
3.4.3	Distilasi Asap Cair Hasil Pirolisis	24
3.4.4	Analisis Secara Fisik	25
3.4.5	Analisis Secara Kimia	25
3.4.5.1	Analisis Kadar Asam dari Berbagai Asap Cair	25
3.4.5.2	Analisis Kadar Fenol dari Berbagai Asap Cair	25
3.4.5.3	Analisis Asap Cair menggunakan alat GC-MS	26
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1	Analisis Secara Fisik dan Kimia dari Berbagai Asap Cair	28
4.1.1	Analisis Secara Fisik dari Berbagai Asap Cair	28
4.1.2	Analisis Kadar Asam dari Berbagai Asap Cair	30
4.1.3	Analisis Kadar Fenol dari Berbagai Asap Cair	32
4.1.4	Analisis GC-MS Asap Cair Hasil Pirolisis dan Hasil Redistilasi ..	34
BAB 5.	PENUTUP	377
5.1	Kesimpulan	377
5.2	Saran	377
DAFTAR PUSTAKA	388
LAMPIRAN	433

DAFTAR TABEL

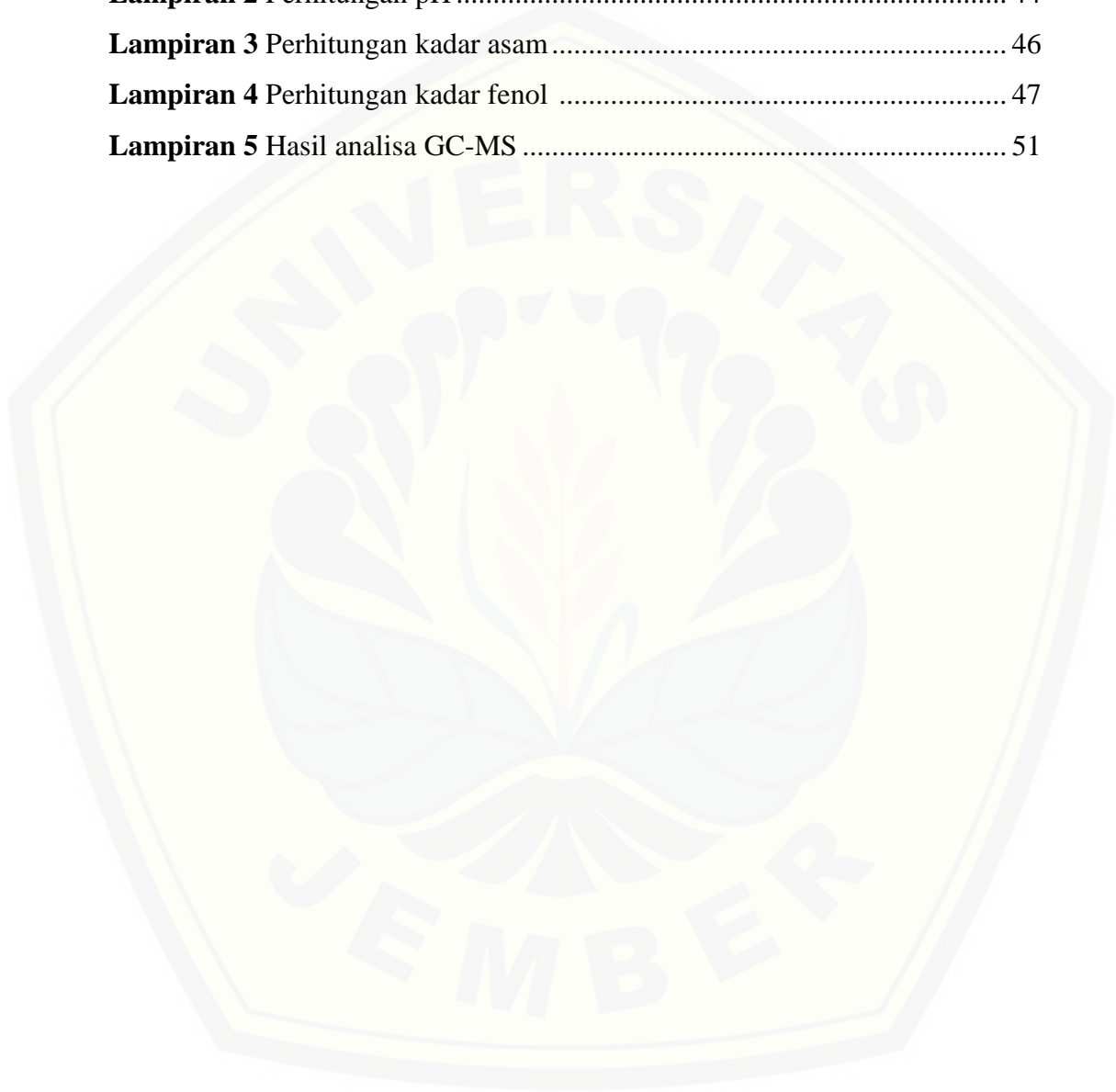
	Halaman
2.1 Komposisi kimia asap cair	5
2.2 Komposisi senyawa penyusun asap cair.....	6
2.3 Komposisi kimia tempurung kelapa.....	13
2.4 Komposisi kimia kayu sengon	14
2.5 Komposisi kimia tongkol jagung	16
2.6 Titik didih senyawa-senyawa pendukung sifat fungsional asap cair murni....	18
4.1 Analisis secara fisik warna dari berbagai asap cair.....	28
4.2 Analisis pH dari berbagai asap cair.....	29
4.3 Kandungan kimia dari biomassa tempurung kelapa	34
4.4 Kandungan kimia dari biomassa kayu sengon	35
4.5 Kandungan kimia dari biomassa tongkol jagung	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Komponen utama asap cair : (a) selulosa; (b) hemiselulosa; (c) lignin	7
2.2 Pirolisis selulosa.....	8
2.3 Pirolisis hemiselulosa.....	9
2.4 Pirolisis lignin pada kayu lunak	10
2.5 Pirolisis lignin pada kayu keras.....	11
2.6 Tempurung kelapa.....	12
2.7 Kayu Sengon	13
2.8 Tongkol Jagung.....	15
2.9 Rangkaian alat distilasi sederhana	17
2.10 Keterangan pembacaan spectra massa	20
2.11 Kromatogram GC-MS kondensat tempurung kelapa.....	20
3.1 Desain alat pirolisis	22
3.2 Diagram analisis asap cair hasil pirolisis dan hasil redistilasi dari berbagai biomassa dengan parameter uji : warna, pH, kadar asam, kadar fenol dan kandungan kimia	23
4.1 Kadar asam Asap Cair Pirolisis (ACP) dan Asap Cair Redistilasi (ACR) : Tempurung Kelapa (TK); Kayu Sengon (KS); Tongkol Jagung (TJ)	30
4.2 Kadar fenol Asap Cair Pirolisis (ACP) dan Asap Cair Redistilasi (ACR) : Tempurung Kelapa (TK); Kayu Sengon (KS); Tongkol Jagung (TJ)	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Preparasi Bahan	43
Lampiran 2 Perhitungan pH	44
Lampiran 3 Perhitungan kadar asam	46
Lampiran 4 Perhitungan kadar fenol	47
Lampiran 5 Hasil analisa GC-MS	51



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Asap cair merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari kondensasi asap tempurung kelapa melalui proses pirolisis (Jayanudin dan Suhendi, 2012). Tempurung kelapa termasuk golongan biomassa yang memiliki komposisi utama : selulosa, hemiselulosa dan lignin. Asap yang diproduksi dari proses pirolisis melibatkan reaksi dekomposisi konstituen polimer menjadi senyawa organik dengan berat molekul rendah karena pengaruh panas meliputi reaksi oksidasi, polimerisasi dan kondensasi (Girard, 1992). Asap cair yang dihasilkan memiliki komponen senyawa utama yaitu : fenol, asam, karbomil dan beberapa senyawa dalam jumlah kecil misalnya : furan, alkohol, eter, lakton, hidrokarbon poliklis aromatis (Girard, 1992). Namun demikian, jumlah komponen senyawa tersebut berbeda-beda tergantung dari komposisi utama dari setiap biomassa.

Komposisi biomassa pada umumnya mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komposisi tersebut mengalami degradasi termal melalui proses pirolisis yaitu : degradasi termal hemiselulosa terjadi pada suhu 200-250°C menghasilkan senyawa furfural, furan, dan derivat-derivatnya bersama dengan suatu seri panjang asam karboksil (Girard, 1992; Maga, 1988), degradasi termal selulosa terjadi pada suhu 280-320°C menghasilkan senyawa asam, fenol dan karbonil (Tranggono dkk., 1996), dan degradasi termal lignin terjadi pada suhu 400°C menghasilkan senyawa fenol dan fenolik eter seperti guaiakol (2-metoksifenol), siringol (1,6-dimetoksifenol), dan homolog serta derivatnya (Girard, 1992). Hasil komponen senyawa setiap biomassa berbeda-beda misalnya : tempurung kelapa menghasilkan kandungan senyawa fenol sebesar 4,13 %, karbonil 11,3 % dan asam 10,2 % (Darmadji, 1996), tandan kelapa sawit menghasilkan kandungan senyawa fenol sebesar 1,2 %, asam 3,69% (Asmawit dan Hidayat, 2016).

Asap cair yang dihasilkan selama proses pirolisis disebut dengan grade 3. Asap cair tersebut masih mengandung tar dan senyawa polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) (Girard, 1992). Peningkatan kualitas asap cair biasanya

dilakukan dengan redistilasi. Tujuan redistilasi yaitu memisahkan suatu senyawa berdasarkan titik didih untuk mendapatkan hasil yang lebih murni (Luditama, 2016). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya terkait redistilasi asap cair oleh Lombok dkk., (2014) menggunakan biomassa tempurung kelapa dengan metode distilasi berbagai suhu yaitu : D-1) <100°C, D-2) 100-120°C, D-3) 121-140°C, D-4) 141-160°C, D-5) 161-180°C, D-6) 181-200°C, menghasilkan kadar asam dan kadar fenol tertinggi pada variasi suhu D-6) 181-200°C sebesar 58,40% dan 3,85%. Selanjutnya penelitian oleh Darmadji (2002), menggunakan biomassa tempurung kelapa dengan metode distilasi berbagai suhu yaitu 1) <100°C, 2) 100-125°C, 3) 125-150°C, 4) >150°C, menghasilkan kadar asam dan kadar fenol tertinggi pada variasi 2) 100-125°C dengan kadar asam 15,7% dan kadar fenol 2,24%. Selain itu penelitian oleh Achmadi dkk., (2012) menggunakan biomassa cangkang kelapa sawit dengan metode distilasi berbagai suhu yaitu : 1) 80°C, 2) 90°C, 3) 100°C, menghasilkan kadar asam tertinggi pada suhu 80°C dengan kadar asam 5%. Namun demikian, pemurnian melalui redistilasi belum banyak dilakukan pada biomassa yang lain misalnya : kayu sengon dan tongkol jagung. Kebanyakan hanya mendapatkan asap cair dari proses pirolisis saja, maka dari itu penelitian ini berfokus pada redistilasi.

Berdasarkan uraian diatas, bahwa penelitian ini bertujuan untuk meredistilasi hasil asap cair dari berbagai sumber biomassa yaitu : tempurung kelapa, kayu sengon dan tongkol jagung. Hasil redistilasi selanjutnya akan dibandingkan dengan asap cair hasil pirolisis dengan parameter meliputi : warna, pH, kadar asam, kadar fenol dan karakterisasi kandungan kimia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana profil produksi asap cair hasil redistilasi ditinjau dari warna, pH, kadar asam, kadar fenol dan karakterisasi kandungan kimia dari kondensat asap cair baik sebelum dan sesudah distilasi?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil produk asap cair hasil redistilasi ditinjau dari warna, pH, kadar asam, kadar fenol dan karakterisasi kandungan kimia dari kondensat asap cair baik sebelum dan sesudah distilasi.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian mengenai karakterisasi produk redistilasi asap cair dari berbagai sumber biomassa sebagai berikut :

1. Hasil desain alat pirolisis secara mandiri, terlampir pada bagian metode.
2. Sumber biomassa tempurung kelapa, kayu sengon dan tongkol jagung dari Desa Pontang.
3. Massa sampel yang dibutuhkan sebesar 20 kg.
4. Suhu redistilasi yang digunakan yaitu 105°C
5. Waktu redistilasi yang digunakan selama 3 jam.

1.5. Manfaat

Manfaat penelitian ini diantaranya yaitu :

1. Meningkatkan nilai ekonomis limbah tempurung kelapa, kayu sengon dan tongkol jagung menjadi bahan utama pembuatan asap cair.
2. Memberikan informasi mengenai profil produk asap cair hasil redistilasi ditinjau dari warna, pH, kadar asam, kadar fenol dan karakterisasi kandungan kimia dari kondensat asap cair baik sebelum dan sesudah distilasi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asap Cair

Pengertian umum *liquid smoke* (asap cair) merupakan suatu hasil destilasi atau pengembunan uap hasil pembakaran tidak sempurna dari bahan yang mengandung selulosa, hemiselulosa, lignin serta senyawa karbon lainnya (Mentari, 2017). Asap cair merupakan suatu campuran larutan dan dispersi koloid dari uap asap kayu dalam air yang diperoleh dari hasil pirolisa kayu (Maga, 1988). Asap diproduksi dengan cara pembakaran yang tidak sempurna yang melibatkan reaksi dekomposisi konstituen polimer menjadi senyawa organik dengan berat molekul rendah karena pengaruh panas yang meliputi reaksi oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi (Girarrd, 1992). Partikel asap mempunyai diameter 0,1 μm . Proporsi partikel padatan dan cairan dalam medium gas menentukan kepadatan asap. Selain itu asap juga memberikan atribut warna dan *flavor* pada medium pendispersi gas (Pszczola, 1995).

Terdapat beberapa cara memanfaatkan energi yang tersimpan dalam biomassa melalui pirolisis. Metode pirolisis yaitu peruraian dengan bantuan panas tanpa adanya oksigen atau dengan jumlah oksigen yang terbatas menghasilkan tiga produk yakni: gas, asap cair, dan arang (Mentari, 2017). Menurut Demirbas (2005), secara umum proses pirolisis dapat berlangsung pada suhu di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam. Proses pirolisis ini melibatkan berbagai reaksi yaitu dekomposisi, oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi. Reaksi-reaksi yang terjadi selama pirolisis kayu adalah penghilangan air dari kayu pada suhu 120-150°C, pirolisis hemiselulosa pada suhu 200-250°C, pirolisis selulosa pada suhu 280-320°C dan pirolisis lignin pada suhu 400°C. Pirolisis pada suhu 400°C menghasilkan senyawa yang mempunyai kualitas organoleptik sangat tinggi dan seiring meningkatnya suhu akan terjadi reaksi kondensasi pembentukan senyawa baru serta oksidasi produk kondensasi diikuti kenaikan linier senyawa tar dan hidrokarbon polisiklis aromatis (Darmadji, 1996).

Komposisi asap dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya jenis kayu, kadar air kayu dan suhu pembakaran yang digunakan (Girarrd, 1992; Maga, 1988). Jenis kayu yang mengalami pirolisis menentukan komposisi asap. Kayu keras pada umumnya mempunyai komposisi yang berbeda dengan kayu lunak. Kayu keras (misalnya kayu *oak* dan *beech*) adalah yang paling umum digunakan karena pirolisis terhadap kayu keras akan menghasilkan aroma yang lebih unggul, lebih kaya kandungan senyawa aromatik dan senyawa asamnya dibandingkan kayu lunak (kayu yang mengandung resin) (Fujimaki dkk., 1974 dalam Girarrd, 1992). Kadar air juga memberikan variasi terhadap komposisi asap. Jumlah kadar air yang meningkat menyebabkan kadar fenol yang rendah dan meningkatkan kadar senyawa karbonil. Flavor dari produk yang diasap pada kondisi ini bersifat lebih asam. Suhu pembakaran kayu juga memberikan pengaruh terhadap komposisi asap. dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hubungan komponen-komponen dalam asap cair dan peranannya pada sifat-sifat produk pengasapan

Kualitas sifat produk	Senyawa
Daya simpan	Fenol
	Formaldehid
	Asam
Rasa (<i>flavor</i>)	Fenol
	Karbonil
Tekstur	Formaldehid
Warna	Karbonil

(Sumber : Girarrd, 1992)

Penelitian mengenai komposisi asap sudah dilakukan pertama kali oleh Pettet dan Lane pada tahun 1940 (Girarrd, 1992). Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa senyawa kimia yang terdapat dalam asap kayu jumlahnya lebih dari 1000. Sebanyak 300 senyawa sudah diisolasi dan dideteksi antara lain : fenol 85 macam telah diidentifikasi dalam kondensat dan 20 macam dalam asap, karbonil, keton dan aldehid 45 macam dalam kondensat, asam 35 macam, furan 11 macam. Alkohol dan ester 15 macam, lakton 13 macam, hidrokarbon alifatik 1 macam dalam kondensat dan 20 macam dalam produk asap (Girarrd, 1992). Komposisi kimia pada asap cair dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Komposisi kimia pada asap cair

Komposisi kimia	Konsentrasi (%)
Air	11 – 92
Asam	2,8 – 4,5
Fenol	0,2 – 2,9
Karbonil	2,6 – 4,6
Tar	1 - 17

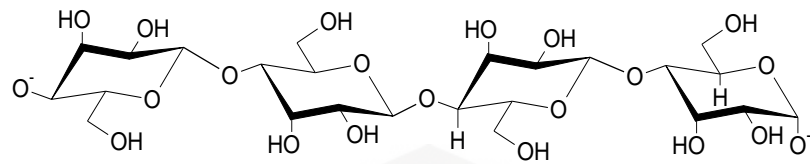
(Sumber : Maga, 1988 dalam Sutin, 2008).

