



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SINTESIS ADITIF DARI MINYAK JARAK MELALUI  
PROSES PIROLISIS UNTUK MENINGKATKAN KINERJA  
KEROSENE DALAM EKSTRAKSI ASPAL BUTON**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik**

**ANTONI STEFAN**

**0806332774**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
KEKHUSUSAN TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JANUARI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Antoni Stefan**  
**NPM : 0806332774**  
**Tanda Tangan :**  
**Tanggal : 12 Januari 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Antoni Stefan

NPM : 0806332774

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Skripsi : “Sintesis Aditif Dari Minyak Jarak Melalui Proses Pirolisis Untuk Meningkatkan Kinerja Kerosene Dalam Ekstraksi Aspal Buton”

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M.Eng (.....)

Penguji : Dr. Ir. Setiadi, M.Eng (.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Slamet, MT (.....)

Penguji : Dr. Ing. Donni Adinata, ST, M.Eng.Sc (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 20 Januari 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus, karena atas rahmat dan bimbingan-Nya Penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Makalah yang berjudul **“Sintesis Aditif dari Minyak Jarak melalui Proses Pirolisis untuk Meningkatkan Kinerja Kerosene dalam Ekstraksi Aspal Buton”** ini merupakan laporan penelitian yang dibuat dan diajukan untuk memenuhi tugas skripsi.

Pada penyusunan makalah skripsi ini, Penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Secara khusus penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M. Eng. selaku pembimbing yang bersedia membimbing dan memberi arahan kepada Penulis dalam menyelesaikan makalah ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia.
- (2) Prof. Dr. Ir. Mohammad Nasikin, M.Eng selaku dosen mata kuliah Metode Penelitian, yang telah membuka wawasan Penulis mengenai bagaimana menyusun sebuah karya tulis yang baik.
- (3) Kedua orang tua Penulis, yang selalu memberi semangat dan dukungan.
- (4) Teman-teman satu kelompok penelitian yang selama penyusunan seminar saling mengingatkan dan memberi semangat.
- (5) Serta kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa makalah ini masih belum sempurna, kritik dan saran yang membangun selalu penulis harapkan agar dapat menyempurnakan tulisan ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Depok, 2 Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Antoni Stefan  
NPM : 0806332774  
Program Studi : Teknik Kimia  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty – Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Sintesis Aditif dari Minyak Jarak melalui Proses Pirolisis untuk Meningkatkan Kinerja Kerosene dalam Ekstraksi Aspal Buton”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 19 Januari 2012

Yang menyatakan

(Antoni Stefan)

## ABSTRAK

Nama : Antoni Stefan  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Sintesis Aditif dari Minyak Jarak melalui Proses Pirolisis untuk Meningkatkan Kinerja Kerosene dalam Ekstraksi Aspal Buton

Konsumsi aspal Nasional Indonesia sangat tinggi dan pemenuhannya memerlukan import aspal minyak dari luar negeri, padahal kebutuhan ini bisa dipenuhi seluruhnya oleh cadangan aspal alam Indonesia di Buton. Teknologi paling ekonomis dalam ekstraksi Aspal Buton sekarang ini adalah dengan menggunakan kerosene sebagai pelarut, tetapi kemampuan ekstraksi kerosene masih lebih rendah dari pelarut komersil dan titik bakar kerosene terlalu rendah sehingga dapat terbakar dalam proses separasi pelarut dari residu batuan aspal. Pada penelitian ini akan disintesis aditif, yaitu hidrokarbon hasil pirolisis minyak jarak, untuk meningkatkan kinerja dari pelarut kerosene. Setiap penambahan aditif pada kerosene sebesar 2,5% persen massa mampu meningkatkan kemampuan ekstraksi pelarut kerosene sebesar 1,72 % aspal terekstraksi serta menaikkan titik bakar dari kerosene sebesar 0,75°C.

Kata Kunci : Aspal Buton, Ekstraksi, Kerosene, Minyak Jarak, Pelarut, Pirolisis.

## ABSTRACT

Name : Antoni Stefan  
Major : Chemical Engineering  
Title : Synthesis of Additive from *Jatropha Curcas* Oil through Pyrolysis Process to Enhance the Performance of Kerosene in Buton Asphalt Extraction

Indonesia's national asphalt consumption is very high and is fulfilled by imported oil asphalt from abroad, even though the demand can be fulfilled by Indonesia's natural asphalt reserve in Buton. The most economic technology in extracting Buton Asphalt right now is by using kerosene as solvent but its performance in asphalt extraction is still lower than the commercial solvent and its flash point is too low thus it can burn in the separation process of solvent from Buton stone residues. In this research will be synthesized additive, which is hydrocarbon from pyrolysis of *Jatropha Curcas* Oil, to enhance the performance of kerosene solvent. For every 2,5% weight additive added into kerosene, its performance in asphalt extraction is enhanced by 1,72% asphalt extracted and its flash point is raised by 0,75°C.

Key Word : Buton Asphalt, Extraction, Kerosene, *Jatropha Curcas* Oil, Solvent, Pyrolysis.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.2.1 Rumusan Masalah.....	3
1.2.2 Pendekatan.....	4
1.2.3 Hipotesis .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Aspal Alam, Buton .....	6
2.2 Sistem Ekstraksi Aspal Alam .....	8
2.3 Kerosene.....	10
2.4 Minyak Jarak .....	11
2.5 Pirolisis.....	13
2.6 Perbandingan Hasil Pirolisis dari Berbagai jenis Minyak .....	14
2.7 FTIR.....	16
BAB III METODE PENELITIAN .....	21



3.1	Variabel Bebas dan Variabel Terikat Penelitian .....	22
3.2	Alat dan Bahan .....	22
3.3	Prosedur Penelitian .....	23
3.3.1	Tahap Persiapan Bahan .....	23
3.3.2	Tahap Persiapan Peralatan.....	23
3.3.3	Proses Pirolisis .....	25
3.3.4	Proses Ekstraksi Aspal dengan Pelarut komersil.....	25
3.3.5	Proses Ekstraksi Aspal dari Batuan Aspal dengan Pelarut Kerosene Murni.....	26
3.3.6	Proses Ekstraksi Aspal dari Batuan Aspal dengan Pelarut Kerosene Beraditif 2,5% .....	26
3.3.7	Proses Ekstraksi Aspal dari Batuan Aspal dengan Pelarut Kerosene Beraditif 5% .....	27
3.3.8	Proses Ekstraksi Aspal dari Batuan Aspal dengan Pelarut Kerosene Beraditif 10% .....	28
3.3.9	Uji FTIR .....	28
3.3.10	Uji Titik Bakar .....	28
3.3.11	Uji Densitas Minyak Jarak dan Aditif Murni .....	28
3.3.12	Uji Viskositas.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		30
4.1	Analisis Perbandingan Pelarut terhadap Batuan Aspal.....	30
4.2	Analisis Hasil FTIR .....	31
4.2.1	Minyak Jarak.....	31
4.2.2	Aditif Murni.....	33
4.2.3	Kerosene Murni .....	34
4.2.4	Kerosene dengan Aditif 2,5%, 5%, dan 10% .....	36
4.3	Analisis Karakteristik Aditif terhadap Minyak Jarak .....	39
4.4	Analisis Kemampuan Ekstraksi Pelarut Beraditif .....	41
4.5	Analisis Titik Bakar Pelarut .....	43
4.6	Analisis Viskositas.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		45
5.1	Kesimpulan.....	45

5.2	Saran .....	45
	DAFTAR PUSTAKA .....	46
	LAMPIRAN A .....	47
	LAMPIRAN B.....	52



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Rheology dari Aspal Buton, Indonesia .....	7
Tabel 2.2 Sifat dari Aspal Alam Lawele dan Kabungka hasil Ekstraksi .....	7
Tabel 2.3 Sifat-sifat Senyawa Penyusun Bitumen Aspal Alam .....	8
Tabel 2.4 Komposisi Kimia dari Aspal Lawele dan Kabungka .....	8
Tabel 2.5 Sifat-sifat Fisis dari Kerosene .....	11
Tabel 2.6 Sifat Fisika dan Kimia dari Minyak Jarak .....	12
Tabel 2.7 Komposisi Asam Lemak dari Minyak Jarak [%] .....	12
Tabel 2.8 Komposisi TAG dari Minyak Jarak .....	13
Tabel 2.9 Komponen Asam Lemak dari Minyak Babassu, Piqui, dan Palm .....	15
Tabel 2.10 Komponen Hasil Pirolisis dari Minyak Babassu, Piqui, dan Palm .....	15
Tabel 2.11 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa <i>Aliphatic</i> Jenuh .....	17
Tabel 2.12 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa <i>Olefinic</i> .....	18
Tabel 2.13 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa Cincin Aromatik .....	18
Tabel 2.14 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa <i>Acetylenic</i> .....	19
Tabel 2.15 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa Alkohol dan Hidroksi .....	19
Tabel 2.16 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa Eter dan Oxy .....	20
Tabel 2.17 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa Karbonil .....	20
Tabel 4.1 Persentase Aspal Terekstrak terhadap Variasi Jumlah Pelarut Komersil .....	30
Tabel 4.2 Hasil Analisis FTIR dari Minyak Jarak .....	33
Tabel 4.3 Hasil Analisis FTIR dari Aditif Murni .....	34
Tabel 4.4 Hasil Analisis FTIR dari Kerosene Murni .....	35
Tabel 4.5 Absorbansi dari Setiap Konsentrasi Pelarut Beraditif .....	39
Tabel 4.6 Perbandingan Absorbansi Minyak Jarak dan Aditif .....	40
Tabel 4.7 Densitas Minyak Jarak dan Aditif Murni .....	40
Tabel 4.8 Kemampuan Ekstraksi dari Pelarut Beraditif .....	41
Tabel 4.9 Absorbansi dari Setiap Konsentrasi Pelarut Beraditif .....	42
Tabel 4.10 Titik Bakar Pelarut .....	43
Tabel 4.11 Viskositas Pelarut terhadap Variasi Aditif dalam Pelarut .....	44

Tabel A.1 Data untuk Perhitungan Densitas Minyak Jarak dan Aditif Murni .....	47
Tabel A.2 Densitas dari Minyak Jarak dan Aditif Murni .....	47
Tabel A.3 Kontanta Karakteristik C dari Viskometer .....	47
Tabel A.4 Data dan Perhitungan dari Viskositas Masing-Masing Pelarut .....	48
Tabel A.5 Rata-rata Peningkatan Viskositas terhadap Komposisi Aditif dalam Pelarut .....	48
Tabel A.6 Titik Bakar Pelarut .....	48
Tabel A.7 Rata-rata Peningkatan Titik Bakar Pelarut terhadap Komposisi Aditif	49
Tabel A.8 Data dan Perhitungan dari Persentase Aspal Terekstrak oleh Variasi Jumlah Pelarut Komersil .....	49
Tabel A.9 Persentase Aspal Terekstrak terhadap Variasi Jumlah Pelarut Komersil .....	50
Tabel A.10 Rata-rata Peningkatan Jumlah Aspal Terekstraksi terhadap Peningkatan Pelarut .....	50
Tabel A.11 Data dan Perhitungan dari Persentase Aspal Terekstrak oleh Variasi Jumlah Aditif dalam Pelarut .....	50
Tabel A.12 Persentase Aspal Terekstrak terhadap Variasi Jumlah Aditif dalam Pelarut Kerosene .....	51
Tabel A.13 Rata-rata Peningkatan Jumlah Aspal Terekstraksi terhadap Komposisi Aditif .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerosene.....	10
Gambar 2.2 Tanaman Jarak Pagar ( <i>Jatropha Curcas L.</i> ).....	11
Gambar 2.3 Reaktor Pirolisis (Lima et al., 2004).....	14
Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Skema Sistem Alat Pirolisis.....	24
Gambar 3.3 Skema Sistem Alat Ekstraksi.....	24
Gambar 3.4 Skema Sistem Alat Separasi.....	24
Gambar 4.1 Absorbansi dari Minyak Jarak Hasil Uji FTIR.....	31
Gambar 4.2 Absorbansi dari Aditif Murni Hasil Uji FTIR.....	33
Gambar 4.3 Absorbansi dari Kerosene Hasil Uji FTIR.....	35
Gambar 4.4 Absorbansi dari Campuran Aditif 2,5% dalam Kerosene.....	36
Gambar 4.5 Absorbansi dari Campuran Aditif 5% dalam Kerosene.....	37
Gambar 4.6 Absorbansi dari Campuran Aditif 10% dalam Kerosene.....	38
Gambar B.1 % Transmittansi dari Minyak Jarak Hasil Uji FTIR.....	52
Gambar B.2 % Transmittansi dari Aditif Murni Hasil Uji FTIR.....	53
Gambar B.3 % Transmittansi dari Kerosene Murni Hasil Uji FTIR.....	54
Gambar B.4 % Transmittansi dari Pelarut Beraditif 2,5% Hasil Uji FTIR.....	55
Gambar B.5 % Transmittansi dari Pelarut Beraditif 5% Hasil Uji FTIR.....	56
Gambar B.6 % Transmittansi dari Pelarut Beraditif 10% Hasil Uji FTIR.....	57

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Penggunaan aspal di dunia sangatlah besar terutama di Negara-Negara berkembang untuk pembangunan infrastruktur seperti pembangunan dan perbaikan jalan. Di Indonesia, konsumsi Aspal Nasional saat ini mencapai 1,2 juta ton per tahun, yang meningkat 0,2 juta ton dari tahun 2010 (Cahyono, 2011), yang mana hampir seluruhnya, yaitu sekitar 1,15 juta ton per tahun, dipenuhi dari aspal minyak. Dari 1,15 juta ton suplai aspal minyak per tahun tersebut, Pertamina hanya mampu memproduksi 600.000 ton aspal per tahun dan sisanya harus diimpor (Damardono, 2009).

Kebutuhan aspal Nasional saat ini hampir seluruhnya dipenuhi oleh aspal minyak, meskipun sebenarnya kebutuhan aspal juga bisa dipenuhi oleh aspal dari sumber lain yaitu oleh aspal alam. Indonesia memiliki cadangan aspal alam sangat besar di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara, yaitu sebesar 650 juta ton atau setara dengan 170 juta ton aspal minyak (Badan Litbang PU 2010). Sehingga jika diperkirakan dengan konsumsi aspal tahun ini, Indonesia memiliki cadangan aspal alam (Buton) untuk 170 tahun kedepan. Oleh karena itu perlu dilakukan suplai produksi aspal dari aspal alam (Buton).

Banyak perusahaan, seperti PT. WIKA, telah memiliki Plant ekstraksi bitumen aspal alam di Buton yang beroperasi. Proses ekstraksi bitumen aspal dari batuan aspal dilakukan dengan menggunakan pelarut yang diimport dari luar negeri (selanjutnya akan disebut sebagai pelarut komersil) dan dilakukan pada suhu ruangan. Hasil ekstraksi kemudian didistilasi dengan menggunakan kolom distilasi untuk memisahkan bitumen aspal dari pelarut komersil. Hanya saja hasil produksi aspal Buton ini tidak ekonomis karena harganya hampir 3 kali lipat dari harga aspal minyak. Oleh karena itu aspal Buton sampai sejauh ini hanya digunakan sebagai aditif yang dicampurkan ke dalam aspal minyak untuk meningkatkan kualitas aspal serta mengurangi penggunaan BBM untuk aspal minyak. Tingginya harga jual aspal Buton tersebut disebabkan oleh harga pelarut yang relatif mahal.

Solusi dari permasalahan di atas juga telah diaplikasikan pada plant-plant ekstraksi aspal Buton yang terbaru, yaitu dengan menggunakan kerosene sebagai pelarut yang mana harganya relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan pelarut komersil sehingga mensolusi permasalahan penggunaan pelarut. Akan tetapi kemampuan kerosene dalam mengekstraksi aspal Buton lebih rendah dibandingkan dengan pelarut komersil disamping itu kerosene dapat terbakar dalam kolom distilasi saat dipanaskan untuk dipisahkan dengan aspal terlarut. Solusi dari akar permasalahan tersebut adalah dengan meneliti suatu aditif yang ekonomis, mampu meningkatkan kemampuan kerosene dalam mengekstrak aspal Buton, serta memperbaiki karakteristik titik bakar dari kerosene tanpa menaikkan sifat viskositas dari kerosene secara signifikan.

Pelarut yang selama ini telah diteliti adalah pelarut-pelarut *non-polar* seperti pelarut komersil, karbon tetraklorida, trikloroetilena (TCE), kerosene, dan *n*-heksana (Adhika and Mahanani, 2007, Purwono, 2005). Sehingga sintesis aditif di arahkan pada sifat *non-polar* dan titik bakar lebih tinggi tetapi tetap dengan biaya yang ekonomis.

Sifat *non-polar*, titik bakar yang tinggi, dan proses sintesisnya secara keseluruhan yang harus ekonomis dapat dipenuhi dengan mensintesis aditif dari minyak jarak menggunakan proses pirolisis. Hasil pirolisis minyak jarak, yang merupakan hidrokarbon dengan beragam panjang rantai, akan memiliki sifat *non-polar* dan titik bakar yang tinggi. Disamping itu, proses pirolisis merupakan proses perengkahan termal yang relatif sederhana dan ekonomis untuk diaplikasikan di industri dan minyak jarak merupakan bahan baku yang tersedia melimpah dan relatif ekonomis di Indonesia. Sehingga proses dan bahan baku ini dapat mensolusi akar permasalahan di atas.