Kualitas asap cair juga ditentukan oleh tingkatan asap cair yang dihasilkan. Klasifikasi asap cair yaitu : 1. Asap cair grade 1 merupakan asap cair hasil dari proses distilasi dan penyaringan dengan zeolit yang kemudian dilanjutkan dengan distilasi fraksinasi yang dilanjutkan lagi dengan penyaringan dengan arang aktif. 2. Asap cair grade 2 merupakan asap cair yang telah melewati tahapan distilasi kemudian dilakukan penyaringan zeolit; 3. Asap cair grade 3 merupakan pemurnian asap cair dari tar dengan menggunakan proses distilasi. Produk distilat yang pertama kali tertampung memiliki kadar komponen yang lebih ringan dibandingkan distilat yang lain. Pada asap cair grade 3 ini diperkirakan masih mengandung tar yang tinggi (Ratna, 2008).

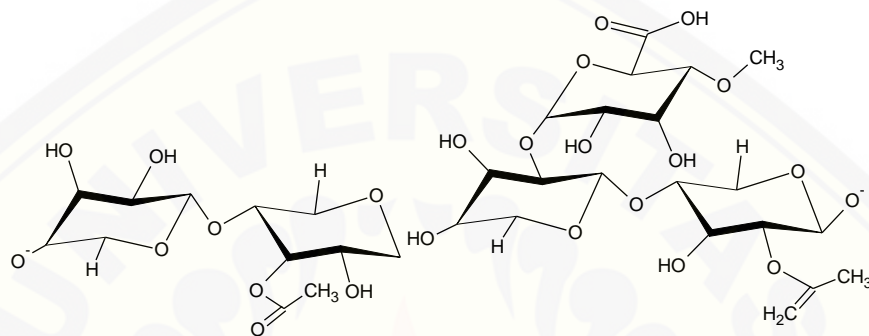
Aplikasi asap cair yang biasanya digunakan yaitu asap cair grade 1 memiliki warna kuning pucat dan peranan dalam penggunaan bahan makanan siap saji seperti mie basah, bakso, maupun tahu; Asap cair grade 2 memiliki warna kuning kecoklatan dan diorientasikan untuk pengawetan bahan makanan mentah seperti daging, ayam, atau ikan pengganti formalin; Asap cair grade 3 memiliki warna coklat pekat dan bau yang tajam serta diorientasikan untuk pengawetan karet (Ratna, 2008).

2.2 Komponen Utama Asap Cair

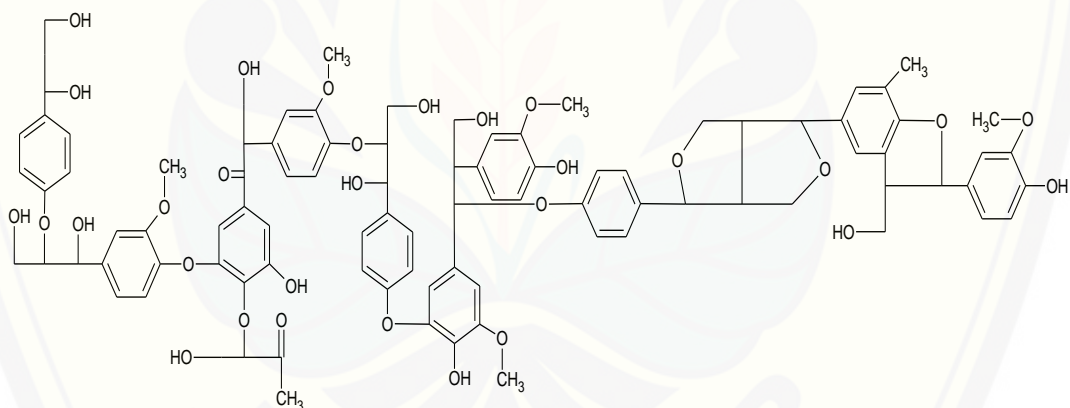
Ada tiga komponen utama yang mempengaruhi asap cair yaitu : selulosa, hemiselulosa dan lignin. Ketiganya mengalami pirolisa yang akan menghasilkan asam, fenol, karbonil dan senyawa-senyawa lain yang terdapat di dalam asap cair. Berikut gambar struktur komponen utama asap cair pada gambar 2.1



(a)



(b)



(c)

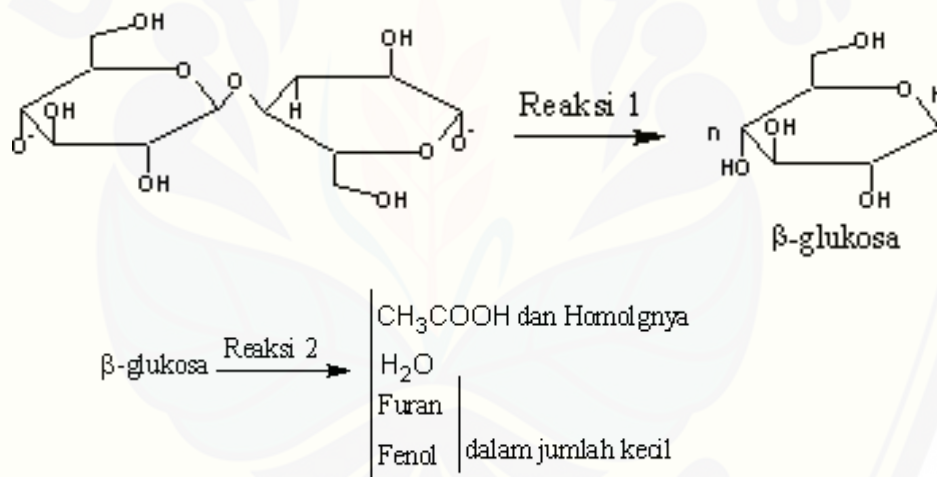
Gambar 2.1 Komponen utama asap cair. (a) selulosa; (b) hemiselulosa; (c) lignin (Gilbert dan Knowles, 1975)

2.2.1 Selulosa

Selulosa merupakan komponen kayu yang terbesar, dalam kayu lunak dan keras jumlahnya mencapai hampir setengahnya. Selulosa merupakan polimer linier dengan berat molekul tinggi yang tersusun atas β -D glukosa (Gambar 2.2. A). Struktur rantai ini mengandung gugus 100 – 1000 (Fengel dan Wegener, 1995; Girarrd, 1992). Sifat fisika selulosa masing-masing satuan berulang berisi tiga kelompok hidroksil. Kelompok hidroksil ini dan kemampuannya untuk

mengikat hidrogen memainkan peran yang utama di dalam mengarahkan struktur kristalin dan juga mengembangkan sifat fisika dari selulosa (Summerscales et al., 2010). Sifat kimia selulosa adalah tahan terhadap alkali kuat (17.5% berat) tetapi dengan mudah terhidrolisis oleh asam menjadi gula yang larut air dan selulosa relatif tahan terhadap agen pengoksidasi dengan ketahanan panas serat selulosa adalah mencapai temperatur 211 – 280°C tergantung pada jenis seratnya (Suryanto, 2015).

Pirolisis selulosa yaitu reaksi awal berupa hidrolisis yang dikatalisis oleh asam menjadi glukosa diikuti oleh dehidrasi menjadi *1,6-anhydroglucose* (β -glucosan) bisa dilihat pada Gambar 2.2. Proses pirolisis sekunder menghasilkan asam asetat dan homolognya, air dan kadang-kadang sejumlah kecil furan dan fenol (Gilbert dan Knowles, 1975).



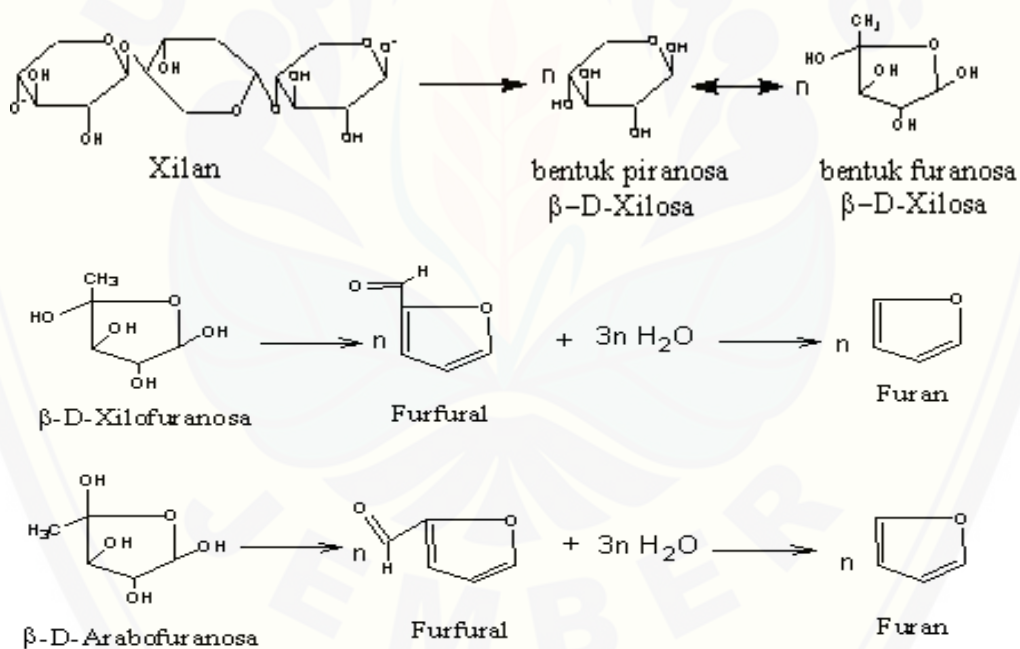
Gambar 2.2 Pirolisis Selulosa
(Sumber : Girarrd, 1992)

2.2.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polisakarida dengan berat molekul yang relatif rendah dan terdapat dalam dinding sel tanaman bersama-sama dengan lignin dan selulosa. Rantai molekul hemiselulosa jauh lebih pendek dibandingkan dengan selulosa, dan dalam beberapa senyawa mempunyai rantai cabang. Kandungan hemiselulosa dalam kayu keras lebih besar dalam kayu lunak (Fengel dan Wegener, 1995). Sifat fisika hemiselulosa yaitu polisakarida dengan berat molekul rendah, sering mengalami kopolimer dengan glukosa, asam glukuronat, mannanosa, arabinosa dan xilosa, dapat berbentuk acak, bercabang amorf atau

struktur nonlinier dengan kekuatan rendah. Polisakarida tersebut biasanya berisi rantai utama yang terdiri dari satu unit gula berulang terkait dengan titik cabang (1-2), (1-3), dan / atau (1-6) (1-4) (Rowell dan Han, 2000).

Hemiselulosa tersusun dari pentosan ($C_5H_8O_4$) dan heksosan ($C_6H_{10}O_5$), dan rata-rata proporsi ini bervariasi tergantung dari spesies kayu. Pentosan terdiri dari dua kelompok utama yaitu xilan dan araban dimana xilan lebih mendominasi dibandingkan araban. Pirolisis dari pentosan membentuk furfural, furan dan turunannya beserta suatu seri yang panjang dari asam karboksilat. Heksosan juga terdiri dari dua kelompok utama, yaitu mannan dan galaktan, dimana unit dasarnya secara berturut-turut adalah manosa dan galaktosa. Bersamasama dengan selulosa, pirolisis heksosan membentuk asam asetat dan homolognya (Girard, 1992). Pirolisis Hemiselulosa bisa dilihat pada Gambar 2.3.



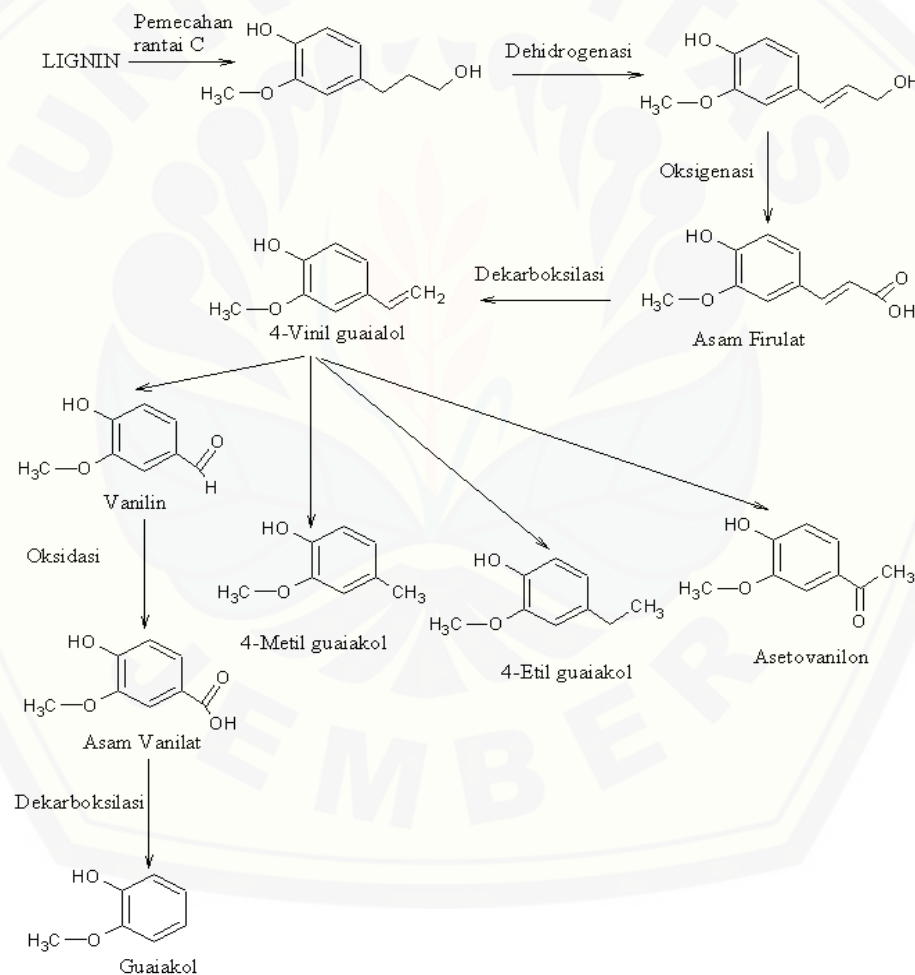
Gambar 2.3 Pirolisis Hemiselulosa
(Sumber : Girard, 1992)

2.2.3 Lignin

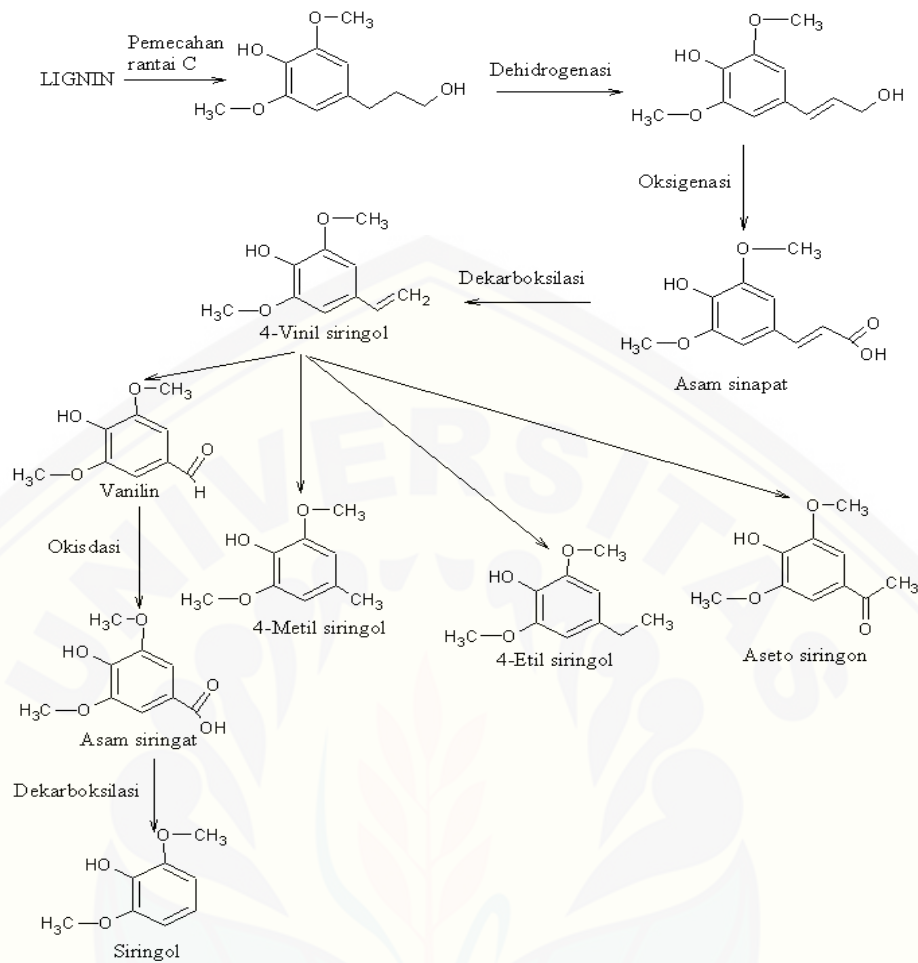
Lignin merupakan suatu komponen makromolekul kayu yang ketiga. Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida karena terdiri atas sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana. Senyawa-senyawa yang diperoleh dari hasil fraksinasi komponen ini berperan

terhadap aroma asap dari produk-produk hasil pengasapan. Senyawa-senyawa ini adalah fenol dan eter fenolik seperti guaiakol (2-metoksi fenol) dan homolog serta turunannya (Fengel dan Wegener, 1995; Girarrd, 1992).