Hasil pirolisis minyak jarak yang disintesis akan memiliki sifat viskositas yang relatif tinggi bila dibandingkan dengan air sehingga dengan sendirinya tidak dapat digunakan sebagai pelarut. Sifat viskositas yang tinggi akan menyebabkan kesulitan dalam proses pemisahan, umumnya filtrasi, pelarut dari residu batuan aspal. Oleh karena itu, hasil pirolisis minyak jarak digunakan sebagai aditif pada pelarut yang telah terbukti dapat mengekstraksi aspal Buton yaitu kerosene.

Sampai saat ini telah banyak dilakukan penelitian untuk menentukan kondisi operasi pirolisis minyak. Pirolisis dari minyak sayur, yaitu *babasu*, *piqui*, dan *palm* sudah dilakukan pada suhu 300-500°C dan tekanan atmosferik menghasilkan beragam produk hidrokarbon dari heksana hingga oktadekana (Alencar and Craveiro, 1983). Komposisi minyak sayur dengan minyak jarak (Akbar, 2009, Alencar and Craveiro, 1983) tidak jauh berbeda, sehingga di hipotesakan hasil pirolisisnya juga akan menghasilkan potongan-potongan rantai karbon dengan variasi panjang rantai seperti hasil pirolisis minyak sayur. Sampai saat ini, penelitian pirolisis minyak masih terfokus pada bahan baku minyak sawit dan belum ada yang terfokuskan pada minyak jarak yang melimpah di Indonesia karena itu pada penelitian ini akan digunakan minyak jarak sebagai bahan dasar pelarut baru.

Pada penelitian ini, minyak jarak akan direngkah dengan metode yang telah dikembangkan terdahulu (Lima et al., 2004). Hasil perengkahan akan ditambahkan ke dalam kerosene dan diuji kemampuan mengekstrak bitumen aspalnya terhadap bebatuan aspal alam yang diperoleh dari PT WIKA dengan pelarut komersil dan kerosene murni sebagai pembanding. Semua pelarut akan dianalisis dengan metode FTIR sedangkan hasil ekstraksi akan dianalisis dengan menggunakan analisis perbandingan massa batuan aspal sebelum dan sesudah proses ekstraksi.

Penelitian ini akan menghasilkan aditif yang mampu meningkatkan kemampuan mengekstrak bitumen aspal dari pelarut kerosene, menurunkan titik bakar dari pelarut kerosene, serta memiliki harga produksi yang ekonomis. Bitumen aspal hasil ekstraksi oleh pelarut ini akan memiliki nilai jual yang ekonomis dan dapat bersaing dengan aspal minyak sehingga dapat digunakan sebagai substitusi, bukan lagi aditif, aspal minyak.

## **1.2 Perumusan Masalah**

### **1.2.1 Rumusan Masalah**

- Apakah proses pirolisis dari minyak jarak dapat menghasilkan senyawa bersifat non-polar dan titik bakar yang tinggi?



- Bagaimana akibat dari penambahan aditif pada pelarut kerosene terhadap kinerja pelarut dalam mengekstraksi Aspal Buton?
- Bagaimana akibat dari penambahan aditif pada pelarut kerosene terhadap titik bakar dari pelarut?
- Bagaimana akibat dari penambahan aditif pada pelarut kerosene terhadap viskositas dari pelarut?
- Apakah hasil pirolisis dari minyak jarak dapat digunakan sebagai aditif pada kerosene dalam ekstraksi Aspal Buton?

### **1.2.2 Pendekatan**

Sampai saat ini, para peneliti yang melakukan ekstraksi bitumen aspal dari aspal alam belum memfokuskan pada penemuan aditif yang dapat meningkatkan karakteristik dari pelarut ekonomis, yaitu kerosene, sehingga pada penelitian kali ini ekstraksi bitumen aspal didekati dari segi penambahan aditif yang dapat meningkatkan kemampuan dan karakteristik dari pelarut kerosene. Dalam sintesis aditif, para peneliti terdahulu belum memfokuskan sintesis dengan bahan dasar minyak jarak, seluruhnya masih terhadap minyak sawit. Oleh karena itu pada penelitian kali ini metode perengkahan yang digunakan adalah sama dengan yang terdahulu (Lima et al., 2004).

### **1.2.3 Hipotesis**

Senyawa hasil pirolisis minyak jarak merupakan senyawa hidrokarbon dengan beragam panjang rantai, sifat non-polar, titik bakar yang tinggi dan dapat digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan kinerja pelarut kerosene dalam ekstraksi aspal Buton

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Memperoleh aditif yang dapat meningkatkan kemampuan mengekstraksi bitumen aspal buton lebih tinggi dari kerosene murni serta dapat membuat kerosene memiliki titik bakar yang lebih tinggi. Sehingga pelarut kerosene beraditif selain mampu mengekstrak bitumen aspal dengan lebih baik, juga memiliki titik bakar yang lebih tinggi sehingga dalam pemisahannya dari bitumen aspal dalam kolom distilasi pelarut tidak terbakar.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi dengan:

1. Aditif yang disintesis adalah senyawa hidrokarbon dengan beragam panjang rantai (non-polar) dan titik bakar lebih tinggi dari kerosene yang direngkah dari minyak jarak melalui proses pirolisis.
2. Perengkahan menggunakan metode yang telah dipublikasikan peneliti sebelumnya (Lima et al., 2004).

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dilakukan dengan membagi tulisan menjadi tiga bab, yaitu:

##### **BAB I: PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah yang dibahas, tujuan dilakukannya penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

##### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi penjelasan dasar pada Aspal Buton, kebutuhan akan Aspal Buton, State of the Art Ekstraksi Aspal Buton, Kerosene serta prinsip dasar proses pirolisis.

##### **BAB III: METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang diagram alir penelitian, bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian, serta prosedur penelitian.

##### **BAB IV: HASIL DAN ANALISIS**

Bab ini berisi tentang hasil dari penelitian serta analisis dari hasil penelitian ini.

##### **DAFTAR PUSTAKA**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Aspal Alam, Buton**

Aspal adalah bahan hidrokarbon dengan rantai relatif panjang, bersifat melekat, berwarna kecoklatan, tahan terhadap air, dan viskoelatis. Aspal sering juga disebut bitumen karena merupakan pengikat dari campuran bahan-bahan aspal atau lapisan perkerasan lentur. Aspal ada yang berasal dari minyak, yaitu yang dipisahkan dari minyak bumi, juga ada aspal alam, yaitu aspal yang terikat dalam batuan di alam.

Kebutuhan Dunia akan aspal sangatlah tinggi, terutama di Negara-Negara berkembang untuk pembangunan infrastruktur. Begitu pula di Indonesia, peningkatan pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan pada tahun ini akan berdampak pada peningkatan kebutuhan aspal menjadi 1,2 juta ton dibandingkan pada tahun 2010 sebesar 1 juta ton. Pemerintah akan melakukan preservasi terhadap jalan nasional sepanjang 35.058,94 kilometer dan jembatan sepanjang 121.026,71 meter (Cahyono, 2011). Sementara itu, Dari 1,15 juta ton aspal minyak yang diperlukan tersebut, separuhnya harus diimpor, yang ironisnya diimpor dari Singapura. Hanya 550.000 ton aspal minyak itu yang mampu diproduksi dari dalam negeri, yaitu oleh Pertamina (Damardono, 2009). Karena itulah harga aspal berfluktuasi mengikuti harga BBM dunia, untuk BBM dan Elpiji saja Indonesia telah mengalokasikan dana subsidi sebesar 97,26 triliun rupiah (DPR dan Kementrian ESDM, 2011). Padahal sebenarnya kebutuhan Aspal Nasional seluruhnya bisa dicukupi oleh Aspal Alam (Buton).

Aspal alam bisa dibedakan secara besar di dunia menjadi aspal danau dan aspal batu. Trinidad Lake Asphalt merupakan satu contoh dari aspal alam danau, sedangkan contoh jelas untuk aspal batu merupakan Aspal Buton, Indonesia. Aspal Batu Buton atau biasa disebut asbuton, ditemukan tahun 1924 di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton mulai digunakan dalam pengaspalan jalan sejak tahun 1926. Berdasarkan data yang ada, asbuton memiliki deposit sekitar 677 juta ton, yang terdiri dari bitumen aspal berserta mineral bebatuan, atau dapat disetarakan dengan 170 juta ton aspal minyak (Badan Litbang PU 2010).

Sehingga jika diperkirakan dengan konsumsi aspal tahun ini, Indonesia memiliki cadangan aspal alam (Buton) untuk 170 tahun kedepan. Akan tetapi dari total luas areal konsesi 52.317 hektar di Buton, baru 7.490 hektar (14,3 persen) yang diproduksi (Eng, 2011). Oleh karena itu perlu dilakukan intensifikasi suplai produksi aspal dari aspal alam (Buton).

Analisis karakteristik dari Aspal Buton berserta bitumen hasil ekstraksinya sebagai berikut:

Tabel 2.1 Sifat Rheology dari Aspal Buton, Indonesia

Asphalt Origin	Asphalt Content (%)	Penetration (100gr, 5sec, 25°C) (0.1mm)		Softening Point (°C)	Kinematic Viscosity (poise)			
		(25°C)	(30°C)		(60°C)	(100°C)	(120°C)	(150°C)
Lawele	29,5	185	-	40	1215	-	71	1,7
Kabungka	39,7	-	32	63	-	154	-	5,1
TLA	40,9	-	3	3	-	454	-	7,6

(Siswosoebrotho and Kusnianti, 2005)

Tabel 2.2 Sifat dari Aspal Alam Lawele dan Kabungka hasil Ekstraksi

Properties	Lawele	Kabungka	Units
Asphalt Content (%)	30,8	20,0	-
Penetration (100gr, 5sec, 25°C)	36	4	0,1 mm
Softening Point	59	101	°C
Ductility (25°C, 5 cm/min)	>140	<140	Cm
Solubility in C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	99,6	-	% weight
Flash Point, COC	198	-	°C
Specific Gravity	1,037	1,046	-
Loss on Heating – LOH (163°C, 5 hrs)	0,31	-	% weight
Penetration after LOH (25°C, 100 gr, 5 secs)	94	-	% origin
Softening Point after LOH	62	-	°C
Ductility after LOH (25°C, 5 cm/min)	>140	-	Cm

(Siswosoebrotho and Kusnianti, 2005)

Asbuton merupakan deposit aspal alam terbesar di dunia (Badan Litbang PU 2010). Selain itu, juga merupakan aspal alam berkualitas terbaik di seluruh dunia. Asbuton memiliki kadar Aspal seperti tertera di atas dan terletak hanya 1,5 m di bawah tanah, Aspal alam dari Amerika Serikat atau Perancis hanya memiliki kandungan aspal 6-15 persen dan terletak ratusan meter di bawah tanah (Eng,

2011). Karena itu sangatlah potensial dan menjanjikan untuk dieksplorasi dan dimanfaatkan penggunaannya.

## 2.2 Sistem Ekstraksi Aspal Alam

Aspal Alam, atau sering juga disebut bitumen aspal, secara umum disusun oleh empat kelompok senyawa, yaitu *asphaltene*, resin, aromatik, dan hidrokarbon jenuh. Berikut sifat-sifat dari senyawa penyusun bitumen aspal alam,

Tabel 2.3 Sifat-sifat Senyawa Penyusun Bitumen Aspal Alam

<i>Asphaltene</i>	Resin	Aromatik	Hidrokarbon Jenuh
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangat polar</li> <li>• Aromatik kompleks</li> <li>• Berat molekul 1000 – 100000</li> <li>• Semakin tinggi <i>asphaltenes</i>, maka bitumen semakin keras, kental, tinggi titik lembeknya, dan semakin rendah harga penetrasinya.</li> <li>• Berwarna hitam/coklat amorph</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memiliki sifat rekat yang kuat</li> <li>• Berat molekul 500 – 50000</li> <li>• Sebagai <i>dispersing agent</i> atau <i>peptisizer</i> dari <i>asphaltenes</i></li> <li>• Tersusun oleh C dan H dan sedikit O, S, dan N.</li> <li>• Berwarna coklat tua</li> <li>• Berwujud solid atau semi solid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bersifat non-polar</li> <li>• Berat molekul 300 – 2000</li> <li>• Merupakan 40%-65% dari total bitumen</li> <li>• Berwarna coklat tua</li> <li>• Berwujud cairan kental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tersusun dari campuran hidrokarbon lurus, bercabang, alkil naphthene dan aromatik</li> <li>• Bersifat non-polar</li> <li>• Berat molekul 300 – 2000</li> <li>• Merupakan 5%-20% dari total bitumen</li> <li>• Berwujud cairan kental</li> </ul>

(Nuryanto, 2009)

Sedangkan komposisi kimia dari Aspal alam di Buton, lebih spesifik di Lawele dan Kabungka, sebagai berikut,

Tabel 2.4 Komposisi Kimia dari Aspal Lawele dan Kabungka

Chemical Components	Lawele	Kabungka
Basis Nitrogen (N), %	27,01	29,04
<i>Acidaffins</i> (A1), %	9,33	6,60
<i>Acidaffins</i> (A2), %	12,98	8,43
Parafin (P), %	11,23	8,86
Maltene Parameter	1,50	2,06
Nitrogen/Parafin, N/P	2,41	3,28
Kandungan <i>Asphaltene</i> , %	39,45	46,92

(Siswosoebrotho and Kusnianti, 2005)

Keberadaan *asphaltene* di aspal alam merupakan dalam bentuk koloid dengan resin (*acidaffins 1* dan *acidaffins 2*) dimana molekul asphaltene berada dipusat dan diselimuti oleh molekul-molekul resin sehingga secara kesatuan koloid bersifat non-polar (Nuryanto, 2009). Senyawa-senyawa lain penyusun bitumen aspal juga bersifat non-polar, karena itu untuk ekstraksi Aspal Buton digunakan pelarut-pelarut non-polar, seperti pelarut komersil, karbon tetraklorida, trichloroethylene (TCE), kerosene, dan *n*-hexane (Adhika and Mahanani, 2007, Purwono, 2005).

Di kabupaten Buton, 7.490 hektar dari 52.317 hektar luas areal konsesi telah diproduksi oleh 14 pemegang IUP (Eng, 2011), salah satunya adalah PT. Wijaya Karya. PT. Wijaya Karya melakukan proses ekstraksi aspal dari bebatuan dengan menggunakan pelarut komersil yang diimport dari luar negeri. Hasil Ekstraksi kemudian didistilasi dengan menggunakan kolom distilasi untuk memisahkan bitumen aspal dari pelarut. Proses Distilasi kontinu diperlukan sebagai teknologi pemisahan adalah karena perbedaan titik didih antara pelarut dengan Aspal tidak jauh berbeda. Akan tetapi proses distilasi tersebut membutuhkan energi yang sangat besar. Suhu untuk distilasi aspal dari pelarut ini sangat tinggi, yaitu sekitar 350°C (Hunter, 2000).

Aspal hasil produksi ini tidak ekonomis karena harganya yang hampir 3 kali lipat dari harga aspal minyak, akibat dari harga pelarut dan biaya operasi kolom distilasi. Oleh karena itu penggunaannya sampai sejauh ini hanya sebagai aditif yang dicampurkan ke dalam aspal minyak untuk meningkatkan kualitas aspal serta mengurangi penggunaan BBM untuk aspal minyak.

Untuk mensolusi permasalahan penggunaan pelarut yang relatif terlalu tidak ekonomis, penggunaan kerosene sebagai pelarut juga telah digunakan di beberapa plant-plant ekstraksi aspal Buton. Hanya saja kemampuan ekstraksi pelarut kerosene tidak setinggi pelarut komersil serta pada proses pemisahan dalam kolom distilasi pelarut kerosene terbakar oleh karena tingginya suhu dalam kolom.

Solusi dari akar permasalahan tersebut adalah dengan meneliti suatu aditif yang ekonomis serta dapat meningkatkan kemampuan ekstraksi dari pelarut kerosene dan menaikkan titik bakarnya tanpa menaikkan sifat viskositas dari pelarut kerosene secara signifikan.

Seluruh contoh-contoh pelarut yang telah diteliti mampu mengekstrak bitumen aspal Buton memiliki satu persamaan kuat, yaitu sifatnya yang non-polar. Jadi, sintesis aditif akan berpusat pada karakteristik non-polar dan titik bakar yang tinggi serta pada proses sintesisnya yang sederhana dan ekonomis.

Senyawa hidrokarbon dengan beragam panjang rantai yang disintesis melalui proses pirolisis minyak memiliki kedua sifat utama di atas. Disamping itu metode pirolisis merupakan metode paling sederhana dan ekonomis yang dapat diaplikasikan di Industri. Minyak yang keberadaannya melimpah di Indonesia dan tidak bersaing penggunaannya dengan kebutuhan pangan adalah minyak jarak, karena itu pada penelitian ini akan digunakan minyak jarak sebagai bahan baku sintesis aditif sehingga aditif yang diperoleh akan lebih ekonomis. Jadi, aditif bisa merupakan hidrokarbon dengan beragam panjang rantai, bersifat non-polar, berwujud cair, serta memiliki titik bakar yang tinggi yang disintesis dari minyak jarak melalui metode pirolisis.

### 2.3 Kerosene

Kerosene adalah campuran hidrokarbon berwujud cair dengan panjang rantai karbon antara C9 hingga C16 yang diproduksi melalui distilasi *crude oil*. Kerosene terutama digunakan sebagai komponen utama dari bahan bakar aviasi, akan tetapi disamping itu kerosene juga digunakan sebagai *solvent* (pelarut).



Gambar 2.1 Kerosene

Secara kasat mata pada kondisi ruangan, kerosene merupakan cairan dengan warna yang bening dan sedikit kekuningan, relatif tidak viskos, dan memiliki aroma yang cukup tajam. Berikut ini sifat-sifat fisika dari kerosene,



Tabel 2.5 Sifat-sifat Fisis dari Kerosene

Sifat	Nilai
Titik Didih	150 – 300°C
Titik Lebur	-20°C
Relatif Densitas	0,8
Solubilitas dalam Air	Tidak ada
Tekanan Uap Relatif	4,5
Titik Bakar	37 – 65°C
Suhu auto-ignisi	220°C
<i>Lower Explosive Limit</i> (LEL)	0,6% (NTP, 1992)
<i>Upper Explosive Limit</i> (UEL)	4,9% (NTP, 1992)

(IPCS, CEC 2001)

Kerosene termasuk kedalam senyawa hidrokarbon paraffin sehingga kerosene memiliki sifat polaritas non-polar.

#### 2.4 Minyak Jarak

Minyak jarak merupakan minyak nabati yang diperoleh dari ekstraksi biji tanaman jarak pagar. Jarak pagar (*Jatropha curcas* L., Euphorbiaceae) merupakan tumbuhan semak berkayu yang banyak ditemukan di daerah tropic. Tumbuhan ini dikenal sangat tahan kekeringan dan mudah diperbanyak dengan stek, vegetasinya juga melimpah di Indonesia. Walaupun telah lama dikenal sebagai bahan pengobatan dan racun, saat ini tanaman jarak pagar mendapat perhatian sebagai bahan dasar bahan bakar oleh karena kandungan minyak di dalam bijinya.



Gambar 2.2 Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L.)

Biji tanaman Jarak Pagar mengandung 63,16% minyak di dalamnya yang relatif tinggi dibandingkan dengan kandungan soybean dan biji Kelapa Sawit



yaitu 33,33% dan 44,6% (Akbar, 2009), tambah lagi tanaman ini dapat dibudidayakan secara besar-besaran dengan mudah. Karena itu tanaman jarak sangat berpotensi untuk menghasilkan pelarut baru yang ekonomis. Minyak jarak memiliki sifat fisis dan kimia sebagai berikut,

Tabel 2.6 Sifat Fisika dan Kimia dari Minyak Jarak

Parameter	Value
% FFA as oleic acid	2,23 ± 0,02
Iodine value	103,62 ± 0,07
Saponification value	193,55 ± 0,61
Peroxide value	1,93 ± 0,012
Percentage oil content (kernel)	63,16 ± 0,35
Density at 20°C (g/ml)	0,90317
Viscosity at room suhu (cp)	42,88
Physical state at room suhu	Liquid

(Akbar, 2009)

Sedangkan kandungan asam lemak minyak jarak sebagai berikut,

Tabel 2.7 Komposisi Asam Lemak dari Minyak Jarak [%]

Fatty Acid	Jatropha curcas oil seed	Palm kernel oil	Sunflower oil	Soybean oil	Palm oil
Oleic 18:1	44,7	15,4	21,1	23,4	39,2
Linoleic 18:2	32,8	2,4	66,2	53,2	10,1
Palmitic 16:0	14,2	8,4	-	11,0	44,0
Stearic 18:0	7,0	2,4	4,5	4,0	4,5
Palmitoleic 16:1	0,7	-	-	-	-
Linolenic 18:3	0,2	-	-	7,8	0,4
Arachidic 20:0	0,2	0,1	0,3	-	-
Margaric 17:0	0,1	-	-	-	-
Myristic 14:0	0,1	16,3	-	0,1	1,1
Caproic 6:0	-	0,2	-	-	-
Caprylic 8:0	-	3,3	-	-	-
Lauric 12:0	-	47,8	-	-	0,2
Capric 10:0	-	3,5	-	-	-
Saturated	21,6	82,1	11,3	15,1	49,9
Monounsaturated	45,4	15,4	21,1	23,4	39,2
Polyunsaturated	33	2,4	66,2	61,0	10,5

(Akbar, 2009)

Untuk komposisi TAG-nya sebagai berikut,

Tabel 2.8 Komposisi TAG dari Minyak Jarak

Triacylglycerol	Relative Compsisiton (%)	Triacylglycerol	Relative Composition (%)
OOL	22,94	SOO	2,48
OLL	17,90	PLP+MOP	1,85
MPP+OOO	16,65	POP	0,91
POL	14,95	POS	0,59
POO	9,72	MM	0,48
PLL + MOL	7,08	CC	0,44
Nd	3,60	PP	0,38

(Akbar, 2009)

## 2.5 Pirolisis

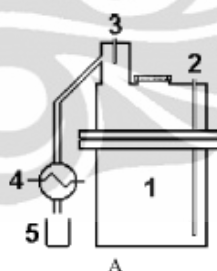
Pirolisis didefinisikan sebagai suatu reaksi degradasi kimia yang disebabkan oleh hanya energi termal (panas). Istilah degradasi kimia mengacu pada proses dekomposisi dan eliminasi yang terjadi dalam pirolisis berserta pembentukan (formasi) dari molekul-molekul yang lebih kecil dari material awal. Syarat bahwa energi termal merupakan satu-satunya penyebab degradasi mengacu pada ketidakadaannya penambahan komponen lain untuk meningkatkan pirolisis. Namun, dari pada panas, suhu (yang mana merupakan parameter intensif dari panas) lebih cocok digunakan untuk mendefinisi pirolisis. Istilah pirolisis digunakan untuk mengindikasikan transformasi kimia dari sampel ketika dipanaskan pada suhu yang secara signifikan lebih tinggi dari ambient.

Reaksi pirolisis biasanya terjadi pada suhu yang lebih tinggi dari 250-300°C, biasanya antara 500°C dan 800°C. Transformasi kimia yang terjadi oleh pengaruh panas pada suhu antara 100°C dan 300°C lebih umum disebut degradasi termal dan bukan pirolisis. Pirolisis *Mild* biasanya dilakukan pada suhu 300-500°C sedangkan pirolisis *vigorous* di atas 800°C (Serban, 1998).

Secara garis besar reaksi pirolisis dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok besar, yaitu pirolisis cepat dan pirolisis lambat. Pirolisis cepat merupakan pirolisis yang dilangsungkan dengan waktu tinggal yang sangat cepat, dibawah 2 detik, dan suhu lebih tinggi. Jadi pertama-tama material dipanaskan (pre-heating) hingga relatif mencapai suhu pirolisis kemudian dilalui ke reaktor pirolisis dengan waktu tinggal singkat. Dalam waktu singkat tersebut terjadi

perengkahan rantai material. Sistem dari pirolisis cepat biasanya merupakan sistem kontinu. Sedangkan pirolisis lambat merupakan pirolisis yang berlangsung lambat, berorde jam, dan suhu menengah. Material dipanaskan dalam suatu reaktor hingga mencapai suhu pirolisis dengan heating rate yang terkontrol kemudian suhu dipertahankan selama waktu tersebut yang disebut sebagai *holding time*. Sebagai contoh slow pirolisis kayu dilakukan dengan menggunakan heating rate sebesar 100°C/jam dan *holding time* 1 jam pada suhu pirolisis 500°C (Tsimg and Yue, 2009). Jadi pirolisis dari kayu ini adalah pertama-tama dipanaskan dengan laju 100°C/jam hingga mencapai 500°C kemudian suhu dipertahankan pada 500°C selama 1 jam.

Eksperimen pirolisis dijalankan pada suhu 350°C dengan metode pirolisis lambat dengan mengikuti prosedur yang sudah pernah dilakukan sebelumnya (Lima et al., 2004, Tsimg and Yue, 2009) dengan sedikit penyesuaian sebagai berikut. Eksperimen pirolisis dilakukan dengan menggunakan autoclave dan dipanaskan dengan menggunakan furnace. Suhu diukur pada dua lokasi menggunakan termokopel terkalibrasi (lihat 2 dan 3 pada gambar 1.) Saat suhu dalam reaktor mencapai 350°C dan minyak di dalam reaktor telah menjadi fasa gas, pirolisis telah terjadi. Kemudian suhu diturunkan kembali hingga mencapai suhu ruangan dan hasil pirolisis dikeluarkan dari reaktor.



Gambar 2.3 Reaktor Pirolisis (Lima et al., 2004)

## 2.6 Perbandingan Hasil Pirolisis dari Berbagai jenis Minyak

Sebelumnya sudah terdapat banyak pirolisis minyak menghasilkan rantai karbon yang bervariasi panjangnya. Berikut ini merupakan data kandungan *fatty acid* (asam lemak) dari minyak *babassu*, *piquei*, dan *palm* beserta hasil pirolisisnya:

Tabel 2.9 Komponen Asam Lemak dari Minyak Babassu, Piqui, dan Palm

Fatty Acid	Yields, %		
	<i>Babassu</i>	<i>Piqui</i>	<i>Palm</i>
<i>Capric</i>	5,0	-	-
<i>Lauric</i>	48,5	-	2,8
<i>Myristic</i>	20,0	-	1,5
<i>Palmitic</i>	11,0	48,0	45,6
<i>Oleic</i>	10,0	49,0	34,4
<i>Stearic</i>	3,5	2,7	8,8
<i>Linoleic</i>	-	-	5,5

(Alencar and Craveiro, 1983)

Tabel 2.10 Komponen Hasil Pirolisis dari Minyak *Babassu*, *Piqui*, dan *Palm*

Senyawa	Mr	Kovat's indexes	Yield, % (v/v)		
			<i>Babassu</i>	<i>Piqui</i>	<i>Palm</i>
1-hexene	82	584	-	1,68	-
n-hexane	84	600	1,03	-	4,44
1-heptene	98	686	-	3,57	-
n-heptane	100	700	2,64	5,30	2,62
1-octene	112	788	1,77	3,39	-
n-octane	114	800	2,49	4,01	3,70
1-nonene	126	855	2,95	2,08	1,63
n-nonane	128	900	6,27	2,98	3,81
1-decene	140	987	6,29	1,23	1,14
n-decane	142	1000	5,84	1,92	1,44
1-undecene	154	1086	4,32	1,71	1,17
n-undecane	156	1100	18,44	1,93	1,66
1-dodecene	168	1188	6,78	2,02	1,63
n-dodecane	170	1200	7,29	2,93	3,90
1-tridecene	182	1288	3,91	3,66	4,83
n-tridecane	184	1300	14,50	4,67	10,08
1-tetradecene	196	1389	-	4,35	6,31
n-tetradecane	198	1400	3,55	5,43	14,51
1-pentadecene	210	1488	-	2,60	2,82
n-pentadecane	212	1500	5,36	8,03	23,80
n-hexadecane	226	1600	-	2,27	3,41
n-heptadecane	240	1700	-	2,02	2,65
n-octadecane	254	1800	-	0,42	-

(Alencar and Craveiro, 1983)

Berdasarkan perbandingan kandungan asam lemak dari minyak sayur di atas (Alencar and Craveiro, 1983) dan jatropha Curcas Oil Seed pada tabel 2.7 (Akbar, 2009), dapat kita lihat bahwa minyak jarak memiliki kandungan yang mirip atau menyerupai kandungan minyak pada minyak sayur hanya terdapat perbedaan pada komposisinya. Oleh karena itu minyak jarak dapat direngkah dengan metode pirolisis dan akan menghasilkan produk yang menyerupai hasil pirolisis minyak sayur.

Melihat hasil perengkahan minyak sayur di atas, jenis minyak yang menghasilkan kandungan rantai karbon pendek, antara C<sub>6</sub> hingga C<sub>9</sub>, adalah minyak piqui. Karena itu kandungan optimal untuk menghasilkan hidrokarbon tersebut mengacu pada minyak piqui. Kandungan minyak piqui dan minyak jarak sama-sama didominasi oleh palmitic dan oleic (Lima et al., 2004, Akbar, 2009) karena itu untuk pirolisis minyak jarak digunakan suhu operasi yang mengacu pada pirolisis minyak piqui pada 300-500°C (Lima et al., 2004), lebih tepatnya pada 350°C, yang mana merupakan suhu dimana fasa gas mulai terdeteksi keluar dari reaktor (Lima et al., 2004).

## 2.7 FTIR

Aspek kualitatif dari *spectroscopy infrared* adalah salah satu dari atribut yang paling penting dalam ilmu analitik. Dalam bentuk paling sederhana, spektra inframerah terbentuk sebagai konsekuensi dari penyerapan radiasi elektromagnetik pada frekuensi yang berkorelasi dengan getaran dari seperangkat ikatan kimia tertentu dalam suatu molekul. Energi dalam suatu molekul pada waktu manapun terdistribusi ke dalam beberapa macam energi yang mana dapat dijumlahkan seperti pada persamaan berikut,

$$E_{total} = E_{Elektronik} + E_{vibrasional} + E_{rotasional} + E_{translasi} \dots (1)$$

Energi translasi merepresentasikan perpindahan dari molekul dalam suatu ruang sebagai fungsi dari gerakan termal dari zat. Energi rotasi, yang mana menghasilkan *spectroscopy* tersendiri, merupakan gerakan bergetar dari molekul yang dihasilkan oleh penyerapan energi pada daerah gelombang mikro. Energi vibrasi merupakan istilah energi yang lebih tinggi dan mewakilkan penyerapan

energi oleh molekul karena komponen atom bergetar di sekitar rata-rata pusat dari ikatan kimia mereka. Komponen elektronik terkait dengan energi untuk berpindahnya elektron seperti pada ikatan cincin aromatik. Agar dapat mengamati perpindahan elektronik tersebut, diperlukan aplikasi dari energi dalam bentuk radiasi tampak dan ultraviolet:

$$E = hv \text{ frekuensi/energy ...}(2)$$

Syarat fundamental dari aktivitas inframerah, yang berimplikasi pada terserapnya radiasi inframerah, adalah bahwa harus terdapat perubahan netto dari *dipole moment* selama vibrasi dari molekul atau gugus fungsional terkait.

Berikut referensi gelombang spektra infra merah untuk kelompok-kelompok senyawa organik,

Tabel 2.11 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa *Aliphatic* Jenuh

Frekuensi Grup (cm <sup>-1</sup> )	Grup Fungsional
	Metil (-CH <sub>3</sub> )
2970 – 2950 / 2880 – 2860	Metil C–H asim./regangan sim.
1470 – 1430 / 1380 – 1370	Metil C–H asim./lekukan sim.
1385 – 1380 / 1370 – 1365	<i>Gem</i> -dimetil atau “iso”- (doublet)
1395 – 1385 / 1365	Trimetil atau “tert-butil” (multiplet)
	Metena (>CH <sub>2</sub> )
2935 – 2915 / 2865 – 2845	Metilena C–H asim./regangan sim.
1485 – 1445	Metilena C–H lekukan
750 – 720	Metilena -(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> -
	Metena (>CH-)
2900 – 2880	Metena regangan C–H
1350 – 1330	Metena lekukan C–H
1300 – 700	Vibrasi skeletal C–C
	Frekuensi metal special (-CH <sub>3</sub> )
2850 – 2815	Metoksi, metal ester O–CH <sub>3</sub> , regangan C–H
2820 – 2780	Metilamino, N–CH <sub>3</sub> , regangan C–H

(Coates, 2000)

Tabel 2.12 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa *Olefinic*

Origin	Frekuensi Grup (cm <sup>-1</sup> )	Grup Fungsional
C=C	1680 – 1620	Alkenil regangan C=C
	1625	Aril-substitut
	1600	C=C terkonjugasi
C-H	3095 – 3075 + 3040 – 3010	Terminal (vinil) regangan C-H
	3095 – 3075	Regangan C-H (vinylidene)
	3040 – 3010	Regangan C-H <i>cis</i> atau <i>trans</i>
C-H	1420 – 1410	Vinil C-H pada lekukan bidang plane
	1310 – 1290	Vinylidene C-H pada lekukan bidang plane
C-H	995 – 985 + 915 – 890	Lekukan vinil C-H diluar bidang plane
	895 – 885	Lekukan vinylidene C-H diluar bidang plane
C-H	970 – 960	Lekukan C-H <i>trans</i> di luar bidang plang
	700 (lebar)	Lekukan C-H <i>cis</i> di luar bidang plang

(Coates, 2000)

Tabel 2.13 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa Cincin Aromatik

Origin	Frekuensi Grup (cm <sup>-1</sup> )	Grup Fungsional
C=C-C	1615 – 1580	Regangan cincin Aromatik
C=C-C	1510 – 1450	Regangan cincin Aromatik
C-H	3130 – 3070	Regangan C-H aromatik
C-H	1225 – 950	Lekukan C-H aromatik plane
C-H	900 – 670	Lekukan C-H aromatik di luar bidang plane
	770 – 730 + 710 – 690	Monosubstitusi (fenil)
	770 – 735	1,2-disubstitusi (ortho)
	810 – 750 + 900 – 860	1,3-disubstitusi (meta)
	860 – 800	1,4-disubstitusi (para)
“Combi”	2000 – 1660	Kombinasi <i>bands</i> aromatik