Struktur kimia lignin antara kayu keras dan kayu lunak berbeda yaitu pada bentuk senyawa metoksi dalam cincin aromatiknya, sehingga menyebabkan perbedaan pada hasil pirolisisnya. Pembakaran kayu lunak terutama menghasilkan guaiakol, sedangkan kayu keras menghasilkan siringol (Girarrd, 1992). Adapun mekanisme pirolisis lignin pada kayu lunak dan kayu keras ditunjukkan pada gambar 2.4 dan 2.5.



Gambar 2.4 Pirolisis Lignin pada kayu lunak
(Sumber : Girarrd, 1992).



Gambar 2.5 Pirolisis Lignin pada kayu keras
(Sumber : Girarrd, 1992).

2.3 Sumber Biomassa

Biomassa didefinisikan sebagai bahan organik, tersedia secara terbarukan, yang diproduksi langsung atau tidak langsung dari organisme hidup tanpa kontaminasi dari zat lain atau limbah. Biomassa termasuk residu hutan dan pabrik, tanaman pertanian dan limbah pertanian, kayu dan limbah kayu, kotoran hewan, residu operasi ternak, tanaman air, sampah kota dan industri (Diji, 2013).

2.1.1 Tempurung Kelapa

Pohon kelapa atau sering disebut pohon nyiur biasanya tumbuh pada daerah atau kawasan tepi pantai. Buah kelapa terdiri dari kulit luar, sabut, tempurung, kulit daging, daging buah, air kelapa. Buah kelapa yang sudah tua memiliki bobot sabut (35%), tempurung (12%), endosperm (28%) dan air (25%). Tempurung kelapa adalah salah satu bahan karbon aktif yang kualitasnya cukup

baik untuk dijadikan arang aktif. Hal utama yang harus diperhatikan dalam pembuatan arang aktif yaitu bentuk, ukuran dan kulaitas. Kualitas tempurung kelapa dan proses pembakaran sangat menentukan rendemen karbon aktif yang dihasilkan (Mentari, 2017). Bentuk tempurung kelapa dalam kehidupan sehari-hari ditunjukkan pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Tempurung kelapa
(Sumber : Plantamor, 2019)

Klasifikasi ilmiah dari kelapa :

1. Kingdom : Plantae
2. Subkingdom : Tracheobionta
3. Superdivisi : Spermatophyta
4. Divisi : Magnoliophyta
5. Kelas : Liliopsida
6. Subkelas : Arecidae
7. Ordo : Arecales
8. Famili : Areaceae
9. Genus : Cocos
10. Spesies : *Cocos nurifera* L.

(Sumber : Plantamor, 2019).

Secara fisiologis, bagian tempurung merupakan bagian yang paling keras dibandingkan dengan bagian kelapa lainnya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya pada tempurung kelapa tersebut. Berat dan tebal tempurung kelapa sangat ditentukan oleh jenis tanaman kelapa. Berat tempurung kelapa ini sekitar (15 – 19) % dari berat keseluruhan buah kelapa, sedangkan tebalnya sekitar (3 – 5) mm² (Mentari, 2017). Komposisi kimia dalam tempurung kelapa disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi kimia tempurung kelapa

Komposisi	Presentase %
Lignin	34
Hemiselulosa	21
Selulosa	27
Abu	18

(Sumber : Bledzki dkk., 2010 dalam Budi, 2012).

Dari segi kualitas, tempurung kelapa yang memenuhi syarat untuk dijadikan bahan arang aktif adalah kelapa yang benar-benar tua, keras, masih utuh dan dalam keadaan kering. Pembuatan arang aktif yang benar-benar berkualitas, dimana tempurung kelapa harus bersih dan terpisah dari sabutnya. Kualitas dapat diketahui dari arang tempurung kelapa, pembakarannya menghasilkan arang yang tampak hitam, mengkilap, utuh, keras dan mudah dipatahkan. Arang tempurung kelapa dapat digunakan sebagai kayu bakar biasa atau diolah menjadi arang aktif yang dapat digunakan oleh berbagai industri pengolahan. Arang aktif dari tempurung kelapa ini memiliki daya saing yang kuat karena mutunya tinggi dan tergolong sumber daya yang terbarukan. Dengan demikian, tempurung kelapa merupakan limbah perkebunan yang memiliki potensi yang besar dan dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai arang aktif (Sakinah dkk., 2017).

2.1.2 Kayu Sengon

Pohon sengon merupakan jenis tanaman kayu yang sangat baik di tanam di areal hutan rakyat dan merupakan tanaman yang cepat tumbuh karena sengon tidak memerlukan tapak tumbuh yang sulit. Kayu sengon sering banyak digunakan untuk kebutuhan rumah, selian itu juga ada limbahnya. Bentuk limbah kayu sengon ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.7 Kayu sengon
(Sumber : Plantamor, 2019)

Klasifikasi ilmiah dari kayu sengon yaitu :

1. Kingdom : Tracheobionta
2. Subkingdom : Tracheobionta
3. Superdivisi : Spermatophyta
4. Divisi : Magnoliophyta
5. Kelas : Magnoliopsida
6. Subkelas : Rosidae
7. Ordo : Fabales
8. Famili : Fabaceae
9. Genus : Albizia
10. Spesies : *Albizia chinensis* (Osbeck)

(Sumber : Plantamor, 2019).

Pohon Sengon adalah sejenis pohon anggota suku Fabaceae. Pohon peneduh dan penghasil kayu ini tersebar secara alami di India, Asia Tenggara, Cina selatan, dan Indonesia. Sengon juga tidak membutuhkan waktu yang lama dalam pemanenan dan kegiatan pemeliharannya relatif mudah dan ekonomis (Rohmah, 2017). Komposisi kimia dalam kayu sengon dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Komposisi kimia kayu sengon

Komponen	Persentase (%)
Lignin	26,5
Hemiselulosa	21
Selulosa	45
Abu	7

(Sumber : Hartati dkk., 2010)

Selulosa, $(C_6H_{10}O_5)_n$, komponen utama yang ada pada hampir semua sel tumbuhan. Selulosa terdiri dari rantai panjang polimer yang terbentuk dari monomer glukosa (Sjostrom, 1995). Selulosa dapat digunakan di berbagai industri, antara lain adalah pada pembuatan kertas, industri tekstil, *packaging*, dan produk turunannya, seperti glukosa, selulosa asetat, alkohol dan lainnya. Selulosa terjebak di dalam matrik lignin dan hemiselulosa, sehingga perlu dilakukan suatu metode untuk mengekstraksi selulosa tersebut (Sjostrom, 1995).

2.1.3 Tongkol Jagung

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Selain menjadi tanaman pangan, jagung juga menghasilkan limbah contohnya tongkol jagung. Bentuk limbah tongkol jagung bisa dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Tongkol jagung
(Sumber : Plantamor, 2019)

Klasifikasi ilmiah dari jagung yaitu :

1. Kingdom : Plantae
2. Subkingdom : Tracheobionta
3. Superdivisi : Spermatophyta
4. Divisi : Magnoliophyta
5. Kelas : Liliopsida
6. Subkelas : Commerlinidae
7. Ordo : Poales
8. Famili : Poaceae
9. Genus : Poaceae
10. Spesies : *Zea mays L.*

(Sumber : Plantamor, 2019).

Tongkol jagung biasanya oleh masyarakat dibuang begitu saja dan biasa dijadikan makanan ternak. Tongkol jagung sebenarnya bisa diolah secara pirolisis menjadi asap cair yang berguna untuk masyarakat. Asap cair dari tongkol jagung bisa digunakan untuk berbagai macam kebutuhan pangan. Seperti pengawetan (pengasapan) dan penambahan cita rasa pada bahan pangan. Pirolisis tongkol jagung yang telah menjadi asap cair akan memiliki senyawa fenol sebesar

4,13%, karbonil 11,3% dan asam 10,2%. Senyawa-senyawa tersebut mampu menghilangkan bau sehingga mampu bertahan lama karena memiliki fungsi utama yaitu sebagai penghambat perkembangan bakteri. Penghilang bau dengan asap cair memiliki beberapa keunggulan antara lain yaitu lebih ramah dengan lingkungan karena tidak menimbulkan pencemaran udara, bisa diaplikasikan secara cepat dan mudah. Konsentrasi asap cair yang digunakan bisa disesuaikan dengan yang dikehendaki (Mentari,2017). Komponen kimia tongkol jagung dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Komposisi kimia tongkol jagung

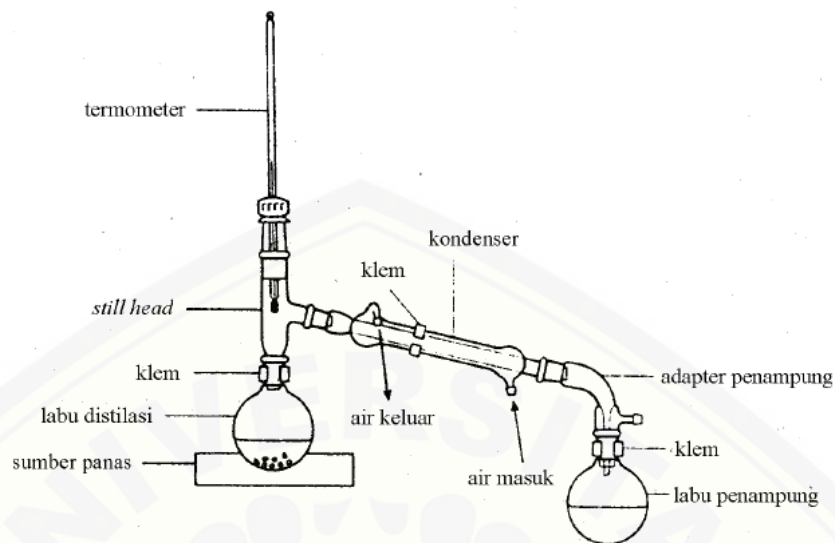
Komponen	Persentase %
Lignin	15,0
Hemiselulosa	36,0
Selulosa	41,0
Abu	1,5

(Sumber : Karolus, 2013)

Tongkol jagung yang belum diolah hanya memiliki kandungan protein sekitar 2,94% dengan kadar lignin 6,0%, selulosa yang tinggi hingga 41%, dan tingkat pencernaan sampai 40%. Sedangkan untuk rumput memiliki kandungan protein sekitar 6%. Kebutuhan protein ternak minimal dikisaran 6–8%. Karena itu harus dilakukan beberapa perlakuan untuk meningkatkan nutrisi dari limbah tongkol jagung (Karolus, 2013).

2.4 Distilasi

Distilasi adalah satu dari beberapa teknik utama untuk pemurnian cairan mudah menguap (volatile). Proses ini melibatkan penguapan zat dengan cara memanaskan, diikuti dengan kondensasi uap kembali menjadi cairan. Ada beberapa teknik pelaksanaan distilasi yang umum, di antaranya: distilasi sederhana (*simple distillation*), distilasi fraksionasi (*fractional distillation*), distilasi penurunan tekanan (*distillation under reduced pressure*), dan distilasi uap (*steam distillation*). Dalam prakteknya, distilasi yang dipilih tergantung pada sifat cairan yang akan dimurnikan dan pada sifat pengotor yang akan dipisahkan (Firdaus, 2009). Berikut contoh rangkaian distilasi sederhana pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Rangkaian alat distilasi sederhana
(Sumber : Firdaus, 2009).

Distilasi sederhana terdiri atas labu distilasi alas-bulat, *still head*, dan kondenser dengan satu adapter yang menghubungkan ujung kondenser dengan labu penampung distilat. Ukuran alat gelas yang digunakan ditentukan oleh ukuran volume cairan yang akan distilasi. Pindahkan cairan yang akan didistilasi ke dalam labu distilasi dengan menggunakan corong melalui leher *still head*, dan tambahkan batu didih (butiran anti *bumping*) ke dalam labu agar pendidihan lebih lembut tanpa *bumping*. Pasang adapter termometer dan atur termometer pada ketinggian di mana temperatur yang terukur adalah temperatur uap. Cairan dengan titik didih rendah (kurang daripada 85°C), menggunakan penangas uap atau penangas air. Sedangkan untuk cairan bertitik didih lebih tinggi, menggunakan penangas minyak. Alat penangas mantel memiliki kekurangan pada pengontrolan dan seharusnya hanya untuk distilasi pelarut. Mengumpulkan kondensasi uap dalam penampung, apabila cairan yang ada di dalam sudah mendidih (Firdaus, 2009).

Distilasi sederhana hanya dapat digunakan untuk memisahkan komponen yang perbedaan titik didihnya paling kurang 60-70°C. Umumnya distilasi ini digunakan untuk pemurnian komponen-komponen volatil yang sudah hampir murni. Data titik didih beberapa senyawa yang berperan dalam asap cair dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Titik didih senyawa-senyawa pendukung sifat fungsional asap cair murni

Senyawa kimia	Titik didih (°C)
Gioksal	51
Metilglioksal	72
Glikoal dehida	97
Diasetil	88
Formaldehid	21
Asam asetat	118
Asam butirat	162
Asam propionat	141
Asam isovalverat	176
Guaikol	205
4-metilguaikol	211
Eugenol	244
Siringol	267
Furfural	162
Pirokatekol	240
Hidroquinon	285
Isoeugenol	266

(Sumber : Himawati, 2010)

Pemurnian asap cair dilakukan berdasarkan pada suhu didih masing-masing komponen dalam asap cair. Senyawa-senyawa yang terkandung dalam asap cair tersebut mempunyai titik didih yang berbeda-beda, maka asap cair dapat difraksinasi untuk mendapatkan sifat fungsional yang diinginkan. Salah satu cara fraksinasi yang dapat dilakukan adalah dengan redistilasi asap cair. Proses distilasi asap cair juga dapat menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan yaitu senyawa tar dan hidrokarbon polisiklis aromatik (PAH) (Gorbatov dkk., 1971).

Cairan (distilat) relatif murni, menandakan mengandung pengotor bertitik didih rendah yang akan keluar ke penampungan distilat pada waktu temperatur di *still head* masih meningkat; fraksi ini disebut sebagai *fore-run*. Ketika temperatur *still head* mencapai harga konstan, fraksi utama dapat dikumpulkan, dan distilasi dapat dilanjutkan sampai sejumlah distilat diperoleh. Pengotor bertitik didih tinggi akan tinggal sebagai residu di dalam labu distilasi. Jangan melakukan distilasi sampai labu distilasi menjadi kering, hendaknya selalu menyisahkan residu dalam labu distilasi. Distilasi sampai kering menimbulkan bahaya karena melibatkan pemanasan yang tinggi (Firdaus, 2009).