(Coates, 2000)

Tabel 2.14 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa *Acetylenic*

Origin	Frekuensi Grup (cm <sup>-1</sup> )	Grup Fungsional
C≡C	2140 – 2100	Alkuna terminal (monosubstitusi)
C≡C	2260 – 2190	Alkuna medial (disubstitusi)
C–H	3320 – 3310	Alkuna regangan C–H
C–H	680 – 610	Alkuna lekukan C–H
C–H	630 (tipikal)	Alkuna lekukan C–H

(Coates, 2000)

Tabel 2.15 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa Alkohol dan Hidroksi

Origin	Frekuensi Grup (cm <sup>-1</sup> )	Grup Fungsional
O–H	3570 – 3200	Grup Hidroksi, ikatan O–H
	3400 – 3200	Regangan O–H polimerik
	3550 – 3450	Regangan O–H dimetrik
	3570 – 3540	Regangan ikatan O–H internal
O–H	3645 – 3600 (sempit)	Grup Hidroksi
	3645 – 3630	Alkohol primer
	3635 – 3620	Alkohol sekunder
	3620 – 3540	Alkohol tersier
O–H	3640 – 3530	Fenol
	1350 – 1260	Lekukan OH primer atau sekunder di plane
	1410 – 1310	Fenol atau lekukan OH tersier
C–O	720 – 590	Lekukan OH di luar plane
	~1050	Alkohol Primer
	~1100	Alkohol Sekunder
	~1150	Alkohol Tersier
	~1200	Fenol

(Coates, 2000)



Tabel 2.16 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa Eter dan Oxy

Origin	Frekuensi Grup (cm <sup>-1</sup> )	Grup Fungsional
C-H	2820 – 2810	Metoksi, regangan C-H (CH <sub>3</sub> -O-)
C-O-C	1150 – 1050	Alkil-substitusi eter, regangan C-O
C-O-C	1140 – 1070	Eter siklik, cincin besar, regangan C-O
θ-O-H	1270 – 1230	Eter Aromatik, regangan aril-O
C-O-	~1250 + 890 – 800	Epoksi dan cincin <i>oxirane</i>
C-O-O-C	890 – 820	Peroksida, regangan C-O-O-

(Coates, 2000)

Tabel 2.17 Frekuensi untuk Kelompok Senyawa Karbonil

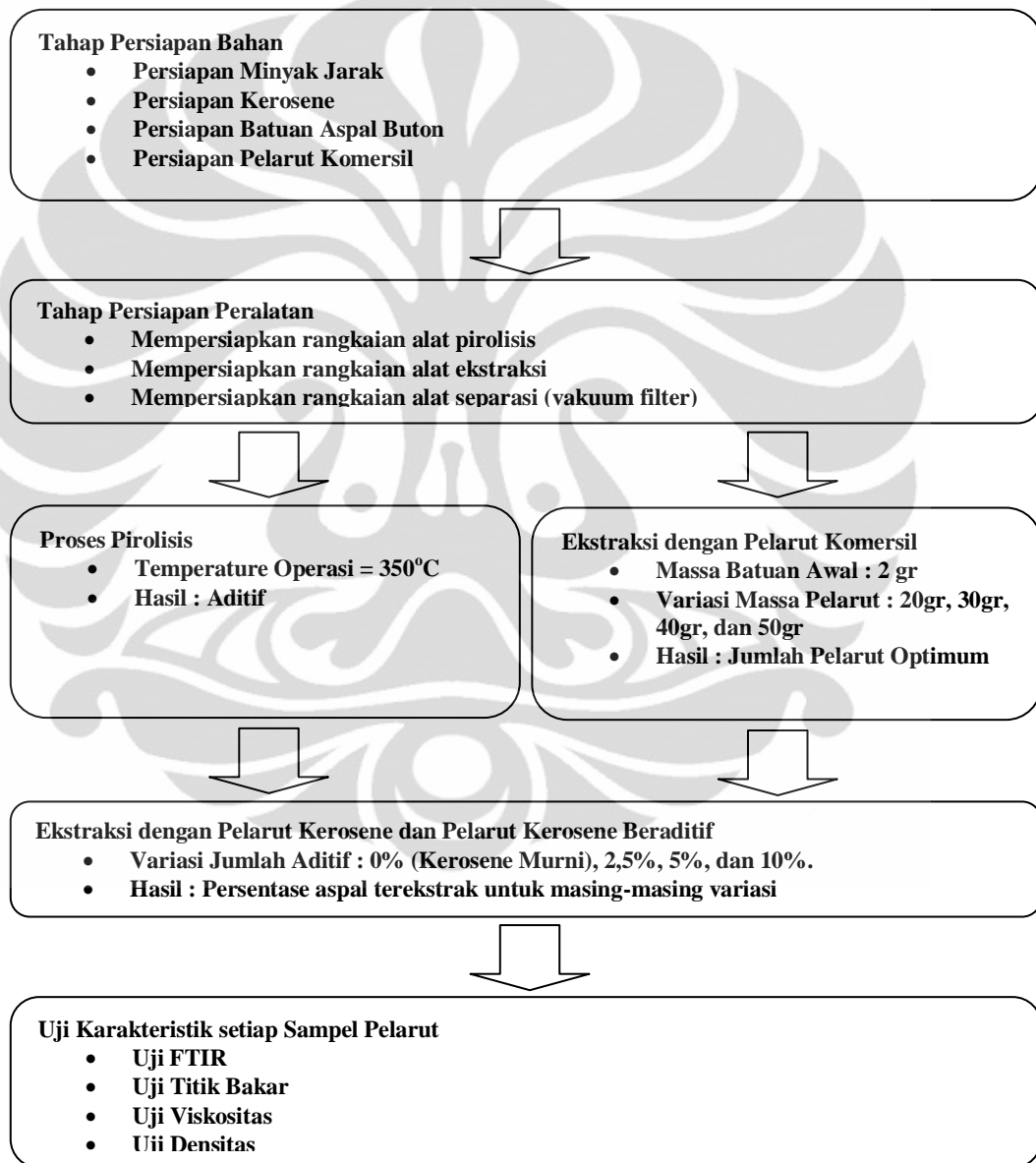
Frekuensi Grup (cm <sup>-1</sup> )	Grup Fungsional
1610 – 1550 / 1420 – 1300	Karboksilat
1680 - 1630	Amdia
1690 – 1675 / (1650 – 1600)	Kuinon atau keton terkonjugasi
1725 – 1700	Asam Karboksilat
1740 – 1725 / (2800 – 2700)	Aldehida
1750 – 1725	Ester
1735	Cincin laktone dengan 6 anggota
1760 – 1740	Alkil Karbonat
1815 – 1770	Asam Halida
1820 – 1775	Aril Karbonat
1850 – 1800 / 1790 – 1740	<i>Acid anhydride</i> rantai terbuka
1870 – 1820 / 1800 – 1775	Cincin <i>anhydride</i> dengan 5 anggota
2100 - 1800	Transisi karbonil metal

. (Coates, 2000)

### BAB III

## METODE PENELITIAN

Secara umum penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu: tahap persiapan bahan, tahap persiapan peralatan, tahap proses pirolisis, tahap ekstraksi dengan pelarut komersil, tahap ekstraksi dengan pelarut kerosene dan pelarut beraditif, serta tahap uji karakteristik setiap sampel. Berikut ini skema tahapan penelitian:



Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Metodologi Penelitian

### 3.1 Variabel Bebas dan Variabel Terikat Penelitian

Kondisi operasi yang diubah-ubah sebagai parameter atau variabel bebas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut,

- Rasio pelarut – batuan aspal saat ekstraksi, akan berpengaruh pada jumlah (massa) aspal yang terekstraksi dari bebatuan serta faktor konversi keseluruhan proses.
- Persentase aditif yang dicampurkan ke dalam kerosene, akan berpengaruh pada kemampuan ekstraksi dari pelarut serta titik bakarnya.

Sedangkan parameter yang akan diamati sebagai hasil dari penelitian atau variable terikat adalah sebagai berikut,

- Massa aspal terekstraksi oleh pelarut beraditif terhadap massa aspal terekstraksi oleh pelarut kerosene murni dan pelarut komersil.
- Titik bakar dari pelarut beraditif terhadap titik bakar dari pelarut kerosene murni.

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut,

No.	Peralatan	Jumlah
1.	Autoclave (Reaktor)	1
2.	Furnace	1
3.	Valve	2
4.	Relieve Valve	1
5.	Thermocouple	1
6.	Pressure Gauge	1
7.	Selang Silikon	± 2 m
8.	Gelas Beaker 100 ml	1
9.	Magnetic Stirrer	1
10.	Timbangan Elektronik	1
11.	Pompa Vakum	1
12.	Akumulator (bagian dari alat vakum filter)	1
13.	Wadah separasi (bagian dari alat vakum filter)	1
14.	Piknometer (5 ml)	1
15.	Viskometer	1

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut,

No.	Bahan	Jumlah
1.	Minyak Jarak	> 100 gr
2.	Pelarut Komersil	> 560 gr
3.	Batuan Aspal Buton	> 64 gr
4.	Kerosene	> 320 gr
5.	Gas Nitrogen	Secukupnya
6.	Kertas Saring	32 lembar
7.	Acetone	Secukupnya

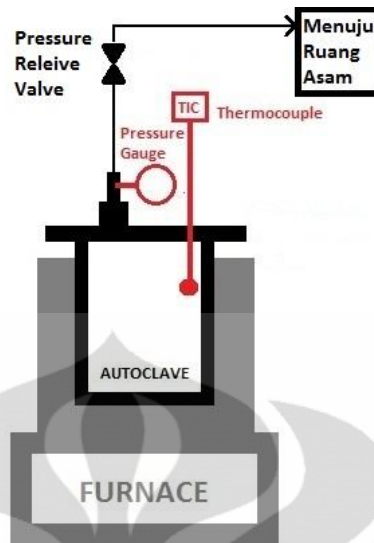
### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Tahap Persiapan Bahan

1. Menyiapkan minyak jarak, pelarut komersil, kerosene, batuan aspal Buton dan acetone.
2. Menggerus batuan Aspal Buton hingga diperoleh batuan aspal dengan ukuran di bawah 2 mm.

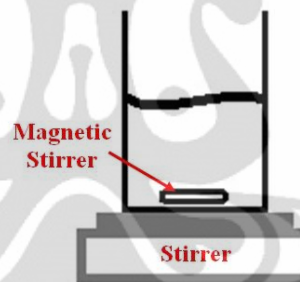
#### 3.3.2 Tahap Persiapan Peralatan

1. Mencuci setiap peralatan yang akan digunakan dengan menggunakan acetone.
2. Membilas setiap peralatan tersebut dengan air.
3. Mengeringkan setiap peralatan dengan udara terkompresi.
4. Mempersiapkan rangkaian autoclave, valve, *furnace*, *pressure gauge*, dan *thermocouple* untuk pirolisis sesuai dengan skema berikut ini:



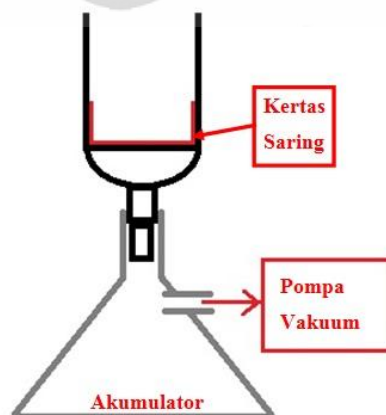
Gambar 3.2 Skema Sistem Alat Pirolisis

5. Melakukan tes kebocoran pada rangkaian pirolisis melalui injeksi Nitrogen ke dalam autoclave.
6. Mempersiapkan rangkaian ekstraksi sesuai dengan skema berikut ini:



Gambar 3.3 Skema Sistem Alat Ekstraksi

7. Mempersiapkan rangkaian Separasi filtrate dari residu batuan menggunakan menggunakan vakum filter dan kertas saring dengan skema berikut ini:



Gambar 3.4 Skema Sistem Alat Separasi

### 3.3.3 Proses Pirolisis

1. Menimbang minyak jarak sebanyak 100 gram dengan menggunakan timbangan elektronik.
2. Memasukkan minyak jarak tersebut ke dalam autoclave.
3. Menutup autoclave.
4. Menginjeksikan gas nitrogen ke dalam autoclave serta membuka relieve valve sebagai *flushing* isi autoclave dari oksigen dalam udara.
5. Menyalakan *furnace* autoclave.
6. Menaikkan suhu furnace hingga temperatur dalam autoclave mencapai 350°C kemudian mempertahankan suhu tersebut selama 60 menit.
7. Menurunkan suhu furnace hingga suhu dalam autoclave mencapai suhu ruangan,  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .
8. Membuka valve 1 pada bagian atas autoclave untuk mengeluarkan fasa gas yang masih ada pada suhu ruangan hingga pressure gauge menunjukkan tekanan atmosferik.
9. Membuka tutup autoclave serta mengeluarkan hasil pirolisis minyak jarak (aditif) dari autoclave ke dalam botol sampel.
10. Membersihkan sisi dalam autoclave dengan menggunakan air sabun dan terakhir dengan acetone.
11. Hasil dari proses pirolisis ini adalah aditif yang diteliti dalam penelitian ini.

### 3.3.4 Proses Ekstraksi Aspal dengan Pelarut komersil

1. Menimbang batuan aspal Buton sebanyak 2 gram.
2. Memasukkan batuan aspal tersebut ke dalam ekstraktor.
3. Memasukkan pelarut komersil sebanyak 20 gr ke dalam ekstraktor.
4. Menyalakan stirrer kemudian menunggu selama 30 menit.
5. Memindahkan pelarut serta batuan yang tersisa ke dalam separator.
6. Menyalakan pompa vakum hingga seluruh cairan tersedot ke akumulator sehingga menyisakan padatan pada kertas saring.
7. Menunggu beberapa saat hingga padatan pada kertas saring benar-benar kering.
8. Menimbang dan mencatat massa padatan sisa atau residu ekstraksi (batuan aspal Buton) yang tersisa pada kertas saring.

9. Mengulangi langkah 1 hingga 8 dengan volume pelarut 30, 40, dan 50 gr.
10. Mengulangi langkah 1 hingga 9 sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 4 sampel untuk masing-masing variasi.
11. Menghitung persen aspal terekstrak dari proses ekstraksi dengan menggunakan pelarut komersil untuk semua variasi perbandingan batuan aspal dengan pelarut.

$$\% \text{ aspal terekstrak} = \frac{\text{massa aspal terekstrak}}{\text{massa aspal}} \times 100\% \dots(3)$$

Dimana

$$\text{massa aspal terekstrak} = \text{massa batuan awal} - \text{residu ekstraksi} \dots(4)$$

12. Menentukan rasio batuan aspal - pelarut dengan persen aspal terekstrak tertinggi sebagai rasio batuan aspal – pelarut optimum/acuan.

### **3.3.5 Proses Ekstraksi Aspal dari Batuan Aspal dengan Pelarut Kerosene Murni**

1. Menimbang batuan aspal Buton sebanyak 2 gram.
2. Memasukkan batuan aspal tersebut ke dalam ekstraktor.
3. Memasukkan kerosene dengan jumlah sesuai dengan rasio batuan aspal – pelarut optimum ke dalam ekstraktor.
4. Menyalakan stirrer kemudian menunggu selama 30 menit.
5. Memindahkan pelarut serta batuan yang tersisa ke dalam separator.
6. Menyalakan pompa vakum hingga seluruh cairan tersedot ke akumulator sehingga menyisakan padatan pada kertas saring.
7. Menunggu beberapa saat hingga padatan pada kertas saring benar-benar kering.
8. Menimbang dan mencatat massa padatan sisa atau residu ekstraksi (batuan aspal Buton) yang tersisa pada kertas saring.
9. Menghitung persen aspal terekstrak dari proses ekstraksi dengan menggunakan persamaan (3) dan (4).
10. Mengulangi langkah 1 hingga 9 sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 4 sampel untuk ekstraksi menggunakan pelarut kerosene.

### **3.3.6 Proses Ekstraksi Aspal dari Batuan Aspal dengan Pelarut Kerosene Beraditif 2,5%**

1. Menimbang batuan aspal Buton sebanyak 2 gram.

2. Memasukkan batuan aspal tersebut ke dalam ekstraktor.
3. Membuat campuran kerosene dan aditif sejumlah total sesuai dengan rasio batuan aspal – pelarut optimum dengan perbandingan massa 97,5 : 2,5.
4. Menyalakan stirrer kemudian menunggu selama 30 menit.
5. Memindahkan pelarut serta batuan yang tersisa ke dalam separator.
6. Menyalakan pompa vakum hingga seluruh cairan tersedot ke akumulator sehingga menyisakan padatan pada kertas saring.
7. Menunggu beberapa saat hingga padatan pada kertas saring benar-benar kering.
8. Menimbang dan mencatat massa padatan sisa atau residu ekstraksi (batuan aspal Buton) yang tersisa pada kertas saring.
9. Menghitung persen aspal terekstrak dari proses ekstraksi dengan menggunakan persamaan (3) dan (4).
10. Mengulangi langkah 1 hingga 9 sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 4 sampel untuk ekstraksi menggunakan pelarut kerosene beraditif 2,5%.