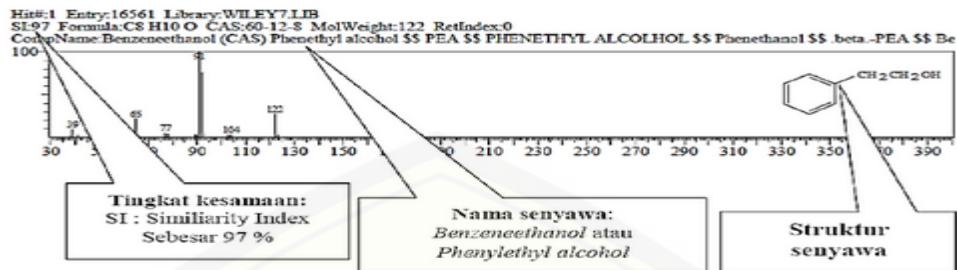
Distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan dua komponen dengan perbedaan titik didih yang lebar, seharusnya temperatur pada *still head* diamati secara ketat. Sesaat setelah senyawa volatil terkumpul, temperatur akan mulai meningkat, dan labu penampung harus diganti dengan labu kosong. Kumpulan distilat tersebut pada labu kedua selama temperatur masih meningkat. Distilat akan mengandung kedua komponen (fraksi campuran), tetapi seharusnya hanya merupakan fraksi dengan volume yang kecil. Ketika temperature *still head* menjadi konstan lagi, mengganti labu penampung dengan labu kosong dan kumpulkan komponen kedua. Akhirnya timbanglah semua labu distilat untuk menentukan berat masing-masing fraksi (Firdaus, 2009)

2.5 Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GC-MS)

Kromatografi gas dan spektroskopi merupakan analisa umum yang banyak digunakan untuk uji karakterisasi senyawa volatil. Kromatografi gas atau GC merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengetahui senyawa yang terdapat dalam sampel. Kromatografi gas menggunakan kolom yang berfungsi untuk memisahkan senyawa-senyawa yang terdapat dalam sampel yang diinjeksikan berdasarkan interaksinya dengan kolom GC (Siswoyo dan Asnawati, 2007). Hasil analisis dengan kromatografi gas dapat digunakan untuk menentukan senyawa yang diperoleh dan juga digunakan untuk mengetahui jenis reaksi yang terjadi (Sotelo dkk., 2011).

Gas kromatografi akan menentukan senyawa yang ada dalam sampel (kualitatif) berdasarkan waktu retensi yang diperoleh sedangkan spektroskopi massa akan menentukan fragmen atau berat molekul dari senyawa yang ada dalam sampel sehingga dapat ditentukan senyawa pasti yang terkandung dalam sampel (Hendayana, 2006). Menurut Hardjono (1992) pada GC-MS pergeseran elektronnya menggunakan konsep sabiliasi muatan oleh induk resonansi yang digunakan untuk dasar pembacaan pola fragmentasi GC-MS. Pemecahan ion molekuler pada GC-MS terjadi melalui dua cara yaitu pemecahan homolitik dan pemecahan heterosiklik. Pembacaan spectra massa pada GC-MS ditunjukkan pada Gambar 2.10 dimana sumbu horizontal menunjukkan massa molekul yang dianalisis

(m/z) dan sumbu vertikal menunjukkan jumlah kelimpahan ion (molekul yang terfragmentasi)

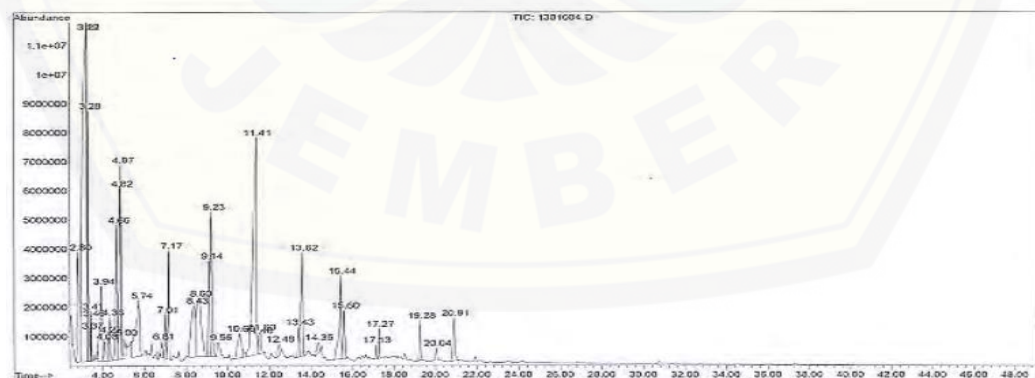


Gambar 2.10 Keterangan pembacaan spektra massa
 (Sumber: Hardjono, 1992).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Karolus (2013) menggunakan tempurung kelapa, tongkol jagung dan bambu sebagai bahan baku pembuatan asap cair menggunakan slow pirolisis pada suhu 300°C dihasilkan asap cair grade 3 yang dianalisis menggunakan GC-MS. Hasil analisis GC-MS diperoleh asap cair tempurung kelapa grade 3 dengan komposisi asam asetat 81%, asam propanoat 4,91%, asam metanoat 5,64% dan fenol 5,47%; asap cair tongkol jagung grade 3 dengan komposisi asam asetat 84,45%, asam propanoat 4,02% dan fenol 6,73%; asap cair bambu grade 3 dengan komposisi asam asetat 43,63%, heksana 38,12% dan fenol 5,35%. Hasil penelitian analisis GC-MS dari Luditama (2016) dapat dilihat pada Gambar 2.11.

Lampiran 3. Hasil Deteksi GC-MS Kondensat Tempurung Kelapa Suhu 300 °C

Instrument : GC/MS_E
 Sample Name : Tempurung Kelapa (t=300 oC)
 Misc Info :
 Vial Number : 13



Gambar 2.11 Kromatogram GC-MS kondensat tempurung kelapa
 (Sumber : Luditama, 2016).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa tempat yaitu : 1. Produksi asap cair dilakukan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, 2. Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember untuk tahap distilasi (pemurnian) dan karakterisasi kadar fenol dan total asam, 3. Laboratorium Kimia Politeknik Negeri Jember untuk tahap analisis komponen kimia menggunakan GC-MS. Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2019 hingga selesai.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

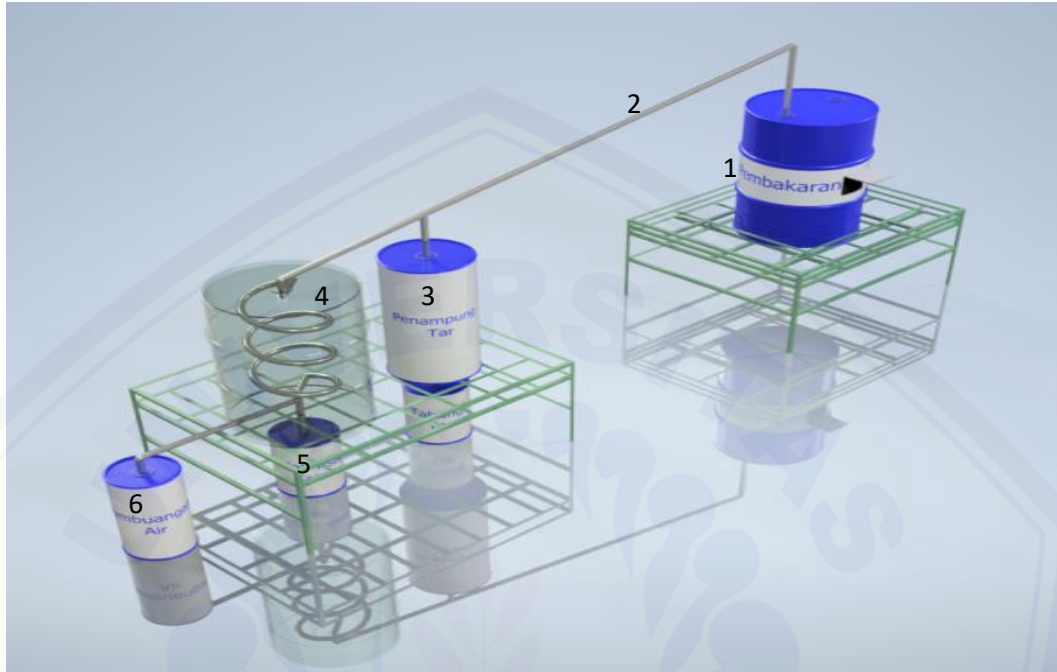
Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu labu leher tiga 500 ml, erlenmeyer 250 ml, labu ukur 100 ml, labu ukur 250 ml, labu ukur 10 ml, pH meter, buret 25 ml, gelas ukur 10 ml, gelas ukur 100 ml, pipet tetes, *stopwatch*, set lengkap alat distilasi, termometer inframerah, kertas Whatman 42, mikro pipet, thermometer.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu larutan NaOH 0,1 N, larutan Na_2CO_3 10%, reagen Folin-Ciocalteu, indikator phenoftalein, *aquades*, asam galat.

3.3 Rancangan Penelitian

3.3.1 Desain Alat Penelitian

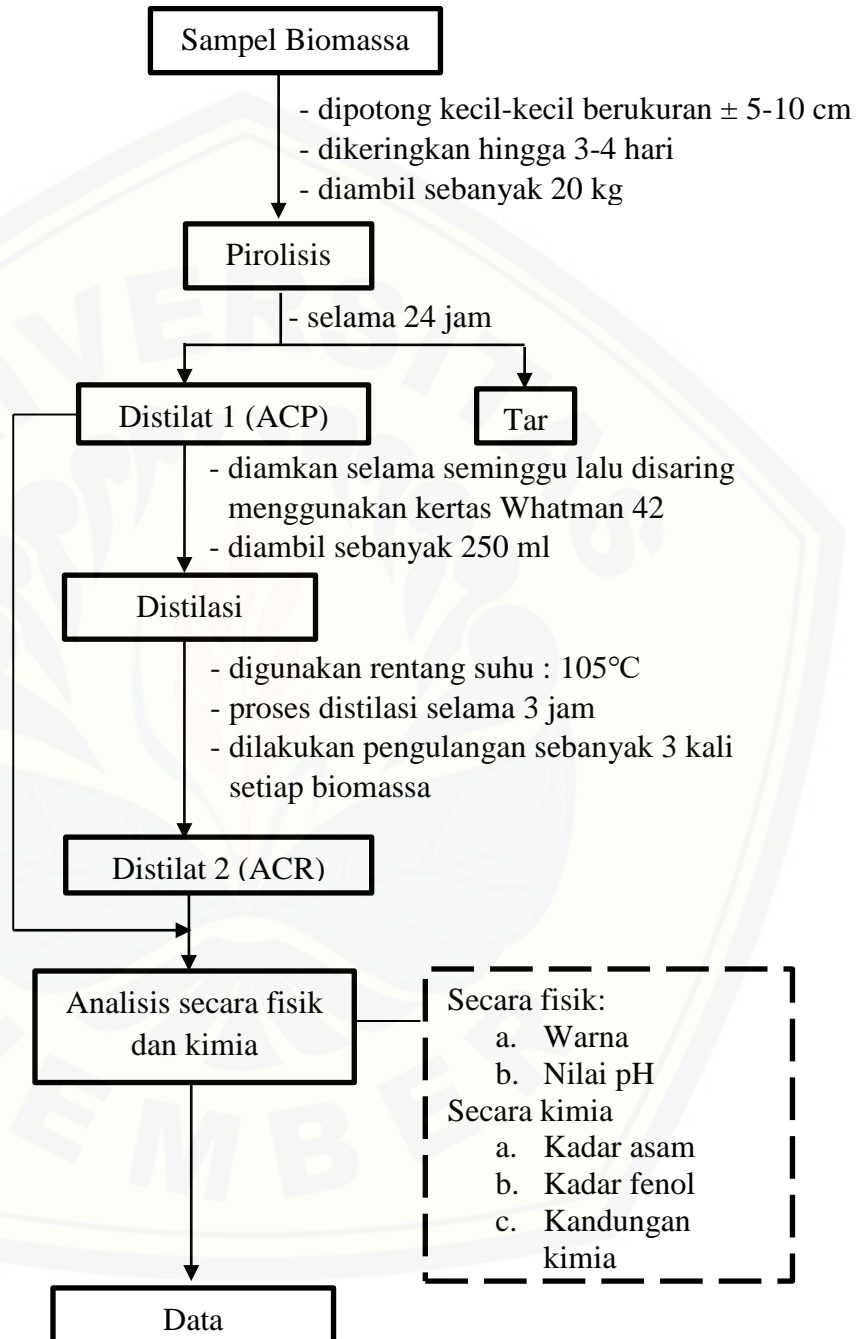


Gambar 3.1 Desain alat pirolisis

Keterangan

1. Tong Pembakaran
2. Pipa saluran uap
3. Penampung Tar
4. Wadah berisi air (kondensor)
5. Wadah penampung asap cair
6. Wadah pembuangan air

3.3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram analisis asap cair hasil pirolisis dan redistilasi dari berbagai biomassa dengan parameter uji : warna, ph, kadar asam, kadar fenol dan kandungan kimia.

3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Preparasi Sampel

Sampel biomassa merupakan limbah yang berasal dari daerah Sumbersari, Jember. Biomassa yang digunakan yaitu : tempurung kelapa, tongkol jagung dan serpihan kayu sengon. Teknik pengumpulan sampel dengan cara memisahkan biomassa dengan bahan lainnya seperti : plastik, tanah, kertas, dan ranting kayu. Ciri utama sampel biomassa yaitu dalam kondisi kering. Sampel dipotong dengan ukuran kecil \pm 5-10 cm. Lalu sampel dikeringkan dibawah terik matahari, hingga kering sekitar 3-4 hari. Tujuan pengeringan adalah untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam sampel. Sampel siap untuk dilakukan ke tahap selanjutnya

3.4.2 Prosedur Pirolisis

Sampel tempurung kelapa disiapkan terlebih dahulu sebanyak 20 kg dengan ukuran \pm 5-10 cm kemudian masukkan pipa besi yang diletakkan di tengah, baru dimasukkan sedikit demi sedikit sampel sambil diinjak-injak biar rapat. Tujuan menginjakkan agar tidak ada ruang udara. Setelah itu pipa besi diangkat, baru dimasukkan potongan bambu kecil. Setelah persiapan alat pembakaran selsesai, dilakukan tahap pembakaran. Tahap penutupan drum pembakaran menunggu biomassa yang ada di dalam drum pembakaran sudah menjadi bara api. Ditunggu sekitar 30-50 menit baru bisa menuju ke tahap pembukaan kran baik dari penampung tar dan penampung asap cair. Proses pembakaran selama 24 jam (dinyatakan selesai ditandai dengan tetesan terakhir) . Setelah selesai pembakaran penutup drum bagian atas dapat dibuka setelah suhu cukup dingin. Distilat 1 merupakan hasil asap cair yang berada di wadah penampung asap cair. Diulangi menggunakan biomassa : kayu sengon dan tongkol jagung.

3.4.3 Distilasi Asap Cair Hasil Pirolisis

Distilat 1 diendapkan selama 1 minggu untuk memisahkan tar dengan asap cair curah. Asap cair yang sudah dipisahkan dari tar kemudian disaring menggunakan kertas Whatman 42. Selanjutnya, asap cair hasil penyaringan diambil sebanyak 250 ml, lalu di distilasi pada suhu 105°C selama 3 jam.

Diperoleh distilat 2 yang merupakan hasil asap cair redistilasi. Dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan tiap sampel biomassa.

3.4.4 Analisis Secara Fisik

Hasil distilat 1 yang didapatkan dari proses pirolisis serta dilakukan penyaringan, diamati perubahan warnanya. Hasil distilat 2 yang didapatkan dari proses distilasi juga diamati perubahan warnanya. Hasil distilat 1 dan 2 diukur menggunakan pH meter untuk mengetahui nilai pH nya.