### **3.3.7 Proses Ekstraksi Aspal dari Batuan Aspal dengan Pelarut Kerosene Beraditif 5%**

1. Menimbang batuan aspal Buton sebanyak 2 gram.
2. Memasukkan batuan aspal tersebut ke dalam ekstraktor.
3. Membuat campuran kerosene dan aditif sejumlah total sesuai dengan rasio batuan aspal – pelarut optimum dengan perbandingan massa 95 : 5
4. Menyalakan stirrer kemudian menunggu selama 30 menit.
5. Memindahkan pelarut serta batuan yang tersisa ke dalam separator.
6. Menyalakan pompa vakum hingga seluruh cairan tersedot ke akumulator sehingga menyisakan padatan pada kertas saring.
7. Menunggu beberapa saat hingga padatan pada kertas saring benar-benar kering.
8. Menimbang dan mencatat massa padatan sisa atau residu ekstraksi (batuan aspal Buton) yang tersisa pada kertas saring.
9. Menghitung persen aspal terekstrak dari proses ekstraksi dengan menggunakan persamaan (3) dan (4).



10. Mengulangi langkah 1 hingga 9 sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 4 sampel untuk ekstraksi menggunakan pelarut kerosene beraditif 5%.

### **3.3.8 Proses Ekstraksi Aspal dari Batuan Aspal dengan Pelarut Kerosene Beraditif 10%**

1. Menimbang batuan aspal Buton sebanyak 2 gram.
2. Memasukkan batuan aspal tersebut ke dalam ekstraktor.
3. Membuat campuran kerosene dan aditif sejumlah total sesuai dengan rasio batuan aspal – pelarut optimum dengan perbandingan massa 90 : 10.
4. Menyalakan stirrer kemudian menunggu selama 30 menit.
5. Memindahkan pelarut serta batuan yang tersisa ke dalam separator.
6. Menyalakan pompa vakum hingga seluruh cairan tersedot ke akumulator sehingga menyisakan padatan pada kertas saring.
7. Menunggu beberapa saat hingga padatan pada kertas saring benar-benar kering.
8. Menimbang dan mencatat massa padatan sisa atau residu ekstraksi (batuan aspal Buton) yang tersisa pada kertas saring.
9. Menghitung persen aspal terekstrak dari proses ekstraksi dengan menggunakan persamaan (3) dan (4).
10. Mengulangi langkah 1 hingga 9 sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 4 sampel untuk ekstraksi menggunakan pelarut kerosene beraditif 10%.

### **3.3.9 Uji FTIR**

1. Melakukan uji FTIR pada minyak jarak, aditif murni, kerosene murni, kerosene beraditif 2.5%, kerosene beraditif 5%, dan kerosene beraditif 10%.

### **3.3.10 Uji Titik Bakar**

1. Melakukan uji titik Bakar pada kerosene murni, kerosene beraditif 2.5%, kerosene beraditif 5%, dan kerosene beraditif 10%.

### **3.3.11 Uji Densitas Minyak Jarak dan Aditif Murni**

1. Mempersiapkan piknometer.
2. Menimbang massa dari piknometer kosong.
3. Memasukkan minyak jarak ke dalam piknometer hingga penuh.
4. Menutup piknometer.
5. Menimbang kembali massa dari piknometer berisi minyak jarak.

6. Menghitung densitas dari minyak jarak dengan persamaan berikut,

$$\text{Massa Sampel} =$$

$$\text{Massa Piknometer Berisi} - \text{Massa Piknometer Kosong} \dots (5)$$

$$\rho \text{ sampel (gr/ml)} = \frac{\text{massa sampel}}{5} \dots (6)$$

7. Mengulangi langkah 3 hingga 6 untuk aditif murni.

### 3.3.12 Uji Viskositas

1. Mempersiapkan viscometer.
2. Memasukkan minyak jarak ke dalam viscometer melalui mulut yang lebih besar hingga ketinggiannya mencapai seperempat dari *sphere* 100 ml.
3. Menyedot minyak jarak dari mulut yang lebih kecil dengan menggunakan vakuum hingga ketinggiannya lebih tinggi dari garis pertama (garis yang lebih tinggi).
4. Melepas vakuum dari mulut yang lebih kecil.
5. Menghitung dan mencatat waktu yang dibutuhkan bagi minyak jarak untuk turun dari garis pertama hingga garis kedua.
6. Mengulangi langkah 1 hingga 5 dengan menggunakan aditif murni, kerosene murni, kerosene beraditif 2,5%, kerosene beraditif 5%, dan kerosene beraditif 10%.
7. Melakukan perhitungan koefisien C dari viscometer untuk suhu ruangan dengan metode interpolasi garis linear dimana nilai koefisien C untuk viscometer sebagai berikut,

Suhu	40°C	100°C
Koefisien C	0,01631	0,01627

8. Menghitung nilai viskositas masing-masing sampel dengan mengalikan koefisien C hasil interpolasi dengan lama waktu yang dibutuhkan.
9. Mengulangi langkah 2 hingga 8 untuk aditif murni, kerosene murni, kerosene beraditif 2,5%, kerosene beraditif 5%, dan kerosene beraditif 10%.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Aditif disintesis melalui proses pirolisis minyak jarak dalam reaktor batch dimana tekanan di dalam reaktor mengikuti kondisi minyak jarak yang berubah seiring suhu. Suhu dinaikkan dari suhu normal hingga 350°C dan dijaga selama 1 jam dimana minyak jarak mulai teruapkan dan terengkah. Pada suhu 350°C tekanan dalam reaktor mencapai 20 bar. Hasil rengkahan tersebut dicampurkan ke dalam kerosene sebagai aditif dalam konsentrasi 2,5%, 5%, dan 10% massa.

#### 4.1 Analisis Perbandingan Pelarut terhadap Batuan Aspal

Berikut hasil perhitungan persentase aspal terekstrak menggunakan pelarut komersil dengan variasi jumlah pelarut 20 gr, 30 gr, 40 gr, dan 50 gr terhadap 2 gr batuan Aspal Buton,

Tabel 4.1 Persentase Aspal Terekstrak terhadap Variasi Jumlah Pelarut Komersil

Pelarut Komersil (gr)	Persen Aspal Terekstrak (%)
20	41,14
30	41,32
40	41,46
50	41,64

Dapat dilihat bahwa jumlah aspal terekstrak meningkat seiring dengan jumlah pelarut yang digunakan.

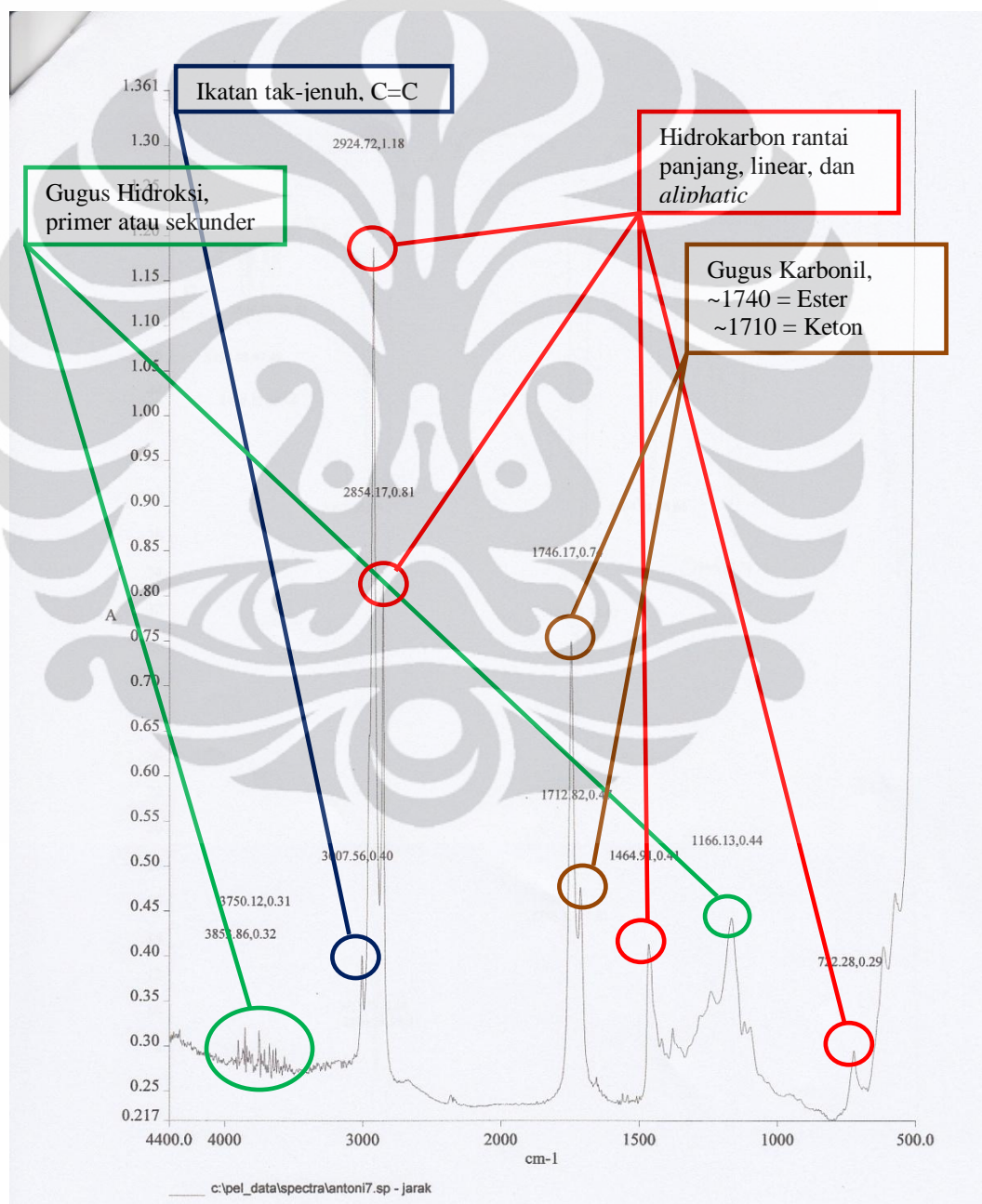
Akan tetapi peningkatan persentase aspal terekstraksi untuk setiap penambahan 10 gram pelarut komersil sangat rendah, hanya sebesar 0,17%. Karena itu, perbandingan pelarut terhadap batuan aspal diambil 20 gram pelarut terhadap 2 gram Aspal Buton. Peningkatan kemampuan ekstraksi yang sangat rendah ini disebabkan oleh besarnya perbandingan antara massa pelarut dengan massa batuan, yaitu 10 kali lebih besar dari massa batuan. Penambahan massa pelarut sudah tidak lagi meningkatkan kemampuan ekstraksi secara signifikan karena, melihat kandungan aspal dalam batuan aspal Buton yang telah diteliti sebelumnya berkisar pada 40% (Siswosoebrotho and Kusnianti, 2005), hampir seluruh aspal telah terekstrak oleh pelarut. Perhitungan peningkatan persentase

aspal terekstrak terhadap peningkatan jumlah pelarut komersil yang digunakan dapat dilihat pada lampiran A.

## 4.2 Analisis Hasil FTIR

### 4.2.1 Minyak Jarak

Berikut hasil uji FTIR dari minyak jarak dalam bentuk absorbansi. Sedangkan untuk persentase transmitansi dapat dilihat pada gambar B.1.



Gambar 4.1 Absorbansi dari Minyak Jarak Hasil Uji FTIR

Minyak jarak tergolong ke dalam senyawa organik dan dengan berat molekul yang relatif tinggi. Hal ini lebih ditekankan lagi oleh keberadaan absorpsi pada daerah  $3200 - 2700 \text{ cm}^{-1}$  yang menandakan keberadaan berbagai regangan ikatan C-H.

Pada daerah ini terdapat 3 puncak, yaitu pada bilangan gelombang  $3007,56 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2924,74 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $2854,19 \text{ cm}^{-1}$  dimana puncak didominasi oleh bilangan gelombang di bawah  $3000 \text{ cm}^{-1}$ , disertai oleh keberadaan bilangan gelombang pada daerah  $1400 \text{ cm}^{-1}$  dan  $720 \text{ cm}^{-1}$  menandakan bahwa senyawa memiliki rantai *aliphatic* panjang yang linear. Namun, keberadaan puncak pada  $3007,56 \text{ cm}^{-1}$  menandakan senyawa juga memiliki ikatan tak-jenuh C=C.

Berikutnya keberadaan bilangan gelombang  $3853,86 \text{ cm}^{-1}$  dan  $3750,12 \text{ cm}^{-1}$  yang relatif lebar dan tidak lancip, menandakan bahwa senyawa memiliki ikatan hidroksi atau amino. Dalam hal ini, diagnosis lebih mengarah pada ikatan hidroksi, didukung dengan keberadaan bilangan gelombang  $1166,13 \text{ cm}^{-1}$  menandakan bahwa senyawa hidroksi tersebut dapat terikat pada atom karbon primer dan sekunder.

Kemudian keberadaan bilangan gelombang  $1746,17 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1712,82 \text{ cm}^{-1}$ , yang mana berada di daerah tengah dari kisaran  $1750 - 1700 \text{ cm}^{-1}$ , menandakan keberadaan gugus karbonil. Bilangan gelombang  $1746,17 \text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan gugus fungsional ester sedangkan bilangan gelombang  $1712,82 \text{ cm}^{-1}$  tanpa puncak pada bilangan gelombang  $2800-2700 \text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan gugus fungsional keton.

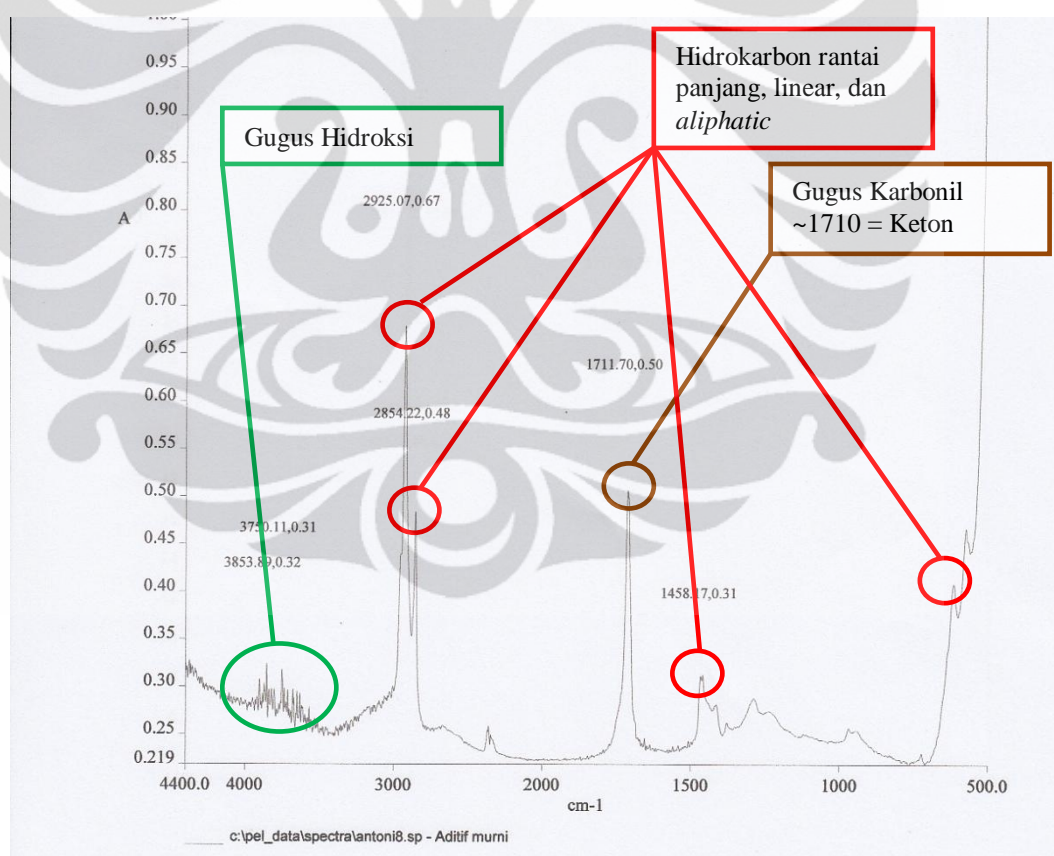
Jadi dapat disimpulkan bahwa sampel merupakan senyawa organik, rantai panjang, linear, dan *aliphatic* yang memiliki beberapa ikatan tak-jenuh C=C, ikatan hidroksi sekunder, serta ikatan karbonil ester dan keton. Ringkasan dari hasil pembahasan di atas sebagai berikut,

Tabel 4.2 Hasil Analisis FTIR dari Minyak Jarak

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Diagnosa
3007,56; 2924,72 dan 2854,17	Rentangan berbagai ikatan C–H, senyawa organik
2924,72; 2854,17; 1464,91 dan 722,28	Rantai Panjang, linear, dan <i>aliphatic</i>
3007,56	Ikatan tak-jenuh, C=C
3853,86; 3750,12 dan 1166,13	Ikatan hidroksi primer/sekunder
1746,17	Ikatan karbonil, ester
1712,82	Ikatan karbonil, keton

#### 4.2.2 Aditif Murni

Berikut hasil uji FTIR dari aditif murni dalam bentuk absorbansi. Sedangkan untuk persentase transmitasi dapat dilihat pada gambar B.2.