3.4.5 Analisis Secara Kimia

3.4.5.1 Analisis Kadar Asam dari Berbagai Asap Cair

Distilat yang digunakan adalah 1 dan 2. Sampel distilat 1 diambil sebanyak 10 g diencerkan dengan akuades menjadi 100 ml. Larutan induk dimabil sebanyak 10 ml ditambahkan dengan indikator PP (fenolphthalein) sebanyak 2-3 tetes. Selanjutnya dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N sampai titik akhir titrasi. Selanjutnya dilakukan perlakuan yang sama untuk distilat 2. Hasil kadar asam ini dinyatakan sebagai persen asam asetat (AOAC, 1990).

$$\text{Kadar asam (\%)} = \frac{V(\text{ml}) \times \text{NaOH (N)} \times \text{BM} \left(\frac{\text{gr}}{\text{mol}}\right) \times f_p}{\text{BS (gr)}} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.2)$$

V = volume NaOH (mL) BM = berat molekul asam asetat (gr/mol)
N = normalitas NaOH (N) BS = berat sampel (gr)

3.4.5.2 Analisis Kadar Fenol dari Berbagai Asap Cair

1. Penentuan Asam Galat

Larutan induk asam galat 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 0,01 gram asam galat dalam labu ukur 10 ml, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas. Larutan induk 1000 ppm kemudian diambil 100 µl lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml, ditambahkan 100 µl Na₂CO₃ 10 %, lalu dikocok hingga homogen. Diamkan selama beberapa menit kemudian ditambahkan 100 µl pereaksi Folin-Ciocalteu lalu diencerkan hingga tanda batas dan diamkan selama 10 menit pada suhu kamar. Selanjutnya dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 600 hingga 800 nm untuk penentuan panjang gelombang maksimum (Rahayu, 2012)

adalah helium, dimana diatur pada kecepatan alir 1,53 mL/menit. *Splitless injection* pada *splitlesstime* 1,0 menit, temperatur *injector* 290°C. Temperatur kolom terprogram : temperature awal 70 °C (5 menit), rate 5°C/menit, temperature akhir 230°C (52 menit) (Boes, 2014).



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai karakterisasi produk redistilasi asap cair dari berbagai sumber biomassa diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Redistilasi asap cair dari berbagai biomassa menghasilkan perubahan warna, pH, kadar asam dan fenol. Hasil ACR untuk semua biomassa berwarna kuning, menurunkan nilai pH dan kadar asam serta meningkatkan kadar fenol.
2. Hasil GC-MS asap cair redistilasi semua biomassa mengalami peningkatan dan penurunan kandungan senyawa kimia. Kandungan kimia yang mengalami peningkatan pada biomassa yaitu : kelompok ester pada tempurung kelapa dan tongkol jagung. Sedangkan kandungan kimia yang mengalami penurunan rata-rata pada kelompok asam karboksilat, fenol, keton, aldehid dan furan pada semua jenis biomassa.

5.2 Saran

Pada penelitian yang akan datang perlu dilakukan mengenai penanganan kestabilan asap cair. Hal ini mengingat kestabilan warna dan viskositas asap cair rendah, sehingga perlu dilakukan perbaikan pada pengkondisian pengukuran dan penyimpanan asap cair. Sebaiknya dalam mengkondisikan penyimpanan asap cair, wadah yang digunakan harus berkaca dan gelap, serta harus disimpan dalam suhu dingin.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, S, S., Cifriadi, A., Hidayah, M, N., 2015. *Redistilat Asap Cair dari Cangkang Kelapa Sawit dan Aplikasinya Sebagai Koagulan Karet Alam*. Departemen Kimia. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Association of Official Analytical Chemist. 1995. *Official Method of Analysis.16th edition*. Assiciation of Official Analytical Chemist, Inc. Washington.
- Budi, E. 2011. *Tinjauan Proses Pembentukan Dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar*. *Jurnal Penelitian Sains* Volume 14 Nomer 4(B) 14406. Jakarta. FMIPA Universitas Sriwijaya.
- Darmadji, P., 1996. *Aktivitas Anti Bakteri Asap Cair Yang Diproduksi Dari Berbagai macam – macam Limbah Pertanian*, *Agritech*, Vol 16, No.4, Fakultas Teknologi Pertanian. UGM. Yogyakarta.
- Darmadji, P. 2002. *Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metode Redistilasi*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. UGM. Yogyakarta.
- Djarmiko, B., S. Ketaren, dan S. Tetyahartini. 1985. *Pengolahan Arang dan Kegunaannya*. Bogor. Agro Industri Press.
- Demirbas, A. 2005. *Pyrolysis of Ground Beech Wood in Irregular Heating Rate Conditions*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*.
- Diebold, J, P., dan Czernik, S., 1997. *Additives To Lower and Stabilize the Viscosity of Pyrolysis Oils during Storage*. National Renewable Energy Laboratory, Golden. Colorado. 11, 1081-1091.
- Diji, 2013. *Electricity Production From Biomass In Nigeria: Options, Prospects And Challenges*. Department of Mechanical Engineering, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria
- Fengel, D., dan G. Wegener. 1995. *Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksireaksi*. Diterjemahkan oleh Hardjono Sastrohamidjoyo. Cetakan I, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

- Firdaus. (2009). *Teknik Laboratorium Kimia*. Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Hasanudin Makasar.
- Fretheim, K., P. E. Granum dan Vold. 1980. *Influence of Generation Temperature on The Chemical Composition, Antioxidative Antimicrobial Effects of Wood Smoke*. J. Food Science 45 : 999-1007.
- Gani, A., 2007. *Konversi Sampah Organik Pasar Menjadi Komarasca (Kompos-Arang Aktif-Asap Cair) dan Aplikasinya pada Tanaman Daun Dewa*. Thesis. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Gilbert, J., dan Knowles, M. E. (1975). *The Chemistry of Smoked Foods : a review*. *International Journal of Food Science & Technology*, 10(3), 245–261.
- Girard, J.P., 1992, *Technology of Meat and Meat Products*, Ellis Horwood, New York.
- Gorbatov, V.M., N.N, Krylova, V.P. Volovinskaya, Y.N. Cyaskovkaya, K.I.Bazarova, R.I. Khlamova, and G.Y. Yakavlova. 1971. *Liquid Smoke For Usein Cured Meat*. Food Tech 25: 71-77
- Hardjono. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Yogyakarta : Liberty
- Hartati S., E. Sudarmonowati, W. Fatriasari, Hermiati, E., Dwianto, W., Kaida, R. Baba, K., and Hayashi, T. 2010. *Wood Characteristic of Superior Sengon Collection and Prospect of Wood Properties Improvement through Genetic Engineering*. J of Ind Wood Research Journal, vol. 1 , no. 2, pp 103-106.
- Hendayana. 2006. *Kimia Pemisahan Metode Kromatografi dan Elektroforesis Modern*. Bandung : Remaja Rosdakarya.
- Hidayat, A. 2016. *Karakteristik Distilat Asap Cair Dari Tandan KosongKelapa Sawit Proses Redistilasi the Characteristics of Liquid Smoke Distilat From Oil Palm Empty Fruit Bunches in the Process Redistilled*. 8–14.

- Himawati, E. 2010. *Pengaruh Penambahan Asap Cair Tempurung Kelapa Destilasi dan Redestilasi Terhadap Sifat Kimia, Mikrobiologi, dan Sensoris Ikan Pindang Layang (Decapterus spp) selama penyimpanan*. (Skripsi) Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret.
- Jayanudin dan Suhendi, E. 2012. *Identifikasi Komponen Kimia Asap Cair Tempurung Kelapa dari Wilayah Anyer Banten*. Fakultas Teknik. Universitas Sultan Agung Tirtayasa.
- Karolus, B.R , 2013 *Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung dan Bambu Menggunakan Proses Slow Pyrolysis*. Jurnal. Faklutas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang. Malang
- Komarayati, S., Gusmailina, G., & Efiyanti, L. (2019). *Karakteristik Dan Potensi Pemanfaatan Asap Cair Kayu Trema, Nani, Merbau, Matoa, Dan Kayu Malas*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(3), 219–238
- Luditama, C. 2006. *Isolasi dan Pemurnian Asap Cair Berbahan Dasar Tempurung dan Sabut Kelapa Secara Pirolisis dan Distilasi*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Lombok, J. Z., Setiaji, B., Trisunaryanti, W., Wijaya, K. 2014. *Effect of Pyrolysis Temperature and Distillation on Character of Coconut Shell Liquid Smoke*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Jogjakarta.
- Maga, JA. 1988. *Smoke in Food Processing*, CRC Press-Inc Boca Rotan. Florida. 1-3; 113-138
- Mentari, E. P. 2017. *Pembuatan dan Pengujian Asap Cair dari Tempurung Kelapa dan Tongkol Jagung sebagai Bahan Pengawet Ikan*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Alauddin Makasar. Makasar
- Plantamor, 2019. "*Informasi Spesies(kelapa)*".(Online).(htt://www.plantamor.com. Diakses 3 Oktober 2019
- Plantamor, 2019. "*Informasi Spesies(jagung)*".(Online).(htt://www.plantamor.com. Diakses 3 Oktober 2019

- Plantamor, 2019. "*Informasi Spesies(sengon)*". (Online). (<http://www.plantamor.com>). Diakses 3 Oktober 2019
- Pszczola, D.E. 1995. *Tour Highlight Productions and Use of Smoke Based Plafors Liquid Smoke-Natural Aqueous Condensate of Wood Smoke*, Food Technol, 49 (1): 70-74
- Rahayu, C. 2012. *Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Kandungan Senyawa Total Polifenol dan Flavonoid Madu Palisasa secara Spektrofotometri UV-VIS. Skripsi*. Fakultas Farmasi. Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Ratna, Y., 2008 *Asap Cair Sebagai Bahan Pengawet Alami Pada Produk Daging Dan Ikan*. Edisi pertama. UPN Veteran. Surabaya - Jawa Timur
- Rohmah L. A., N., Darmadji, P., & Pranoto, Y. 2017. *Asap Cair Kayu Sengon sebagai Chelating Agents Logam Timbal (Pb) pada Model Menggunakan Biji Kedelai (Glycine max)*. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 5(1), 42–51. <https://doi.org/10.18196/pt.2017.070.42-51>.
- Rowell, R. M., dan Han, J. S., 2000. *Characterization and Factors Effecting Fiber Properties*, Natural Polymer and Agrofiber Composite, Brasil.
- Sakinah, N., Yusoffa, M., Mel, M., Bazli, W., Ishak, W., & Azmi, A. S. 2017. *Akademia Baru Production of Coconut Shell Liquid Smoke from Pilot Plant of Pyrolysis Process Akademia Baru*. 1(1), 20–25.
- Siswoyo dan Asnawati. 2007. *Analisis Spektrometri*. Universitas Jember.
- Sjostrom, E 1993, *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*, California: Academic Press.
- Sotelo, R.B. Yanyong, L. dan Tomoaki, M. 2011. *Renewable Diesel Production from the hydrotreating of Rapeseed Oil with Pt/Zeolite and NiMo/Al₂O₃ Catalyst*. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 50: 2791-2799.
- Summerscales, Dissanayake, N. Virk, A. S., Hall, W., 2010. *Fibers as Reinforcements*. *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf*. 41, 1329-1335.

Suryanto, H., 2015. *Thermal Degradation of Mendong Fiber. In: 6th International Conference on Green Technology*. Universitas Islam Negri Malang, pp. 306-309.

Sutin. 2008. *Pembuatan Asap Cair Dari Tempurung Dan Sabut Kelapa Secara Pirolisis Serta Fraksinasinya Dengan Ekstraksi*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor

Tranggono, Suhardi, B. Setiadji, P. Darmadji, Supranto dan Sudarmanto. 1996. *Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa*. J. Ilmu dan Teknologi Pangan 1 (2) : 15 – 24.



LAMPIRAN

1. Preparasi Bahan

a. Pembuatan NaOH 0,1 N

$$N = ek \times V$$

$$ek = \frac{N}{V}$$

$$ek = \frac{0,1 \text{ mol} \frac{ek}{L}}{0,5 L}$$

$$ek = 0,2 \text{ mol ek}$$

$$ek = n \times a$$

$$n = \frac{ek}{a}$$

$$n = \frac{0,2 \text{ mol ek}}{1 \text{ ek}}$$

$$n = 0,2 \text{ mol}$$

$$n = \frac{gr}{Mr}$$

$$gr = n \times Mr$$

$$g = 0,2 \text{ mol} \times 40 \frac{gr}{mol}$$

$$gr = 8 \text{ gr}$$

b. Pembuatan Indikator PP

$$\text{Berat volume } 1\% = \frac{\text{gram Indikator PP}}{50 \text{ ml}}$$

$$\begin{aligned} \text{gram indikator PP} &= \frac{1}{100} \times 50 \text{ ml} \\ &= 0,5 \text{ gram} \end{aligned}$$

c. Pembuatan larutan Natrium Karbonat Na_2CO_3 10%

$$\begin{aligned} \text{Berat volume } 10\% &= \frac{\text{gram Na}_2\text{CO}_3}{100 \text{ ml}} \\ \text{gram Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{10}{100} \times 100 \text{ ml} \\ &= 10 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Perhitungan pH

2.1 Pengukuran pH

Tabel 1. Nilai pH dari Asap Cair Hasil Pirolisis (ACP)

Sumber Biomassa	Pengulangan	Nilai pH	Rata-rata nilai pH
Tempurung Kelapa (TK)	1	3,36	3,63
	2	3,80	
	3	3,74	
Kayu Sengon (KS)	1	4,41	4,42
	2	4,43	
	3	4,42	
Tongkol Jagung (TJ)	1	3,59	3,53
	2	3,56	
	3	3,45	

Tabel 2. Nilai pH dari Asap Cair Hasil Redistilasi (ACR)

Sumber Biomassa	Pengulangan	Nilai pH	Rata-rata nilai pH
Tempurung Kelapa (TK)	1	3,58	3,40
	2	3,22	
	3	3,42	
Kayu Sengon (KS)	1	3,47	3,39
	2	3,38	
	3	3,33	
Tongkol Jagung (TJ)	1	3,67	3,36
	2	3,28	
	3	3,14	

2.2 Perhitungan Standar Deviasi (SD)

Rumus Standar Deviasi

	$\sum Xi$	$\sum Xi^2$
	3,59	12,88
	3,56	12,67
	3,45	11,90
Jumlah	10,6	37,46

$(\sum Xi)^2 = 112,36$

$$Sd = \sqrt{\frac{(\sum Xi^2) - \frac{\sum Xi^2}{n}}{n - 1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{112,36 - \frac{37,46}{3}}{2}}$$

$$Sd = 7,06$$

Tabel 3. Standar Deviasi Nilai pH Asap Cair Hasil Pirolisis (ACP)

Sumber Biomassa	Nilai pH	$(\sum Xi^2)$	$\sum Xi$	Standar Deviasi
Tempurung Kelapa (TK)	3,36	118,81	39,72	7,26
	3,80			
	3,74			
Kayu Sengon (KS)	4,41	175,83	58,61	8,84
	4,43			
	4,42			
Tongkol Jagung (TJ)	3,59	112,36	37,46	7,06
	3,56			
	3,45			

Tabel 4. Standar Deviasi Nilai pH Asap Cair Hasil Redistilasi (ACR)

Sumber Biomassa	Nilai pH	$(\sum Xi^2)$	$\sum Xi$	Standar Deviasi
Tempurung Kelapa (TK)	3,58	104,45	34,88	6,81
	3,22			
	3,42			
Kayu Sengon (KS)	3,47	103,63	34,55	6,78
	3,38			
	3,33			
Tongkol Jagung (TJ)	3,67	101,81	34,08	6,72
	3,28			
	3,14			

3. Perhitungan Kadar Asam

3.1 Pengukuran Volume NaOH pada saat titrasi

Tabel 5. Volume NaOH dari Asap Cair Hasil Pirolisis (ACP)

Sumber Biomassa	Pengulangan	Volume NaOH (ml)	Rata-rata volume NaOH (ml)
Tempurung Kelapa (TK)	1	3,5	3,43
	2	3,9	
	3	2,9	
Kayu Sengon (KS)	1	1,7	1,56
	2	1,5	
	3	1,5	
Tongkol Jagung (TJ)	1	2,5	3,00
	2	2,7	
	3	3,8	

Tabel 6. Volume NaOH dari Asap Cair Hasil Redistilasi (ACR)

Sumber Biomassa	Pengulangan	Volume NaOH (ml)	Rata-rata volume NaOH (ml)
Tempurung Kelapa (TK)	1	1,8	1,63
	2	1,6	
	3	1,5	
Kayu Sengon (KS)	1	1,0	1,10
	2	1,2	
	3	1,1	
Tongkol Jagung (TJ)	1	1,9	2,10
	2	2,6	
	3	1,8	

3.2 Perhitungan Standar Deviasi (SD)

a. kadar asam

$$\% \text{ asam} = \frac{V \times N \times BM \times fp}{Bs} \times 100\%$$

$$\% \text{ asam} = \frac{3,5 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0,1 \frac{\text{mol ek}}{\text{L}} \times 60,05 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}}{10 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ asam} = 2,102 \%$$

b. Standar Deviasi

	$\sum Xi$	$\sum Xi^2$
	2,102	4,418
	2,342	5,484
	1,742	3,034
Jumlah	6,186	12,936

$$(\sum Xi)^2 = 38,266$$

$$Sd = \sqrt{\frac{(\sum Xi^2) - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n - 1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{38,266 - \frac{12,936}{3}}{2}}$$

$$Sd = 4,12$$

Tabel 7. Kadar Asam dari Asap Cair Hasil Pirolisis (ACP)