Gambar 4.2 Absorbansi dari Aditif Murni Hasil Uji FTIR

Aditif merupakan hasil perengkahan termal dari minyak jarak karena itu juga masih terklasifikasi dalam senyawa organik. Hal ini juga ditunjang oleh keberadaan absorpsi pada daerah  $3200 - 2700 \text{ cm}^{-1}$  yang menandakan keberadaan

berbagai regangan ikatan C–H. Pada daerah ini terdapat 2 puncak, yaitu pada bilangan gelombang 2925,07  $\text{cm}^{-1}$ , dan 2854,22  $\text{cm}^{-1}$  dimana puncak didominasi oleh bilangan gelombang di bawah 3000  $\text{cm}^{-1}$ , disertai oleh keberadaan bilangan gelombang pada daerah 1400  $\text{cm}^{-1}$  dan 720  $\text{cm}^{-1}$ , menandakan bahwa senyawa memiliki rantai *aliphatic* panjang yang linear.

Kemudian keberadaan bilangan gelombang 1711,70  $\text{cm}^{-1}$ , yang mana berada di daerah tengah dari kisaran 1750 – 1700  $\text{cm}^{-1}$ , menandakan keberadaan ikatan karbonil keton.

Jadi dapat disimpulkan bahwa sampel merupakan senyawa organik, rantai panjang, linear, dan *aliphatic* yang memiliki ikatan karbonil keton, aldehid, dan ester. Ringkasan dari hasil pembahasan di atas sebagai berikut,

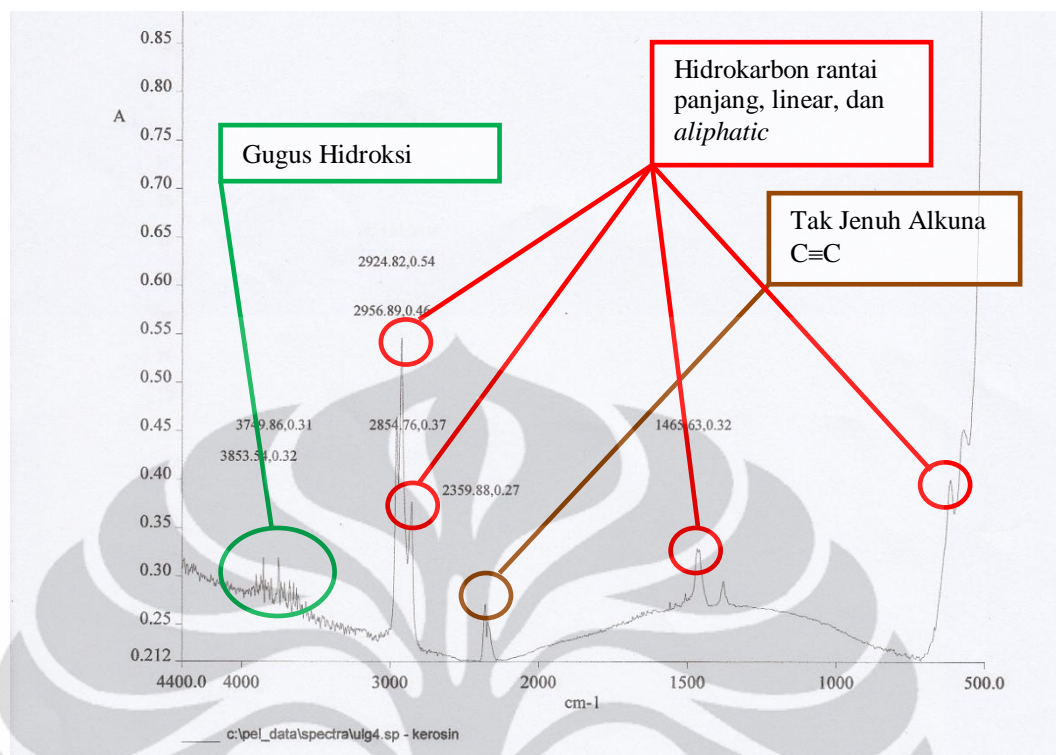
Tabel 4.3 Hasil Analisis FTIR dari Aditif Murni

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Diagnosa
2925,07 dan 2854,22	Rentangan berbagai ikatan C–H, senyawa organik
2925,07; 2854,22; 1464,91 dan $\pm 720$	Rantai Panjang, linear, dan <i>aliphatic</i>
1711,70	Ikatan karbonil, keton

#### 4.2.3 Kerosene Murni

Berikut hasil uji FTIR dari kerosene dalam bentuk absorbansi. Sedangkan untuk persentase transmitasi dapat dilihat pada gambar B.3.





Gambar 4.3 Absorbansi dari Kerosene Hasil Uji FTIR

Seperti sebelumnya, keberadaan puncak pada daerah bilangan gelombang  $3000 - 2800 \text{ cm}^{-1}$ , yaitu pada  $2956,89 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2924,82 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $2854,76 \text{ cm}^{-1}$ , mendominasi daerah frekuensi regangan ikatan C–H. Didukung dengan keberadaan puncak pada bilangan gelombang  $1465,63 \text{ cm}^{-1}$  dan  $\pm 720 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa senyawa memiliki ikatan rantai karbon linear, panjang, dan *aliphatic*. Akan tetapi, sampel juga memiliki bacaan pada frekuensi  $2359,88 \text{ cm}^{-1}$  dengan intensitas lemah yang menandakan bahwa senyawa memiliki ikatan rangkap tiga  $\text{C}\equiv\text{C}$ .

Jadi, dapat disimpulkan bahwa sampel merupakan senyawa organik, rantai panjang, linear, dan *aliphatic* yang memiliki ikatan alkuna. Ringkasan dari pembahasan di atas sebagai berikut,

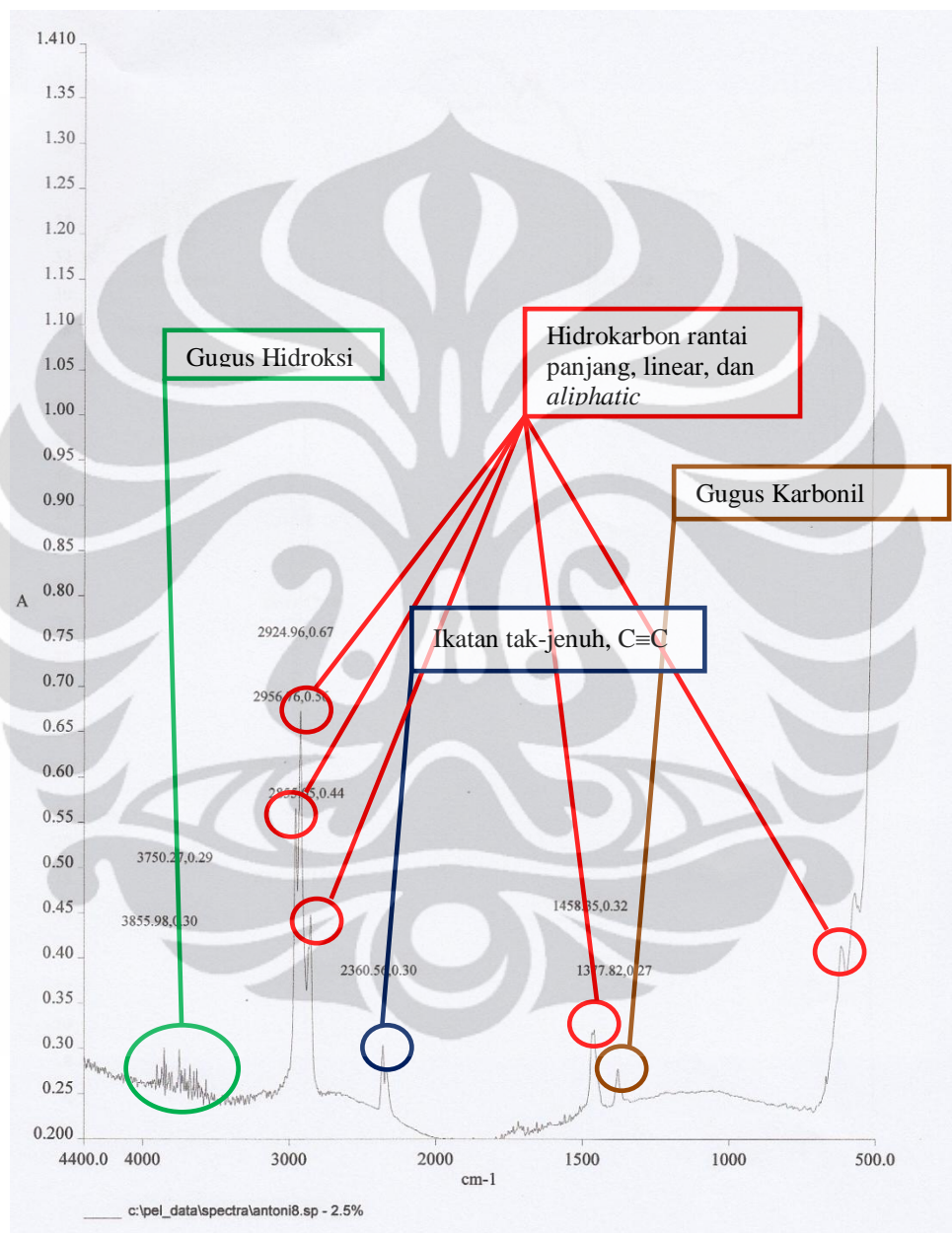
Tabel 4.4 Hasil Analisis FTIR dari Kerosene Murni

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Diagnosa
2956,89; 2924,82 dan 2854,76	Rentangan berbagai ikatan C–H, senyawa organik
2956,89; 2924,82; 2854,76 dan 1465,63	Rantai Bilangan, linear, dan <i>aliphatic</i>
2359,88	Ikatan alkuna, $\text{C}\equiv\text{C}$

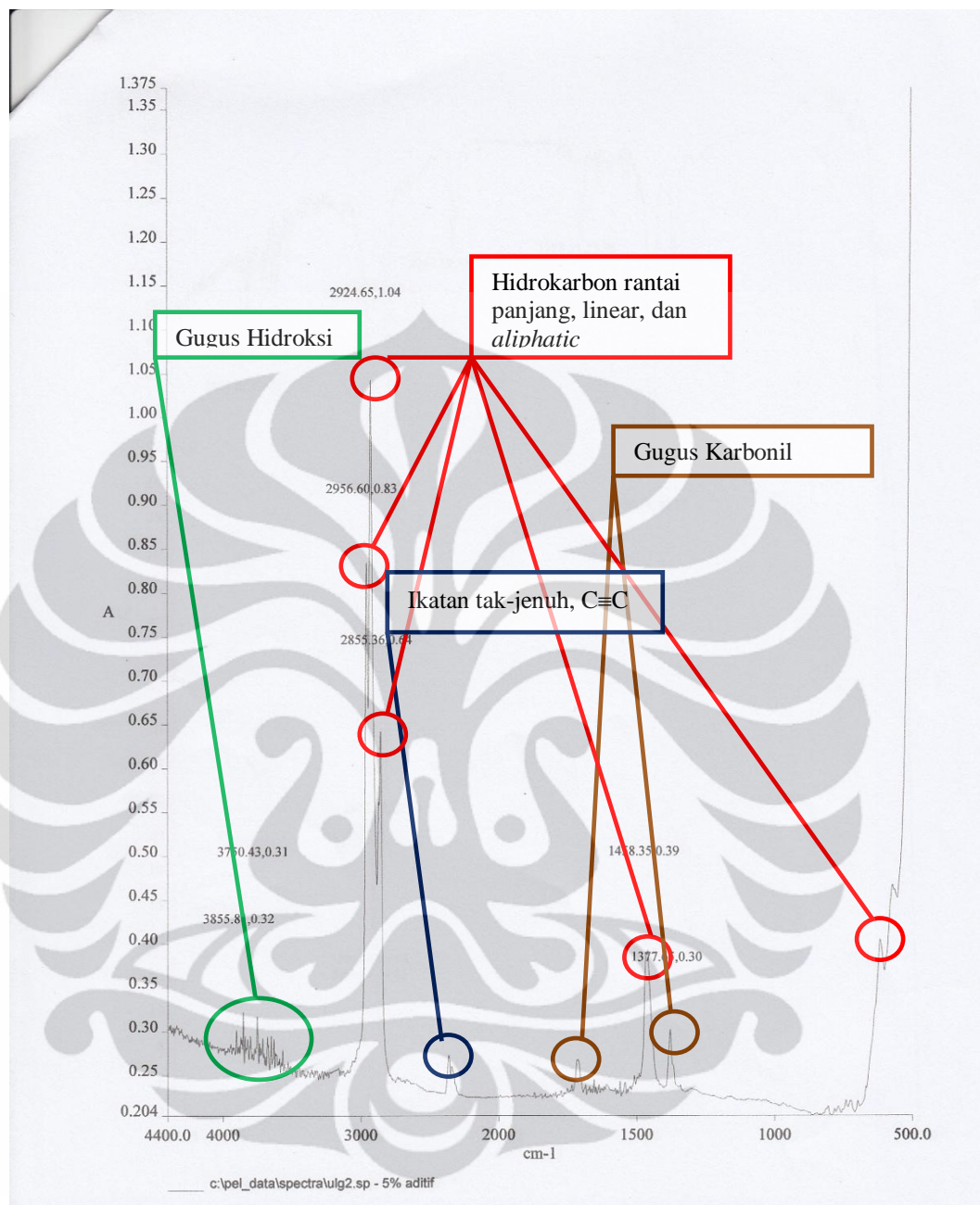


#### 4.2.4 Kerosene dengan Aditif 2,5%, 5%, dan 10%

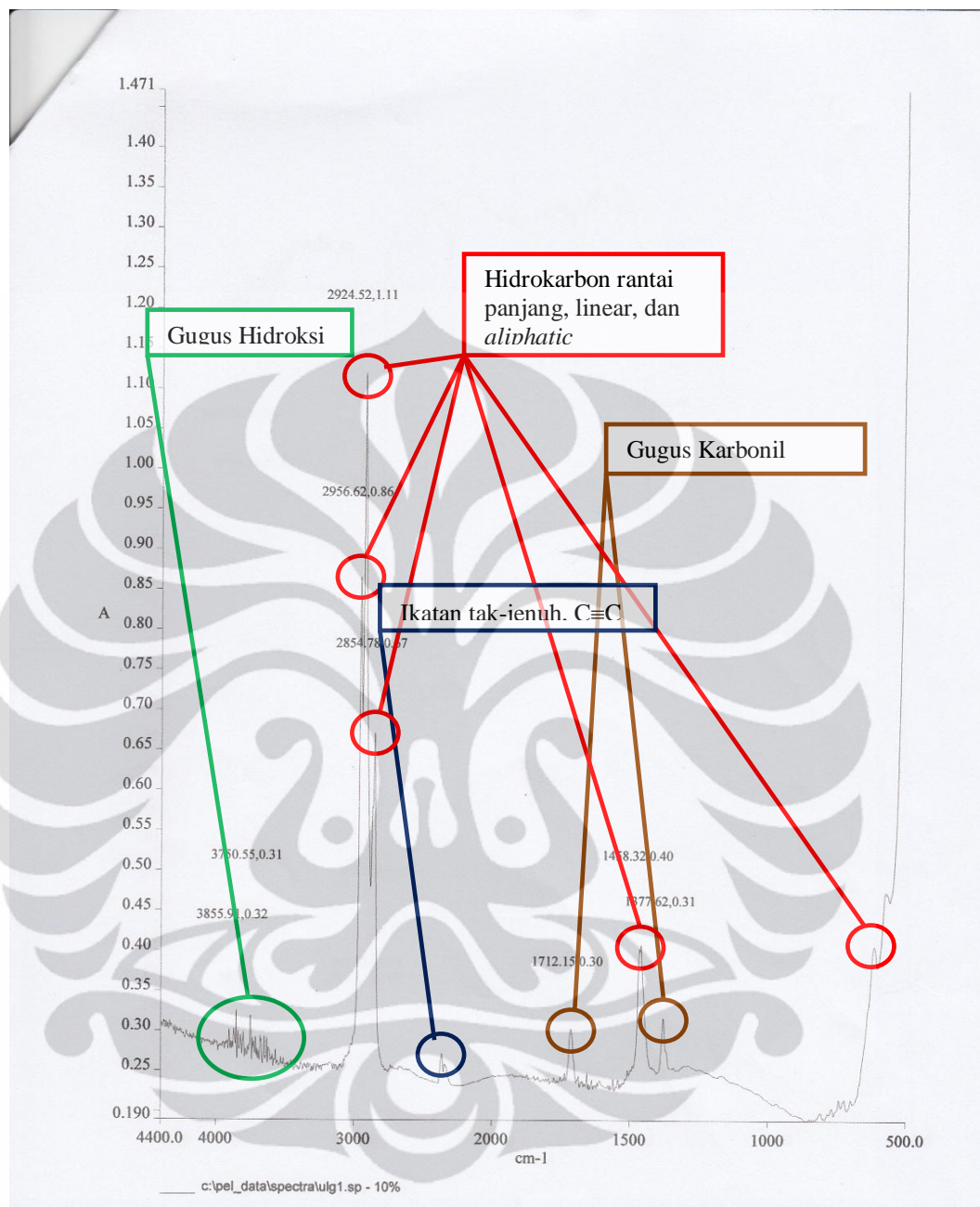
Berikut hasil uji FTIR dari kerosene beraditif dalam bentuk absorbansi. Sedangkan untuk persentase transmitansi dapat dilihat pada gambar B.4, B.5, dan B.6.