Sumber Biomassa	Konsentrasi (%)	Rata-rata Kadar Asam (%)	Standar Deviasi
Tempurung Kelapa (TK)	2,102	2,062	4,120
	2,342		
	1,742		
Kayu Sengon (KS)	1,021	0,941	1,881
	0,901		
	0,901		
Tongkol Jagung (TJ)	1,501	1,802	3,594
	1,621		
	2,282		

Tabel 8. Kadar Asam dari Asap Cair Hasil Redistilasi (ACR)

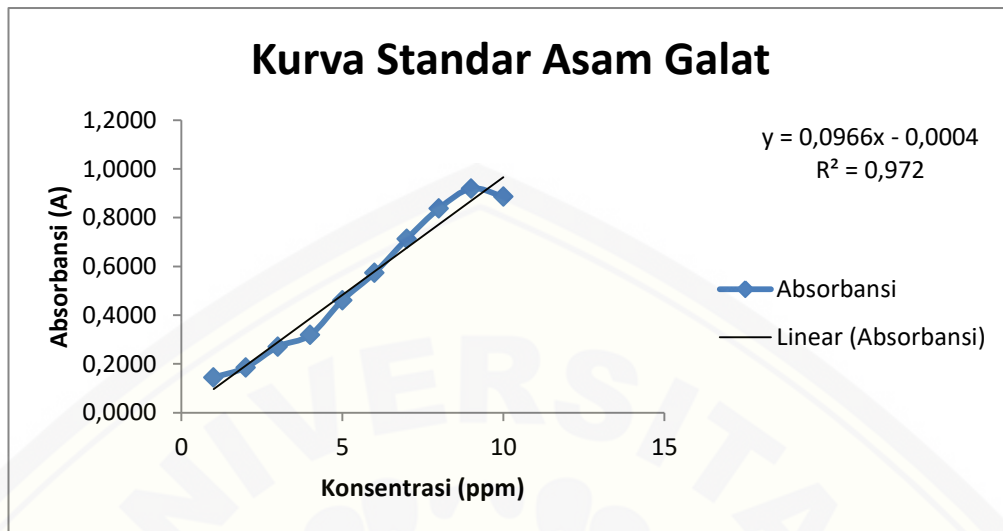
Sumber Biomassa	Konsentrasi (%)	Rata-rata Kadar Asam (%)	Standar Deviasi
Tempurung Kelapa (TK)	1,081	0,98	1,961
	0,961		
	0,901		
Kayu Sengon (KS)	0,601	0,66	1,321
	0,721		
	0,661		
Tongkol Jagung (TJ)	1,141	1,26	2,517
	1,561		
	1,081		

4. Perhitungan Kadar Fenol

4.1 Pembuatan Kurva Standar

Tabel 9. Kurva Standar

Konsentrasi	Absorbansi
1 ppm	0,1443
2 ppm	0,1853
3 ppm	0,2710
4 ppm	0,3187
5 ppm	0,4613
6 ppm	0,5733
7 ppm	0,7127
8 ppm	0,8373
9 ppm	0,9193
10 ppm	0,8860



Regresi dari kurva standar Asam galat

$$y = 0,0966x - 0,0004$$

$$R^2 = 0,972$$

4.2 Pengukuran Absorbansi Sampel dan Standar Deviasi

a. Standar Deviasi

	$\sum Xi$	$\sum Xi^2$
	2,781	7,733
	2,706	7,322
	2,623	6.880
Jumlah	8,110	21.935

$$(\sum Xi)^2 = 65,772$$

$$Sd = \sqrt{\frac{(\sum Xi)^2 - \frac{\sum Xi^2}{n}}{n - 1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{65,772 - \frac{21,935}{3}}{2}}$$

$$Sd = 5,406$$

Tabel 10. Absorbansi dari Asap Cair Hasil Pirolisis (ACP)

Sumber Biomassa	Absorbansi (nm)	Rata-rata Absorbansi (nm)	Standar Deviasi
Tempurung Kelapa (TK)	0,269	0,261	0,554
	0,261		
	0,253		
Kayu Sengon (KS)	0,123	0,123	0,261
	0,129		
	0,118		
Tongkol Jagung (TJ)	0,165	0,173	0,345
	0,171		
	0,183		

Tabel 11. Absorbansi dari Asap Cair Hasil Redistilasi (ACR)

Sumber Biomassa	Absorbansi (nm)	Rata-rata Absorbansi (nm)	Standar Deviasi
Tempurung Kelapa (TK)	0,415	0,429	0,857
	0,471		
	0,401		
Kayu Sengon (KS)	0,498	0,310	0,819
	0,383		
	0,350		
Tongkol Jagung (TJ)	0,498	0,499	0,934
	0,509		
	0,491		

4.3 Perhitungan Konsentrasi Fenol

Rumus Konsentrasi

$$y = mx + c$$

$$x = \frac{y - c}{m}$$

$$x = \frac{0,269 - 0,0004}{0,0966}$$

$$x = 2,781$$

Tabel 12. Konsentrasi dari Asap Cair Hasil Pirolisis (ACP)

Sumber Biomassa	Pengulangan	Konsentrasi	Rata-rata Konsentrasi
Tempurung Kelapa (TK)	1	2,781	2,703
	2	2,706	
	3	2,623	
Kayu Sengon (KS)	1	1,227	1,264
	2	1,339	
	3	1,226	
Tongkol Jagung (TJ)	1	1,712	1,794
	2	1,774	
	3	1,898	

Tabel 13. Konsentrasi dari Asap Cair Hasil Redistilasi (ACR)

Sumber Biomassa	Pengulangan	Konsentrasi	Rata-rata Konsentrasi
Tempurung Kelapa (TK)	1	4,300	4,389
	2	4,714	
	3	4,155	
Kayu Sengon (KS)	1	5,159	4,251
	2	3,969	
	3	3,627	
Tongkol Jagung (TJ)	1	5,159	5,173
	2	5,273	
	3	5,087	

4.4 Perhitungan Kadar Fenol

Rumus Kadar Fenol

$$\% \text{ fenolik} = \frac{V \text{ (ml)} \times C \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \times fp}{BS} \times 100\%$$

$$\% \text{ fenolik} = \frac{10 \text{ ml} \times 2,781 \times 10^{-3} \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \times 100}{100 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\% \text{ fenolik} = 2,781 \%$$

Tabel 14. Kadar Fenol dari Asap Cair Hasil Pirolisis (ACP)

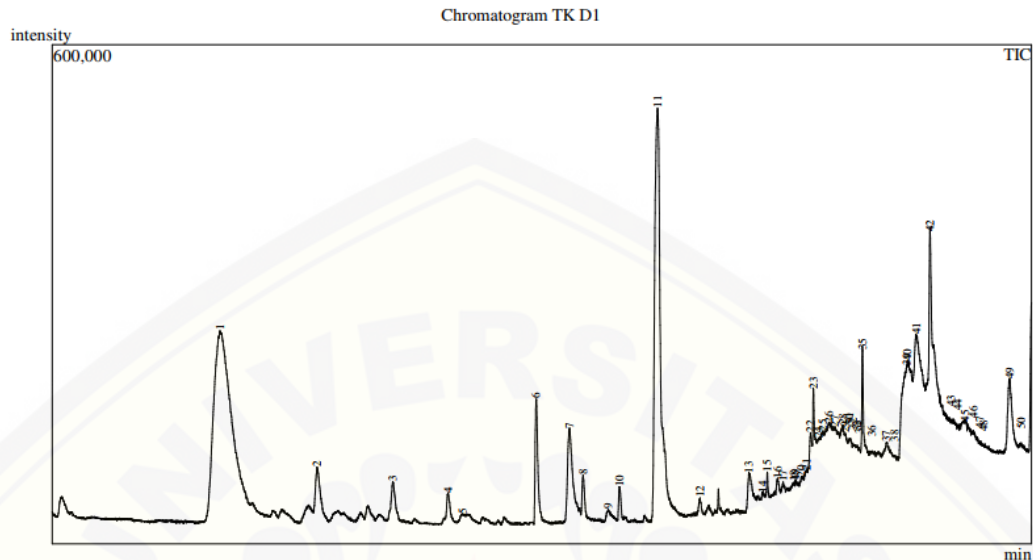
Sumber Biomassa	Pengulangan	Kadar Fenol (%)	Rata-rata Kadar Fenol (%)
Tempurung Kelapa (TK)	1	2,781	2,703
	2	2,706	
	3	2,623	
Kayu Sengon (KS)	1	1,227	1,264
	2	1,339	
	3	1,226	
Tongkol Jagung (TJ)	1	1,712	1,794
	2	1,774	
	3	1,898	

Tabel 15. Kadar Fenol dari Asap Cair Hasil Redistilasi (ACR)

Sumber Biomassa	Pengulangan	Kadar Fenol (%)	Rata-rata Kadar Fenol (%)
Tempurung Kelapa (TK)	1	4,300	4,389
	2	4,714	
	3	4,155	
Kayu Sengon (KS)	1	5,159	4,251
	2	3,969	
	3	3,627	
Tongkol Jagung (TJ)	1	5,159	5,173
	2	5,273	
	3	5,087	

5. Hasil GC-MS dari berbagai biomassa

5.1 Hasil GC-MS ACP TK

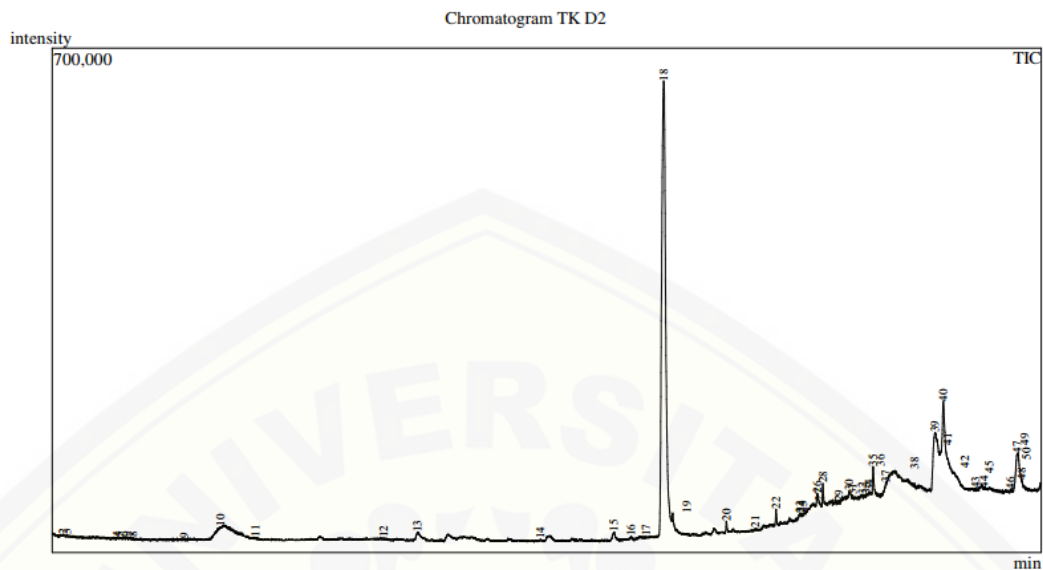


Tabel 16. Senyawa ACP TK

R.time	Area %	Senyawa
13.048	17.41	<i>Phenol (CAS) Izal</i>
17.712	1.13	<i>Phenol,2-methoxy-(CAS)Guaiacol</i>
21.334	0,90	<i>3,3-Dimethyl-Hepta-4,5Dien-2-One</i>
23.993	0,63	<i>Phenol-4-ethyl-2-methoxy-(CAS)p-Ethylguaiacol</i>
24.707	0,49	<i>Nonanoic acid (CAS) Nonoic acid</i>
28.227	1.87	<i>Phenol, 2,6-dimethoxy-(CAS) 2,6 Dimethoxyphenol</i>
29.827	2.71	<i>Dodecanoic acid (CAS) Lauric acid</i>
30.480	0.61	<i>2,5-Dimethoxybenzyl alcohol</i>
31.680	0.37	<i>Butane, 2-methoxy-2,3,3-trimethyl- (CAS) 2-Methoxy-2,3,3-trimethylbutane</i>
32.227	0.50	<i>2-tert-Butyl-4-(hydroxymethyl)-5-formylfuran</i>
34.053	13.96	<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, diethyl ester (CAS) Ethyl phthalate</i>
36.093	0.21	<i>1-Undecene, 9-methyl- (CAS)</i>
38.440	1.07	<i>Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid</i>
39.100	0.34	<i>6,9,12-Octadecatrienoic acid, phenylmethyl ester, (Z,Z,Z)-</i>
39.320	0.48	<i>Silane, [[4-[1,2-bis[(trimethylsilyl)oxy]ethyl]-1,2-phenylene]bis(oxy)]bis[trimethyl- (CAS) 3,4-DIHYDROXYPHENYLGLYCOL-TETRATM</i>
39.807	0.45	<i>4-OXO-.BETA.-ISODAMASCOL</i>
40.073	0.44	<i>2-Undecene, 9-methyl-, (Z)- (CAS)</i>
40.607	0.67	<i>1-Piperazineethanamine (CAS) 1-Aminoethylpiperazine</i>
40.660	0.21	<i>Ethanol, 2-nitro-, propionate (ester) (CAS) 2-Nitroethylpropionate</i>

40.953	0.73	2-Furanol, tetrahydro-2,3-dimethyl-, trans- (CAS) 2-FURANOL, TETRAHYDRO-2,3-DIMETHYL
41.207	0.48	1,1-dimethoxy dodecane
41.393	1.00	1,2-Benzenedicarboxylic acid, dibutyl ester (CAS) Butyl phthalate
41.533	1.50	EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE \$\$ CYCLODECASILOXANE, EICOSAMETHYL-
41.767	1,24	Cyclohexane, eicosyl- (CAS) 1-Cyclohexyleicosane
41.987	1.09	11-BROMO-1,1-DIDEUTERIOUNDECANOL, O- TRIMETHYLSILYL
42.273	2.62	9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) Oleic acid
42.553	1.38	Iron, monocarbonyl-(1,3-butadiene-1,4-dicarboxylic acid, diethyl ester) a,a'-dipyridyl
42.947	2.29	4-METHYL-5-ETHYL-3-HYDROXY-2(5H)- FURANONE
43.060	0.65	2-Thiol Propionitrile
43.233	0.46	PYRROLIDIN-2-CARBONSAEUREAMID, 1- ETHYL-N-(O-TOLYL)-
43.280	0.73	2,5-Furandione (CAS) Maleic anhydride
43.420	0.77	Butanoic acid, 4-hydroxy-2-methylene- (CAS) .ALPHA.-METHYLENE-. GAMMA.- HYDROXYBUTYRIC ACID
43.633	0.56	1-HEXYNE-3-ONE
43.727	0.41	5-Hexenoic acid, methyl ester (CAS) Methyl 5- hexenoate
43.887	2.15	EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE
44.340	1.84	Piperidine, 2,6-dimethyl- (CAS) 2,6- Dimethylpiperidine
45.033	2.08	1-OCTANOL, 2-METHYL-
45.433	0.25	Cyclobutanol (CAS) Cyclobutyl hydroxide
46.007	3.42	TETRACOSAMETHYLCYCLODODECASILOXAN E
46.047	2.77	Iron, monocarbonyl-(1,3-butadiene-1,4-dicarboxylic acid, diethyl ester) a,a'-dipyridy
46.467	7.25	EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE \$\$ CYCLODECASILOXANE, EICOSAMETHYL
47.133	10.69	EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE
48.140	1.98	1,2,3-Propanetriol (CAS) Glycerol
48.460	0.43	1,1,2-Trifluoro-1,2-diphenylethane
48.813	2.27	2(1H)-AZOCINONE, HEXAHYDRO-
49.207	1.02	:CYCLOHEXANOL, 1-(2-NITROPROPYL)- \$
49.527	0.34	3-Pentanol, 3-ethyl- (CAS) 3-Ethyl-3-pentanol
49.687	0.73	2-OXO-PROPIONAMIDE
50.953	2.16	CYCLOTRISILOXANE, 1,3,5-TRIMETHYL-1,3,5- TRIPHENYL-
51.500	0.25	2-Ethylhex-4-en-1-ol