Gambar 4.4 Absorbansi dari Campuran Aditif 2,5% dalam Kerosene



Gambar 4.5 Absorbansi dari Campuran Aditif 5% dalam Kerosene



Gambar 4.6 Absorbansi dari Campuran Aditif 10% dalam Kerosene

Dapat dilihat bahwa kerosene dengan aditif memiliki bacaan pada frekuensi yang secara umum sama dengan kerosene hanya saja terdapat beberapa perbedaan. Perbedaan pertama terdapat pada absorbansi dari puncak dengan bilangan gelombang  $\sim 2900\text{ cm}^{-1}$  dan  $\sim 1400\text{ cm}^{-1}$ , penambahan aditif secara signifikan meningkatkan intensitas dari bilangan gelombang tersebut. Hal ini menandakan terdapat peningkatan jumlah rantai karbon panjang, linear, dan *aliphatic* secara signifikan dalam kerosene.

Disamping itu juga terbaca puncak pada bilangan gelombang  $1377,41\text{ cm}^{-1}$  yang sangat lemah absorbansinya pada kerosene dan terus meningkat secara gradual seiring dengan penambahan aditif ke dalam kerosene. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan aditif menyumbangkan gugus fungsional karbonil ke dalam pelarut. Terakhir, puncak pada bilangan gelombang  $\sim 2300\text{ cm}^{-1}$  tidak berubah seiring dengan penambahan aditif ke dalam kerosene yang menandakan bahwa penambahan aditif tidak mengurangi atau menambah jumlah ikatan alkuna,  $\text{C}\equiv\text{C}$ , dari kerosene.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa penambahan aditif menyumbangkan keberadaan ikatan karbonil asam karboksilat, meningkatkan konsentrasi rantai karbon panjang, linear, dan *aliphatic* dalam pelarut. Berikut data absorbansi untuk masing-masing frekuensi dari setiap konsentrasi pelarut beraditif,

Tabel 4.5 Absorbansi dari Setiap Konsentrasi Pelarut Beraditif

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Konsentrasi Aditif dalam Pelarut Kerosene			
	0% (A)	2,5% (A)	5% (A)	10% (A)
$\sim 2950$	0,46	0,56	0,83	0,86
$\sim 2920$	0,54	0,67	1,04	1,11
$\sim 2800$	0,37	0,44	0,64	0,67
$\sim 2360$	0,28	0,28	0,28	0,28
$\sim 1700$	-	-	0,28	0,30
$\sim 1460$	0,32	0,32	0,39	0,40
$\sim 1370$	-	0,27	0,30	0,31

### 4.3 Analisis Karakteristik Aditif terhadap Minyak Jarak

Secara menyeluruh dapat dilihat bahwa aditif memiliki bentuk yang serupa dengan minyak jarak akan tetapi dengan nilai absorbansi yang relatif lebih rendah, dapat dilihat pada table 4.3 berikut,



Tabel 4.6 Perbandingan Absorbansi Minyak Jarak dan Aditif

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Absorbansi	
	Minyak Jarak (A)	Aditif (A)
~ 3000	0,4	-
~2900	1,18	0,67
~2800	0,81	0,48
~1700	0,74	0,50
~1460	0,41	0,31
~1160	0,44	-
~720	0,29	0,22

Penurunan dari absorbansi secara umum ini, terutama pada bilangan gelombang 3000 – 2800 cm<sup>-1</sup>, menandakan bahwa intensitas atau kemampuan dari ikatan untuk menyerap energi dari sinar inframerah berkurang. Sehingga dapat didiagnosa bahwa panjang rantai linear *aliphatic* yang dimiliki aditif berkurang karena terengkah dalam proses pirolisis.

Terengkahnya rantai panjang ini juga ditunjang oleh data densitas minyak jarak dan aditif sebagai berikut,

Tabel 4.7 Densitas Minyak Jarak dan Aditif Murni

Komponen	Densitas (gr/ml)
Minyak Jarak	0,885
Aditif	0,871

Perhitungan densitas dari minyak jarak dan aditif dapat dilihat pada lampiran A. Dimana densitas aditif lebih rendah dari densitas minyak jarak. Selain dari densitas perengkahan rantai panjang milik minyak jarak juga berperan menurunkan viskositas dari aditif. Penurunan viskositas berpengaruh pada viskositas akhir dari campuran aditif dan kerosene karena penambahan aditif tidak boleh meningkatkan viskositas dari kerosene secara signifikan. Penjelasan lebih lanjut akan dijelaskan pada analisis viskositas.

Disamping itu juga pada aditif terlihat ketidakberadaan dari puncak pada bilangan gelombang ~3000 cm<sup>-1</sup> dan pada ~1160 cm<sup>-1</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa aditif setelah melewati proses pirolisis kehilangan ikatan tak-jenuh C=C

karena terengkah dan kehilangan ikatan hidroksi karena teroksidasi menjadi aldehid dalam proses pirolisis. Teroksidasinya ikatan hidroksi ini juga ditunjang oleh penampilan dari aditif yang memiliki warna hitam kecoklatan.

Sementara itu hilangnya ikatan tak-jenuh C=C menyebabkan turunnya polaritas dari aditif lebih ke sifat non-polar sehingga memungkinkan aditif untuk dapat melarutkan bitumen aspal, yang sangat non-polar, dengan lebih baik dari bahan baku minyak jarak itu sendiri.

#### 4.4 Analisis Kemampuan Ekstraksi Pelarut Beraditif

Berikut data kemampuan ekstraksi dari pelarut kerosene dengan variasi penambahan aditif,

Tabel 4.8 Kemampuan Ekstraksi dari Pelarut Beraditif

Aditif (%)	Aspal Terekstrak (%)	delta Aditif (%)	delta Aspal Terekstrak (%)
0	19,01	2,5	2,80
2,5	21,81	2,5	1,92
5	23,73	5	2,17
10	25,90		
<b>Rata-rata untuk Setiap 2,5% Aditif</b>		2,5	1,72

Perhitungan persentase aspal yang terkestraksi dari setiap pelarut dapat dilihat pada lampiran A. Dapat dilihat bahwa kemampuan ekstraksi dari pelarut kerosene meningkat sebesar 1,72% setiap penambahan 2,5% massa aditif. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan aditif berhasil meningkatkan kemampuan dari pelarut kerosene dalam mengekstraksi bitumen Aspal Buton. Sebagai referensi atau pembandingan digunakan pelarut kerosene dengan kemampuan mengekstraksi aspal sebanyak 19,01 % dan pelarut komersil dengan kemampuan mengekstraksi aspal sebanyak 41,14 %. Di antara kedua pelarut ini, penambahan aditif mampu meningkatkan kemampuan ekstraksi lebih tinggi dari kerosene murni akan tetapi masih belum mencapai kemampuan ekstraksi dari pelarut komersil.

Peningkatan kemampuan ekstraksi akibat penambahan aditif ini bersesuaian dengan hasil analisis FTIR terhadap masing-masing pelarut dimana pada penambahan aditif terjadi perubahan absorbansi seperti pada table berikut,

Tabel 4.9 Absorbansi dari Setiap Konsentrasi Pelarut Beraditif

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Konsentrasi Aditif dalam Pelarut Kerosene			
	0% (A)	2,5% (A)	5% (A)	10% (A)
~2950	0,46	0,56	0,83	0,86
~2920	0,54	0,67	1,04	1,11
~2800	0,37	0,44	0,64	0,67
~2360	0,28	0,28	0,28	0,28
~1700	-	-	0,28	0,30
~1460	0,32	0,32	0,39	0,40
~1370	-	0,27	0,30	0,31

Seperti dapat dilihat pada tabel 2.3, bitumen aspal dalam batuan aspal Buton terdiri dari *asphaltenes*, resin, aromatik, dan hidrokarbon jenuh. *Asphaltenes* bersifat sangat polar, resin bersifat seperti surfaktan dan sebagai *dispersing agent* dari *asphaltenes*, sedangkan aromatik dan hidrokarbon jenuh bersifat sangat non-polar. Peningkatan absorbansi pada daerah bilangan gelombang 3000 – 2800  $\text{cm}^{-1}$  menandakan peningkatan konsentrasi rantai hidrokarbon panjang, linear, dan *aliphatic* yang menyebabkan pelarut dengan tambahan aditif bersifat lebih non-polar dari kerosene murni. Karena itulah pelarut beraditif memiliki kemampuan ekstraksi bitumen aspal Buton non-polar, yaitu aromatik, hidrokarbon jenuh, dan resin yang telah membentuk kolid, yang lebih tinggi. Keberadaan bilangan gelombang ~1700  $\text{cm}^{-1}$  dan ~1370  $\text{cm}^{-1}$  pada pelarut kerosene beraditif menandakan aditif menyumbangkan gugus karbonil yang memiliki sifat polar pada pelarut. Sifat polar ini memberikan pelarut kemampuan untuk melarutkan atau mendispersi *asphaltenes* yang masih tidak terdispersi dalam resin yang sebelumnya tidak dimiliki oleh kerosene murni. Oleh karena itulah, seperti dapat dilihat pada tabel 4.8, peningkatan jumlah aspal terestraksi dari kerosene murni ke pelarut beraditif 2,5% (2,80%) lebih tinggi dari peningkatan jumlah aspal terestraksi dari pelarut beraditif 2,5% ke 5% (1,92%) atau 5% ke 10% (2,17%). Hanya saja, gugus karbonil yang dimiliki pelarut tidak cukup kuat untuk memberikan sifat surfaktan ke dalam pelarut sehingga sebagian besar asphaltene masih tidak terestrak oleh pelarut. Karena itulah kemampuan ekstraksi dari pelarut beraditif masih lebih rendah dari pelarut komersil

#### 4.5 Analisis Titik Bakar Pelarut

Hasil uji titik bakar dari kerosene yang telah ditambah aditif sebagai berikut,

Tabel 4.10 Titik Bakar Pelarut

Pelarut	Titik Bakar (°C)
0% aditif – Kerosene Murni	41
2,5% Aditif	43
5% Aditif	43
10% Aditif	44

Dapat dilihat bahwa titik bakar dari pelarut meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah aditif yang ditambahkan ke dalam kerosene. Kerosene yang digunakan dalam percobaan diuji memiliki titik bakar 41°C dan untuk setiap penambahan 2,5% aditif titik bakar pelarut akan meningkat sebesar 0,75°C. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penambahan aditif berhasil memperbaiki karakteristik titik bakar dari pelarut kerosene sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu untuk mencegah terbakarnya kerosene dalam proses pemisahan dalam kolom distilasi. Akan tetapi, peningkatan titik bakar masih kurang signifikan dalam memperbaiki karakteristik titik bakar kerosene karena peningkatan titik bakar masih lebih rendah dari titik didih kerosene yang merupakan suhu operasi dari kolom distilasi.

#### 4.6 Analisis Viskositas

Uji viskositas dari pelarut diperlukan karena viskositas pelarut sangat mempengaruhi visibilitas dari pelarut untuk diaplikasikan di industri. Tingginya viskositas pelarut menyebabkan munculnya kesulitan dalam proses pemisahan pelarut dari residu batuan Aspal Buton selepas proses ekstraksi karena viskositas menyulitkan perpindahan massa dari pelarut dalam proses pemisahan filtrasi. Aditif yang dihasilkan dalam penelitian ini, dengan viskositas yang tinggi, tidak dapat digunakan sebagai pelarut murni melainkan digunakan sebagai aditif.

Hal ini juga merupakan salah satu penyebab digunakannya proses pirolisis untuk merengkah minyak jarak, karena melalui proses pirolisis aditif menjadi memiliki viskositas yang secara signifikan lebih rendah dari minyak jarak. Viskositas dari minyak jarak yang digunakan dalam penelitian adalah sebesar



215,6 cP dan viskositas dari aditif murni adalah sebesar 124,5 cP. Perhitungan viskositas dapat dilihat pada lampiran A.

Kerosene, telah terbukti dapat diaplikasikan dalam industri dan tidak menyulitkan proses pemisahan karena viskositasnya yang rendah. Oleh karena itu viskositas dari kerosene yang akan digunakan sebagai acuan atau pembanding dalam analisis viskositas pelarut beraditif. Berikut viskositas dari masing-masing variasi aditif dalam pelarut serta peningkatan

Tabel 4.11 Viskositas Pelarut terhadap Variasi Aditif dalam Pelarut

<b>Pelarut</b>	<b>Viskositas (cP)</b>
0% aditif – Kerosene Murni	1,338
2,5% Aditif	2,007
5% Aditif	2,219
10% Aditif	2,284

Dapat dilihat bahwa penambahan aditif meningkatkan viskositas dari pelarut. Pelarut kerosene murni memiliki viskositas senilai 1,338 cP dan setiap penambahan 2,5% aditif viskositas dari pelarut meningkat sebesar 0,038 cP. Perhitungan dari viskositas pelarut di atas dapat dilihat pada lampiran A.

Naiknya viskositas dari pelarut ini maksimal masih di bawah 1 cP, yaitu sebesar 0,946 cP. Penambahan aditif ke dalam pelarut kerosene 10% massa tidak berpengaruh signifikan terhadap viskositas pelarut.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

- Hasil pirolisis dari minyak jarak menghasilkan senyawa hidrokarbon dengan sifat non-polar dan titik didih yang tinggi.
- Setiap penambahan 2,5% massa aditif ke dalam pelarut kerosene meningkatkan kinerja kerosene dalam mengekstrak Aspal Buton sebesar 1,72% aspal terekstrak, menaikkan titik bakar kerosene sebesar 0,75°C, dan menaikkan viskositas dari pelarut sebesar 0,038 cP.
- Senyawa hasil pirolisis minyak jarak dapat digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan kinerja pelarut kerosene dalam ekstraksi aspal Buton.

#### **5.2 Saran**

- Meneliti kemampuan ekstraksi pelarut dengan penambahan sifat surfaktan ke dalam pelarut sebagai variasi.
- Meneliti optimasi dari proses pirolisis minyak jarak dengan memvariasikan suhu pirolisis dan durasi pirolisis.
- Meneliti optimasi dari proses ekstraksi aspal Buton dengan memvariasikan durasi ekstraksi.
- Meneliti batas maksimal atau titik optimum dari penambahan aditif ke dalam pelarut kerosene dengan pertimbangan terhadap viskositas dari pelarut setelah penambahan aditif.
- Meneliti massa aspal yang terekstraksi melalui distilasi distilat hasil ekstraksi batuan aspal Buton.
- Meneliti kelayakan ekonomi dari penambahan aditif ke dalam pelarut dengan pelarut kerosene dan pelarut komersil sebagai pembanding.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhika, G. & Mahanani, A. 2007. *Kajian Awal Pemanfaatan Aspal Alam*. Penelitian, Institut Teknologi Bandung.
- Akbar, E. 2009. Characteristic and Composition of Jatropha Curcas Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock. *European Journal of Scientific Research*, 29, 396-403.
- Alencar, J. W. & Craveiro, P. B. 1983. Pirolisis of Tropical Vegetable Oils. *Food Chemical*, 1268 - 1270.
- Cahyono, A. D. 2011. Kebutuhan Aspal untuk Jalan dan Jembatan Capai 1,2 Juta Ton. *Finance Today Indonesia*.
- Coates, John. 2000. Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Damardono, H. 2009. Wijaya Karya Kaji Ekstraksi Aspal Buton. *KOMPAS*, 14 April 2009.
- Eng. 2011. Eksploitasi Aspal Buton Belum Maksimal. *KOMPAS*, 18 Februari 2011.
- Hunter, R. N. 2000. *Asphalts in Road Construction*, London, Thomas Telford Publishing.
- Lima, D. G., Soares, et. al. 2004. Diesel-like fuel obtained by pirolisis of vegetable oils. *Journal of Analytical and Applied Pirolisis*, 71, 987-996.
- Nuryanto, Agus. 2009. Aspal Buton (ASBUTON) sebagai Bahan Bakar Roket Padat. *Jurnal Teknologi Dirgantara Vol. 7 no. 1, 36-34*.
- Purwono, S. 2005. Koefisien Perpindahan Massa pada Ekstraksi Aspal Buton dari Kabungka dan Bau-Bau dengan Pelarut n-Heksan. *Forum Teknik 2005*, XXIX.
- Serban, C. M. 1998. Chapter 1. introduction and nomenclature. In: SERBAN, C. M. (ed.) *Analytical Pirolisis of Natural Organic Polymers*. Amsterdam: Elsevier.
- Siswosoebrotho, B. I. & Kusnianti, N. 2005. Laboratory Evaluation of Lawele Buton Natural Asphalt in Asphalt Concrete Mixture. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 857 - 867.
- Tsimg, L. K. & Yue, W. L. 2009. Effect of Heating Rate on the Fundamental Properties of Slow Pirolisis Products from Wood. *Forest Products Industries*, 28, 41 - 52.