5.2 Hasil GC-MS ACR TK

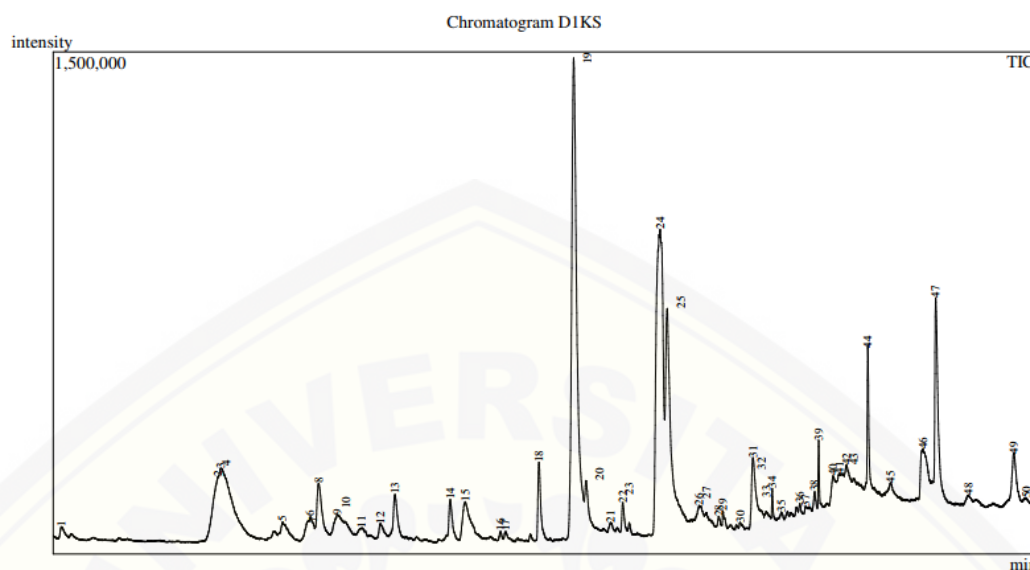


Tabel 17. Senyawa ACR TK

R.time	Area %	Senyawa
5.073	0.09	(+)-1-(Acetoxy)-2-(1-bromoethyl)-3-methoxyanthraquinone
5.520	0.15	1-Allyloxy-1-ethoxyethane
5.700	0.08	Propane, 1-nitro- (CAS) 1-Nitropropane
8.073	0.06	1-(1-phenylsulfonyl-6-trimethylsilylhex-4-enyl)cyclohex-2-en-1-ol
8.207	0.11	[5-methyl-3-bromoxymethyl]isoxazole
8.420	0.08	2,5,7,10-TETRAMETHYL-3-ETHOXYCARBONYL-2,5:7,10-DIEPIOXYBICYCLO(4.4.0**1,6)DECA-3,8-DIENE
8.700	0.11	2,5,7,10-TETRAMETHYL-3-ETHOXYCARBONYL-2,5:7,10-DIEPIOXYBICYCLO(4.4.0**1,6)DECA-3,8-DIENE
8.840	0.07	2,6-DIMETHYL-1,6-OCTANDIOL \$\$ 1,6-Octanediol, 2,6-dimethyl- (CAS) dl-2,6-Dimethyl-1,6-octanediol
11.273	0.07	Ethyl 2-(trimethylsilyl)-2,3-dimethyl-3-butenate
12.993	0.11	1-(4-methyl-4-aza-cyclohexenyl)-2-methoxybenzimidazole
14.653	0.13	[5-methyl-3-bromoxymethyl]isoxazole
20.747	0.07	2-Butanone, 3-hydroxy- (CAS) Acetoin
22.347	0.27	2-Propenal (CAS) Acrolein
28.200	0.06	(+)-(R)-7,7-dimethoxy-6-methylheptan-2-one
31.693	0.21	1,3-Dioxolane, 2-heptyl- (CAS) Octanal, cyclic 1,2-ethanediyl aceta
32.507	0.10	1-(cyclopropylmethyl)-1-t-butylsulfoxide
33.220	0.08	1-methyl-4-phenylpyrrolidin-3,3-dicarbonitrile
34.053	64.23	1,2-BENZOLDICARBONSAEURE, DI-(HEX-1-EN-5-YL-

		<i>ESTER)</i>
34.487	0.40	<i>3,4-DIHYDROXYMANDELIC ACID-TETRATMS</i>
37.033	0.42	<i>10-METHYL-6-TRIMETHYLSILYL-5(Z),9-UNDECADIEN-1-OTMS</i>
38.413	0.07	<i>Pentanoic acid (CAS) Valeric acid</i>
39.387	0.60	<i>SILICATE ANION TETRAMER</i>
40.520	0.16	<i>3-Oxepanemethanol (CAS) 3-HYDROXYMETHYL-1-OXACYCLOHEPTANE</i>
40.593	0.10	<i>2H-Pyrrol-2-one, 1,5-dihydro-1-methyl- (CAS) 1-METHYL-.DELTA.(3)-PYRROLIN-2-ONE</i>
40.680	0.08	<i>N-((15)N-NITRO)-DIMETHYLAMINE</i>
41.347	0.74	<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, dibutyl ester (CAS) Butyl phthalate</i>
41.453	0.07	<i>7-oxabicyclo[2.2.1]heptane-2-methanol, 3-[[[(1,1-dimethylethyl)dimethylsilyl]oxy]methyl]-,(exo,exo)-</i>
41.620	0.69	<i>SILICATE ANION TETRAMER</i>
42.393	0.07	<i>2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural</i>
42.853	0.52	<i>Cyclohexane, 1-isopropyl-1-methyl- (CAS)</i>
43.033	0.07	<i>4H-Pyran-4-one (CAS) 4-Pyrone</i>
43.500	0.24	<i>CIS-CYCLOHEXEN-3,5-DIOL</i>
43.680	0.12	<i>Pentanoic acid, 2-methylbutyl ester (CAS) 2-METHYL BUTYL NOR-PENTANOATE</i>
43.813	0.14	<i>Norconanine, 3.beta.-(methylamino)- (CAS) DIHYDROCONIMINE</i>
44.000	1.38	<i>3,4-DIHYDROXYMANDELIC ACID-TETRATMS</i>
44.353	0.09	<i>2,4,4-Trimethoxybutanenitrile</i>
44.607	0.23	<i>2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural</i>
45.973	0.12	<i>2-[8-Tosyl-12-(tosylamino)-4,8-diazadodecyl]-2-nitrocyclododecanone</i>
46.940	9.27	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXAN</i>
47.340	9.73	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
47.553	1.28	<i>Neomenthylamine</i>
47.713	0.25	<i>BICYCLO [2.2.1] HEPTANE,-5-(ETHYL-1-AMINE)</i>
48.873	0.14	<i>1,1-Dimethoxy-decane</i>
49.280	0.13	<i>L-Proline, ethyl ester (CAS) Proline ethyl ester</i>
49.533	0.25	<i>1,1-Dimethoxy-decane</i>
50.527	0.27	<i>1,1-Dimethoxy-decane</i>
50.853	5.38	<i>CYCLOTRISILOXANE, 1,3,5-TRIMETHYL-1,3,5-TRIPHENYL</i>
51.060	0.51	<i>1-(Pent-4-ynyl)pyrano[3,4-b]indol-3-one</i>
51.213	0.27	<i>1H-Imidazole-4-ethanamine (CAS) Histamine</i>
51.287	0.14	<i>2-Butanol, 3-(1,3-dimethylbutoxy)- (CAS) ETHER, 3-HYDROXY-2-BUTYL 4-METHYL-2-PENTYL</i>

5.3 Hasil GC-MS ACP KS

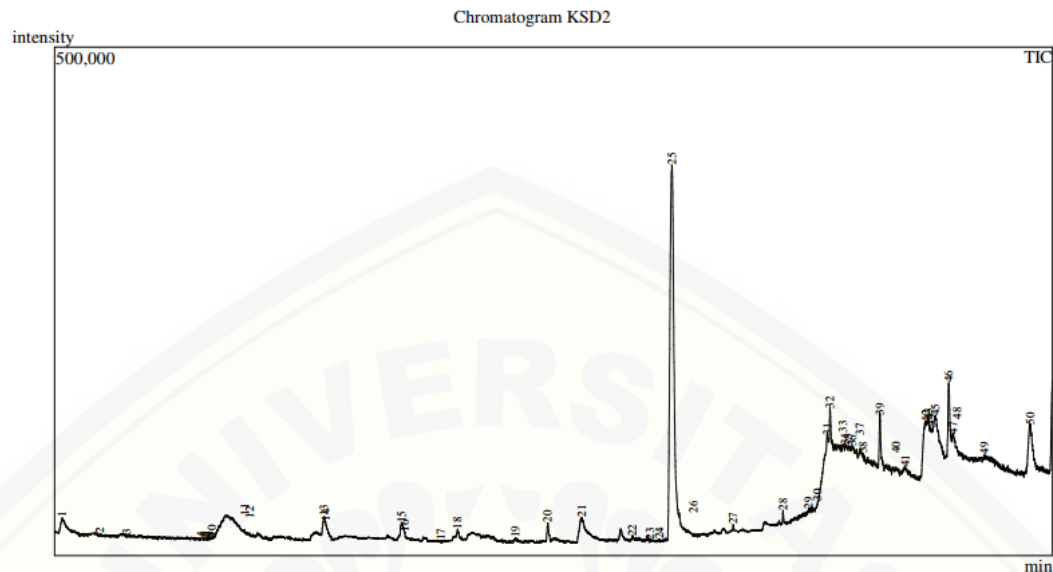


Tabel 18. Senyawa ACP KS

R.time	Area %	Senyawa
5.387	0.26	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural
12.860	2.78	Benzenesulfonic acid, 4-hydroxy- (CAS) Benzenesulfonic acid, p-hydroxy-
13.000	2.61	Benzenesulfonic acid, 4-hydroxy- (CAS) Benzenesulfonic acid, p-hydroxy-
13.267	3.29	2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl- (CAS) 3-Methyl-2-cyclopentenone
15.947	0.39	Phenol, 2-methyl- (CAS) o-Cresol
17.280	0.79	Phenol, 2-methyl- (CAS) o-Cresol
17.413	0.17	2,3-DIAMINO-BUT-2-ENEDINITRILE \$\$ Maleyl-2,3-dicarbonitrile
17.673	1.89	Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol
18.573	1.18	Octanoic acid (CAS) Caprylic acid
18.987	0.49	DIMETHYL-2,3 HEPTENE-3
19.733	0.33	Phenol, 2,6-dimethyl- (CAS) 1-Hydroxy-2,6-dimethylbenzene
20.627	0.56	Phenol, 3,5-dimethyl- (CAS) 3,5-Xylenol
21.320	1.57	2-Methoxy-4-methylphenol
23.960	1.25	2,5-Dimethoxytoluene
24.680	2.21	Decanoic acid (CAS) Capric acid
26.360	0.17	Benzenecarbothioamide (CAS) Thiobenzamide
26.607	0.17	Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate (CAS) Aceteugenol
28.193	2.00	Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol
29.853	21.36	Dodecanoic acid (CAS) Lauric acid

30.447	1.63	<i>2,5-Dimethoxybenzyl alcohol</i>
31.627	0.29	<i>3-Heptanol, 3,6-dimethyl- (CAS) 3,6-Dimethyl-3-heptanol</i>
32.200	0.72	<i>4,8-Ethano-4H-1,3-benzodioxin, hexahydro- (CAS)</i>
32.507	0.19	<i>Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate</i>
33.980	17.85	<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, diethyl ester (CAS) Ethyl phthalate</i>
34.320	10.40	<i>Tetradecanoic acid (CAS) Myristic acid</i>
35.853	0.82	<i>P-T-AMYLPHENOL</i>
36.200	0.32	<i>Ethanol, 2-phenoxy-, benzoate (CAS)</i>
36.780	0.21	<i>Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate</i>
36.987	0.31	<i>Benzeneacetic acid, .alpha.,3,4-tris[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester (CAS) TETRAKISTRIMETHYLSILYL 3,4-DIHYDROXYMAN</i>
37.813	0.22	<i>Isooctanol (CAS) Isooctyl alcoho</i>
38.420	2.88	<i>Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid</i>
38.840	0.25	<i>2-PENTADECYL-4,4,7,7-TETRADEUTERO-1,3-DIOXAPANE</i>
39.047	0.47	<i>Tricyclo[4.3.1.1(3,8)]undecane-3-carboxylic acid (CAS) 3-HOMOADAMANTANE-CARBOXYLIC ACID</i>
39.340	0.39	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
39.767	0.22	<i>2-Nonen-1-ol, (E)- (CAS) trans-2-Nonenol</i>
40.653	0.18	<i>Eicosenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL EICOSENOATE</i>
40.927	0.24	<i>13-Docosenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL 13-DOCOSENOATE</i>
41.360	0.35	<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, dibutyl ester (CAS) Butyl phthalate</i>
41.553	0.68	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
42.240	0.93	<i>9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) Oleic acid</i>
42.553	1.08	<i>1H-Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)</i>
42.887	1.18	<i>Cyclohexene, 1-(1,1-dimethylethoxy)-3-methyl- (CAS) 3-METHYL-1-T-BUTOXYCYCLOHEXENE</i>
43.253	0.18	<i>1H-Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)</i>
43.907	2.10	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
44.987	0.54	<i>Docosanoic acid (CAS) Behenic acid</i>
46.533	3.05	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
47.147	6.07	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
48.713	0.30	<i>1,2-Cyclohexanediol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)- (CAS) 3,1-HYDROXYISOCARVOMENTHOL</i>
50.873	2.30	<i>CYCLOTRISILOXANE, 1,3,5-TRIMETHYL-1,3,5-TRIPHENYL-</i>
51.493	0.19	<i>(R)-(-)-(Z)-14-Methyl-8-hexadecen-1-o</i>

5.4 Hasil GC-MS ACR KS



Tabel 19. Senyawa ACR KS

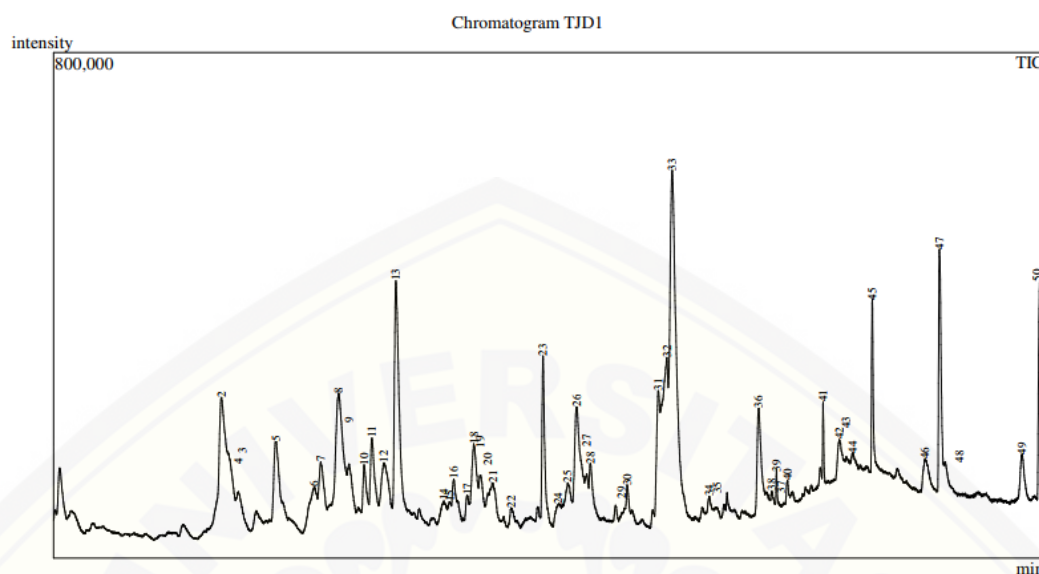
R.time	Area %	Senyawa
5.347	0.26	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural
7.133	0.04	1,3-Dioxolane (CAS) 1,3-Dioxolan
8.393	0.04	2,2-Dichloro-3,3-dimethyl-4-(2-methylpropenyl)cyclobutanone
11.900	0.09	3-acetoxy-1,2,4-trioxolane
12.047	0.08	3-acetoxy-1,2,4-trioxolane
12.153	0.06	3-acetoxy-1,2,4-trioxolane
12.193	0.09	3-acetoxy-1,2,4-trioxolane
12.300	0.02	5-{ 5'-O-[(t-Butyl)dimethylsilyl]-2',3'-O-isopropylidene-.beta.-D-ribofuranosyl}-6-(diacetylamino)-3-methylpyrazin-2-yl acetate
12.333	0.03	Isomer mixture of 6-Desoxy-1,2-O-isopropylidene-6-(trimethylsilyl)-.alpha.-D-glucofuranose and -.beta.-L-idofuranose
12.407	0.04	5-{ 5'-O-[(t-Butyl)dimethylsilyl]-2',3'-O-isopropylidene-.beta.-D-ribofuranosyl}-6-(diacetylamino)-3-methylpyrazin-2-yl acetate
13.953	0.02	Propane, 2,2-difluoro- (CAS) 2,2-Difluoropropane
14.187	0.03	SILANOL, TERT-BUTYLDIMETHYL
17.687	0.85	Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol
17.760	0.14	4,5-Difluorooctane isomer
21.347	0.93	2-methoxy-4-methyl-phenol
21.500	0.16	(E)-3-Methyl-2-hexen-4-ynamide
23.180	0.06	2,3-bis(trimethylsiloxy)-2-(4'-chlorophenyl)-3-(4'-methylphenyl)butane
23.973	0.26	2-CYANO-5,5-DIMETHYL-3-OXO-1-PYRROLINE 1-

		<i>OXIDE</i>
26.707	0.22	(2 <i>S</i> ,3 <i>S</i>)-2,3-Epoxy-1-hexanol \$\$ Oxiranemethanol, 3-propyl-, (2 <i>S</i> -trans)- (CAS) (2 <i>S</i> -trans)-3-Propyloxiranemethanol
28.227	0.88	Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol
29.820	1.28	5-METHYLHEXANOIC ACID
32.207	0.16	1-phenylthio-1-(<i>t</i> -butyldimethylsilyl)pentane
33.040	0.05	(<i>E</i>)-2-[5-(<i>tert</i> -butyldimethylsiloxy)-2-pentenyl]-4,4,5,5-tetramethyl-2-bora-1,3-dioxolane
33.500	0.04	(<i>E</i>)-2-[5-(<i>tert</i> -butyldimethylsiloxy)-2-pentenyl]-4,4,5,5-tetramethyl-2-bora-1,3-dioxolane
34.073	43.65	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diethyl ester (CAS) Ethyl phthalate
34.427	0.09	1,3-Propanediol, 2,2-dimethyl- (CAS) Neopentandiol
36.960	0.17	BIS-TRIMETHYLSILYLESTER OF DIBROMOMALONIC ACID
39.307	0.35	BIS-TRIMETHYLSILYLESTER OF DIBROMOMALONIC ACID
40.513	0.09	3-METHYL-5-PYRAZOLONE-1-D1
40.940	0.05	Cyclohexane, 1-bromo-3-methyl- (CAS) 1-METHYL-3-BROMOCYCLOHEXANE
41.400	4.82	1,2-Benzenedicarboxylic acid, dibutyl ester (CAS) Butyl phthalate
41.527	2.66	EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE
42.120	0.37	1 <i>H</i> -Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)
42.240	0.47	Pentanoic acid, 2-methylbutyl ester (CAS) 2-METHYL BUTYL NOR-PENTANOATE
42.373	0.34	1.ALPHA.-METHYLAMINO-4,4'-DIMETHYL-5.ALPHA.-CHOLESTANE
42.573	1.09	SILIKONFETT SE30 (GREVELS)
42.933	0.50	1 <i>H</i> -1,2,4-Triazol-3-amine, <i>N</i> -methyl- (CAS) 3-Methylamino-1,2,4-triazole
43.080	0.11	Cyclobutane, 2-hexyl-1,1,4-trimethyl- (CAS)
43.873	2.49	Benzeneacetic acid, .alpha.,3,4-tris[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester (CAS) TETRAKISTRIMETHYLSILYL 3,4-DIHYDROXYMAN
44.627	0.42	1,1'-Bicyclohexyl-1,1'-diol
45.067	0.54	1,7-Dioxaspiro[5.5]undec-2-ene
46.027	5.57	1 <i>H</i> -Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)
46.133	3.63	1 <i>H</i> -Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)
46.227	0.94	:5-BENZOYL-4-AMINO-3-(2- <i>N</i> -PYRROLIDINYLETHYLTHIO)THIENO[3,2- <i>D</i>]ISOTHIAZOLE
46.473	11.68	EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE
47.113	5.17	EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE
47.327	2.28	(1-Methylbenzimidazol-2- <i>y</i>)diphenylphosphine

47.507	0.26	<i>2-AMINO-4-HYDROXY-BUTYRIC ACID</i> \$\$ <i>HOMOSERINE</i>
48.787	0.72	<i>3-Hexen-1-ol, benzoate, (Z)- (CAS) cis-3-Hexenyl benzoate</i>
50.953	5.70	<i>CYCLOTRISILOXANE, 1,3,5-TRIMETHYL-1,3,5- TRIPHENY</i>



5.5 Hasil GC-MS ACP TJ

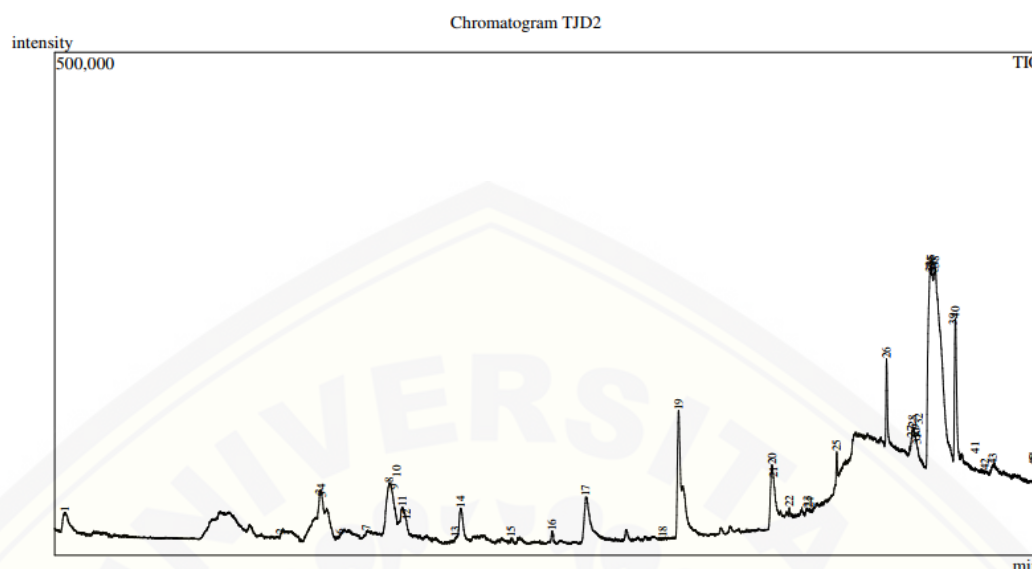


Tabel 20. Senyawa ACP TJ

R.time	Area %	Senyawa
5.287	1.29	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural
12.973	5.65	2(3H)-Furanone, dihydro- (CAS) Butyrolactone
13.320	2.30	2(5H)-FURANONE
13.773	1.43	2,5-Furandione, 3-methyl- (CAS) Citraconic anhydride
15.553	2.01	2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl- (CAS) Corylon
17.373	1.71	Phenol, 2-methyl- (CAS) o-Cresol
17.680	2.07	Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol
18.527	6.71	2-Furanmethanol, tetrahydro- (CAS) Tetrahydrofurfuryl alcohol
19.027	1.65	DIMETHYL-2,3 HEPTENE-3
19.740	1.21	2H-Pyran-2-one, tetrahydro- (CAS) 5-Valerolactone
20.107	2.09	4H-Pyran-4-one, 3-hydroxy-2-methyl- (CAS) Maltol
20.680	2.27	Phenol, 3-ethyl- (CAS) m-Ethylphenol
21.247	6.43	Cyclopropyl carbinol
23.520	0.85	CYCLOBUTANESPIRO-6-(2,3-DIAZABICYCLO[3.1.0]HEX-2-ENE)-4-
23.807	0.47	2,5-Hexanediol (CAS) Diisopropanol
23.993	1.14	2,5-Dimethoxytoluene
24.633	0.71	2-Hexene (CAS) HEX-2-ENE
24.940	2.63	Oxirane, (1,1-dimethylbutyl)- (CAS) 1,2-EPOXY-3,3-DIMETHYLHEXANE
25.247	1.31	1,5-Hexadiene-3,4-diol, 2,5-dimethyl- (CAS) 2,5-DIMETHYLHEX-1,5-DIENE-3,4-DIOL
25.607	1.00	5-HYDROXYMETHYL-DIHYDRO-FURAN-2-ONE
25.847	1.24	3-Penten-2-one, 3-(2-furanyl)- (CAS)
26.720	0.35	1-Decanol (CAS) Decyl alcohol

28.227	2.85	<i>Phenol, 2,6-dimethoxy-</i> (CAS) <i>2,6-Dimethoxyphenol</i>
28.940	0.92	<i>Tetradecanoic acid</i> (CAS) <i>Myristic acid</i>
29.400	1.48	<i>Butanal, 3-hydroxy-</i> (CAS) <i>3-HYDROXYBUTANAL</i>
29.827	4.40	<i>Dodecanoic acid</i> (CAS) <i>Lauric acid</i>
30.307	0.92	<i>Benzaldehyde, 4-hydroxy-3-methoxy-</i> (CAS) <i>Vanillin</i>
30.480	1.29	<i>2,5-Dimethoxybenzyl alcohol</i>
31.953	0.34	<i>Acetic acid, pentyl ester</i> (CAS) <i>n-Amyl acetate</i>
32.227	0.67	<i>Methyl chrysanthemate</i>
33.700	2.64	<i>1,2-BENZOLDICARBONSAEURE, DI-(HEX-1-EN-5-YL-ESTER)</i>
34.107	5.93	<i>1,2-Benzenedicarboxylic acid, diethyl ester</i> (CAS) <i>Ethyl phthalate</i>
34.360	13.89	<i>1,6-ANHYDRO-BETA-D-GLUCOPYRANOSE (LEVOGLUCOSAN)</i>
36.120	0.59	<i>5-Hexen-2-one</i> (CAS) <i>Allylacetone</i>
36.487	0.31	<i>2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-</i> (CAS) <i>5-Decanolide</i>
38.467	2.77	<i>9-Octadecenoic acid (Z)-</i> (CAS) <i>Oleic acid</i>
38.873	0.37	<i>Cyclohexaneethanamine, N,.alpha.-dimethyl-</i> (CAS) <i>Cyclohexaneethanamine, N,.alpha.-dimethyl-</i> (CAS) <i>Obesin</i>
39.087	0.29	<i>3-Dodecen-1-yne, (E)-</i> (CAS)
39.307	0.27	<i>3,4-DIHYDROXYMANDELIC ACID-TETRATMS</i>
39.833	0.31	<i>4-OXO-.BETA.-ISODAMASCOL</i>
41.520	0.54	<i>Benzeneacetic acid, .alpha.,3,4-tris[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester</i> (CAS) <i>TETRAKISTRIMETHYLSILYL 3,4-DIHYDROXYMAN</i>
42.287	1.07	<i>9-Octadecenoic acid (Z)-</i> (CAS) <i>Oleic acid</i>
42.620	0.38	<i>1-(5-HEXENYL)-2-METHYLENE-1-TRIMETHYLSILYL-CYCLOPROPANE</i>
42.920	0.51	<i>Cyclohexanepropanoic acid</i> (CAS) <i>3-Cyclohexylpropionic acid</i>
43.853	1.81	<i>Benzeneacetic acid, .alpha.,3,4-tris[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester</i> (CAS) <i>TETRAKISTRIMETHYLSILYL 3,4-DIHYDROXYMAN</i>
46.347	1.07	<i>Benzeneacetic acid, .alpha.,3,4-tris[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester</i> (CAS) <i>TETRAKISTRIMETHYLSILYL 3,4-DIHYDROXYMAN</i>
47.040	3.59	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
47.327	0.49	<i>CYCLOTRISILOXANE, 1,3,5-TRIMETHYL-1,3,5-TRIPHENYL-</i>
50.967	1.24	<i>CYCLOTRISILOXANE, 1,3,5-TRIMETHYL-1,3,5-TRIPHENYL</i>
51.813	2.54	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>

5.6 Hasil GC-MS ACR TJ



Tabel 21. Senyawa ACR TJ

R.time	Area %	Senyawa
5.480	0.85	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural
15.520	0.12	1-(Pent-4-ynyl)pyrano[3,4-b]indol-3-one
17.360	0.57	4,11-epoxy-cis-eudesmane
17.433	0.89	Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol
17.493	0.53	Ethanedioyl dichloride (CAS) Oxalyl chloride
18.327	0.12	3,4-Dimethoxy-1-butene
19.553	0.19	Ethylamine, 2-methoxy-
20.620	5.08	Phenol, 2-ethyl- (CAS) o-Ethylphenol
20.847	0.31	2-Butanol, 3-methyl- (CAS) 3-Methyl-2-butanol
20.967	0.45	(6R*,2E,4E)-8-hydroxy--6-methylocta-2,4-dienoic acid
21.240	1.38	2,3,4,5-TETRAMETHYL-2-CYCLOPENTEN-1-ONE B
21.420	0.13	Propane, 2,2-difluoro- (CAS) 2,2-Difluoropropane
23.700	0.22	(-)-(S)-4-CHLORO-2-METHYLBUTANOL
23.947	2.27	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy- (CAS) p-Ethylguaiacol
26.307	0.15	Propane, 2-bromo-1-chloro- (CAS) 1-Chloro-2-bromopropane
28.220	0.31	2,4-Dinitrodiphenylsulphone
29.787	2.93	Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid
33.380	0.12	2-Propenoic acid, ethyl ester (CAS) Ethyl acrylate
34.113	5.60	1,2-BENZOLDICARBONSAEURE, DI-(HEX-1-EN-5-YL-ESTER)
38.487	3.23	Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid
38.553	1.31	2-OCTADEC-1''-ENYLOXY-1,1,2,2-TETRADEUTERO ETHANOL
39.287	0.29	Trimethyl[1-(1-methylethen)cyclopropyl]silane
40.133	0.28	N-((15)N-NITRO)-DIMETHYLAMINE

40.247	0.13	<i>Pulegone</i>
41.500	0.08	<i>3,4-DIHYDROXYMANDELIC ACID-TETRATMS</i>
43.827	2.63	<i>Benzeneacetic acid, .alpha.,3,4-tris[(trimethylsilyl)oxy]-, trimethylsilyl ester (CAS) TETRAKISTRIMETHYLSILYL 3,4-DIHYDROXYMAN</i>
44.980	0.45	<i>Ethanol, 2-[(2-aminoethyl)amino]- (CAS) HYDROXYETHYL-ETHYLENEDIAMINE</i>
45.047	1.68	<i>:Pentanoic acid, 2-methyl-, 1-methylpropyl ester (CAS) sec-Butyl 2-methylpentanoate</i>
45.167	0.26	<i>Propanenitrile, 3-ethoxy- (CAS) 3-Ethoxypropionitrile</i>
45.207	0.30	<i>3-BENZOYL-2-TERT-BUTYL-4-ISOPROPYL-4-METHYL-OXAZOLIDIN-5-ONE</i>
45.247	0.13	<i>1,3-Butadiene (CAS) Divinyl</i>
45.313	0.18	<i>:2-Cyclohexen-1-one (CAS) 2-Cyclohexenone</i>
45.840	10.71	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
45.887	2.16	<i>Iron, monocarbonyl-(1,3-butadiene-1,4-dicarboxic acid, diethyl ester) a,a'-dipyridyl</i>
45.913	2.69	<i>Mandelic acid ditbdms</i>
45.960	3.65	<i>TETRACOSAMETHYLCYCLODODECASILOXANE</i>
46.060	7.22	<i>3,5-DIHYDROXYBENZOIC ACID 3TMS</i>
46.093	14.10	<i>1H-Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)</i>
46.293	10.30	<i>1-(Tetrafluoroethylidene)-1-[(tetrabutyltrimethylsilyl)oxy]hexane</i>
47.033	6.98	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
47.333	0.29	<i>Benzene, (1-methylheptadecyl)- (CAS) 2-PHENYLOCTADECANE</i>
48.413	0.13	<i>1,1-Dimethoxy-decane</i>
48.780	0.12	<i>3H-Pyrazol-3-one, 2,4-dihydro-5-methyl- (CAS) 3-Methyl-5-pyrazolone</i>
50.980	0.23	<i>1H-Imidazole-2-carboxaldehyde (CAS) 2-Formylimidazole</i>
51.047	0.12	<i>cis-2,9-Diazabicyclo[4.4.0]decane</i>
51.373	0.27	<i>1,1-Dimethoxy-decane</i>
51.513	0.31	<i>Butanoic acid, 3-methyl-, 3-methyl-3-butenyl ester (CAS) 3-METHYL-3-BUTENYL ISOVALERATE</i>
51.673	0.12	<i>5-Heptenal, 2,6-dimethyl- (CAS) Melonal</i>
51.827	4.43	<i>EICOSAMETHYLCYCLODECASILOXANE</i>
51.860	2.42	<i>1H-Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)</i>