## LAMPIRAN A

### Perhitungan Densitas dari Minyak Jarak dan Aditif:

Berikut hasil data volume dan massa dari minyak jarak dan aditif,

Tabel A.1 Data untuk Perhitungan Densitas Minyak Jarak dan Aditif Murni

Komponen	Massa	Volume
Minyak Jarak	4,425 gr	5 ml
Aditif	4,305 gr	5 ml

$$\text{Dimana: } \rho = \frac{\text{massa (gr)}}{\text{volume (ml)}}$$

Sehingga densitas dari minyak dan aditif sebagai berikut,

Tabel A.2 Densitas dari Minyak Jarak dan Aditif Murni

Komponen	Densitas
Minyak Jarak	0,885 gr/ml
Aditif	0,871 gr/ml

### Perhitungan Viskositas dari Pelarut:

Berikut karakteristik konstanta C dari viscometer yang digunakan:

Tabel A.3 Kontanta Karakteristik C dari Viskometer

Suhu	Konstanta C
40°C	0,01631
100°C	0,01627

Melakukan interpolasi garis lurus terhadap konstanta C tersebut untuk suhu ruangan, yaitu 25°C sebagai berikut,

$$\frac{C - C_2}{C_1 - C_2} = \frac{T - T_2}{T_1 - T_2}$$
$$C = \frac{(T - T_2)(C_1 - C_2)}{T_1 - T_2} + C_2$$
$$C = 0,01632$$

Menggunakan konstanta karakteristik C untuk menghitung viskositas dari masing-masing pelarut:

$$\text{Viskositas} = C \times t_i$$

Dimana  $i$  adalah masing-masing pelarut, sehingga diperoleh viskositas masing-masing pelarut sebagai berikut,

Tabel A.4 Data dan Perhitungan dari Viskositas Masing-Masing Pelarut

Sampel	t (s)	Viskositas (cP)
Minyak Jarak	13212	215,593
Aditif Murni	7632	124,539
0% aditif – Kerosene Murni	82	1,338
2,5% Aditif	123	2,007
5% Aditif	136	2,219
10% Aditif	140	2,284

Menghitung peningkatan rata-rata dari viskositas pelarut untuk setiap penambahan 2,5% aditif ke dalam pelarut,

Tabel A.5 Rata-rata Peningkatan Viskositas terhadap Komposisi Aditif dalam Pelarut

Aditif (%)	Viskositas	delta Aditif (%)	delta Viskositas
0	1,338 cP	2,5	0,669
2,5	2,007 cP	2,5	0,212
5	2,219 cP	5	0,065
10	2,284 cP		
<b>Rata-rata untuk Setiap 2,5% Aditif</b>		2,5	0,038

#### Perhitungan Titik Bakar dari Pelarut Beraditif:

Titik bakar dari pelarut kerosene dan pelarut kerosene beraditif sebagai berikut,

Tabel A.6 Titik Bakar Pelarut

Pelarut	Titik Bakar
0% aditif – Kerosene Murni	41°C
2,5% Aditif	43°C
5% Aditif	43°C
10% Aditif	44°C

Menghitung peningkatan rata-rata dari titik bakar pelarut untuk setiap penambahan 2,5% aditif ke dalam pelarut,

Tabel A.7 Rata-rata Peningkatan Titik Bakar Pelarut terhadap Komposisi Aditif

Aditif (%)	Titik Bakar (°C)	delta Aditif (%)	delta Titik Bakar
0	41	2,5	2
2,5	43	2,5	0
5	43	5	1
10	44		
<b>Rata-rata untuk Setiap 2,5% Aditif</b>		2,5	0,75

### Perhitungan Persentase Aspal Terekstrak oleh Pelarut Komersil:

Persentase aspal terekstrak dihitung berdasarkan massa batuan yang hilang setelah ekstraksi dibandingkan dengan massa batuan awal, yaitu mengikuti persamaan berikut:

$$\text{Aspal Terekstrak} = \frac{\text{Massa Batuan Awal} - \text{Massa Residu Batuan}}{\text{Massa Batuan Awal}} \times 100\%$$

Dimana untuk masing-masing variasi terdapat 4 sampel.

Berikut data batuan aspal awal dan setelah ekstraksi untuk setiap variasi jumlah pelarut komersil terhadap 2 gram batuan Aspal Buton berserta perhitungannya,

Tabel A.8 Data dan Perhitungan dari Persentase Aspal Terekstrak oleh Variasi Jumlah Pelarut Komersil

No. Uji	Massa Batuan Awal (gr)	Massa Batuan Rata-Rata (gr)	Massa Pelarut Total (gr)	Massa Pelarut Rata-Rata (gr)	Massa Residu Batuan (gr)	Massa Aspal Terlarut (gr)	Massa Aspal Terlarut Rata-Rata (gr)	Persentase Aspal Terlarut (%)
1	2.03		20.20		1.20	0.83		
2	2.01		20.19		1.18	0.83		
3	2.03	2.02	20.04	20.00	1.19	0.84	0.83	41.14
4	2.00		20.26		1.18	0.82		
1	2.00		30.15		1.17	0.83		
2	2.02		30.03		1.19	0.83		
3	2.01	2.02	30.26	30.00	1.19	0.82	0.83	41.32
4	2.03		30.00		1.18	0.85		
1	2.03		40.11		1.19	0.84		
2	2.01		40.04		1.18	0.83		
3	2.01	2.02	40.32	40.00	1.17	0.84	0.84	41.46
4	2.03		40.21		1.19	0.84		
1	2.04		50.00		1.19	0.85		
2	2.00		50.19		1.17	0.83		
3	2.03	2.02	49.98	50.00	1.18	0.85	0.84	41.64
4	2.00		50.04		1.17	0.83		

Berikut ringkasan dari hasil perhitungan di atas,

Tabel A.9 Persentase Aspal Terekstrak terhadap Variasi Jumlah Pelarut Komersil

Pelarut Komersil	% Aspal Terekstrak
20 gr	41.14 %
30 gr	41.32 %
40 gr	41.46 %
50 gr	41.64 %

Menghitung peningkatan rata-rata dari aspal yang terekstraksi untuk setiap peningkatan jumlah pelarut komersil yang digunakan,

Tabel A.10 Rata-rata Peningkatan Jumlah Aspal Terekstraksi terhadap Peningkatan Pelarut

Pelarut	Aspal Terekstrak (%)	delta Pelarut	delta Aspal Terekstrak (%)
20.00	41.14	10.00	0.18
30.00	41.32	10.00	0.15
40.00	41.46	10.00	0.18
50.00	41.64		
<b>Rata-rata</b>		10.00	0.17

#### Perhitungan Persentase Aspal Terekstrak oleh Pelarut Beraditif:

Persentase aspal terekstrak dihitung dengan menggunakan cara yang sama dengan perhitungan sebelumnya untuk pelarut komersil dimana massa pelarut yang digunakan adalah 20 gram. Berikut data batuan aspal awal dan setelah ekstraksi untuk setiap variasi jumlah aditif dalam pelarut terhadap 2 gram batuan Aspal Buton berserta perhitungannya,

Tabel A.11 Data dan Perhitungan dari Persentase Aspal Terekstrak oleh Variasi Jumlah Aditif dalam Pelarut

No Uji	Massa Batuan Awal (gr)	Massa Batuan Rata-Rata (gr)	Massa Pelarut Total (gr)	Persentase Aditif dalam Pelarut (%)	Massa Residu Batuan (gr)	Massa Aspal Terlarut (gr)	Massa Aspal Terlarut Rata-Rata (gr)	Persentase Aspal Terlarut (%)
1	2.00		20.00		1.59	0.41		
2	2.01	2.01	20.27	0 % (Kerosene Murni)	1.65	0.36	0.38	19.01
3	2.02		20.19		1.65	0.37		
4	2.02		20.17		1.63	0.39		
1	2.00	2.02	20.12	2.5 % Aditif	1.45	0.55	0.44	21.81
2	2.03		20.11		1.64	0.39		

3	2.02		20.06		1.64	0.38		
4	2.02		20.30		1.58	0.44		
1	2.02		20.12		1.58	0.44		
2	2.01	2.01	20.11	5 % Aditif	1.60	0.41	0.48	23.73
3	2.00		20.21		1.52	0.48		
4	2.02		20.21		1.44	0.58		
1	2.02		20.04		1.49	0.53		
2	2.01	2.02	20.06	10 % Aditif	1.45	0.56	0.52	25.90
3	2.02		20.22		1.54	0.48		
4	2.02		20.14		1.50	0.52		

Berikut ringkasan dari hasil perhitungan di atas,

Tabel A.12 Persentase Aspal Terekstrak terhadap Variasi Jumlah Aditif dalam Pelarut Kerosene

Pelarut	% Aspal Terekstrak
0% aditif – Kerosene Murni	19,01 %
2,5% Aditif	21,81 %
5% Aditif	23,73 %
10% Aditif	25,90 %

Menghitung peningkatan rata-rata dari aspal yang terekstraksi untuk setiap penambahan 2,5% aditif ke dalam pelarut,

Tabel A.13 Rata-rata Peningkatan Jumlah Aspal Terekstraksi terhadap Komposisi Aditif

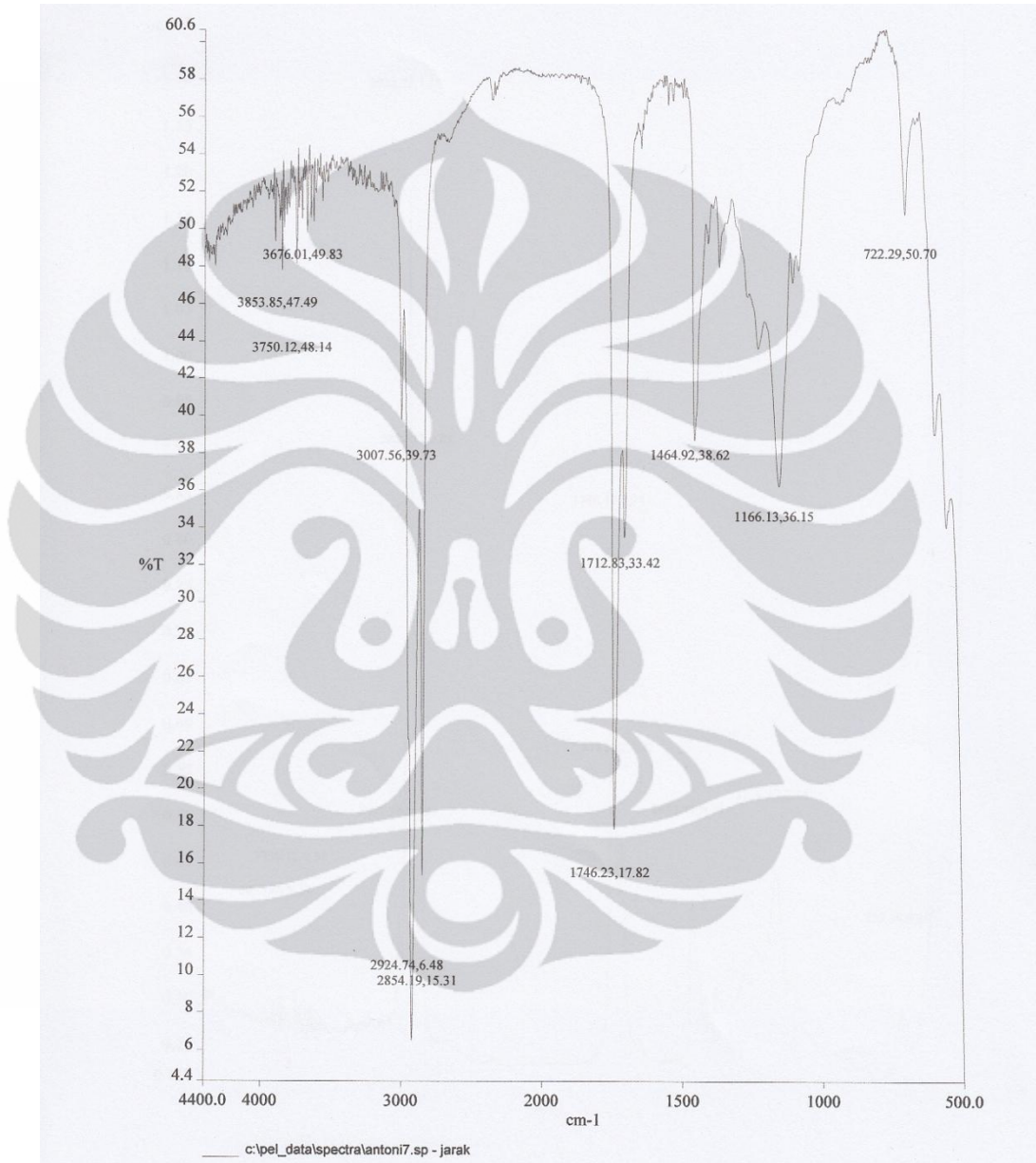
Aditif (%)	Aspal Terekstrak (%)	delta Aditif (%)	delta Aspal Terekstrak (%)
0	19,01	2,5	2,80
2,5	21,81	2,5	1,92
5	23,73	5	2,17
10	25,90		
<b>Rata-rata untuk Setiap 2,5% Aditif</b>		2,5	1,72



## LAMPIRAN B

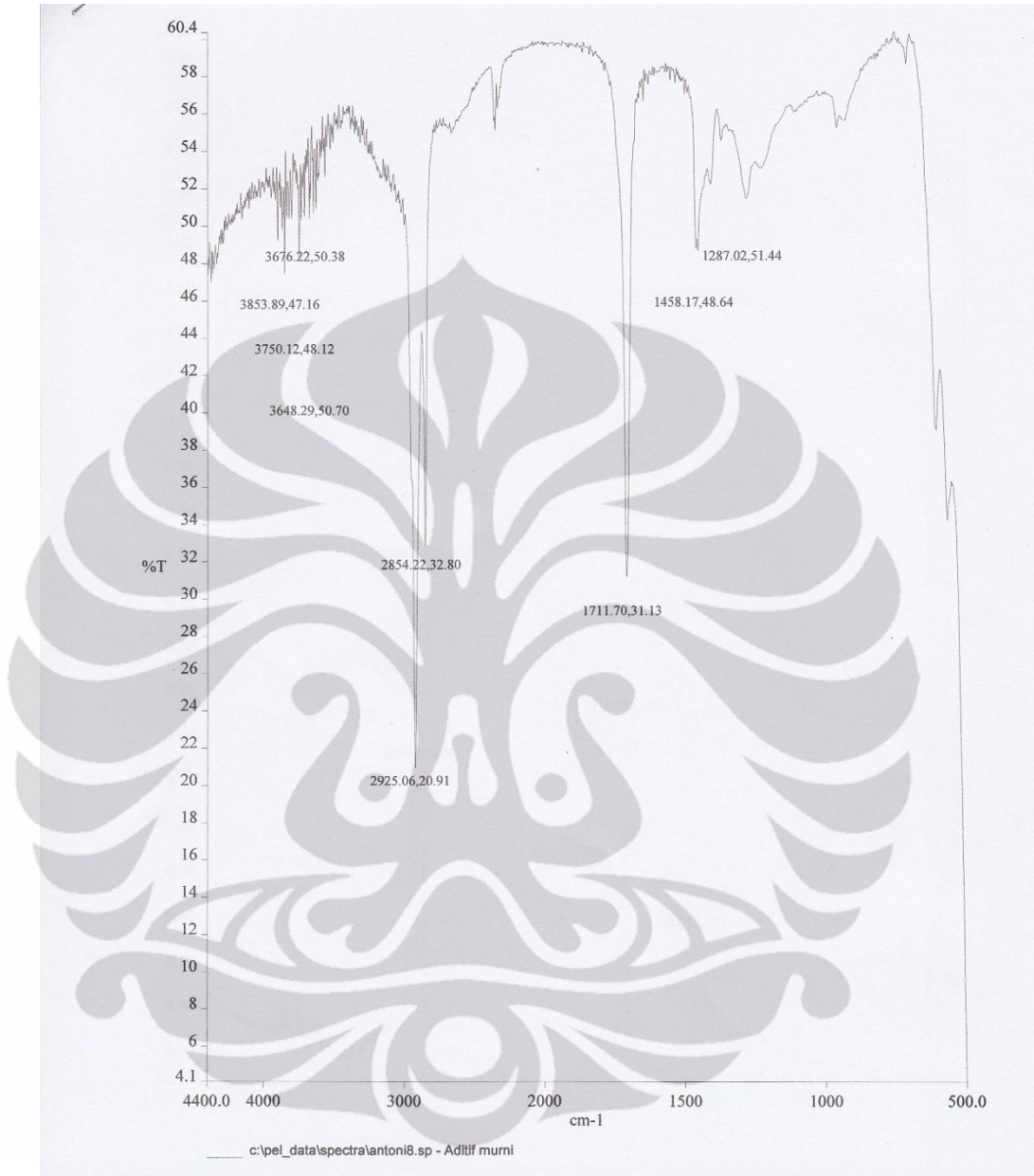
### Hasil Uji FTIR:

- Minyak Jarak



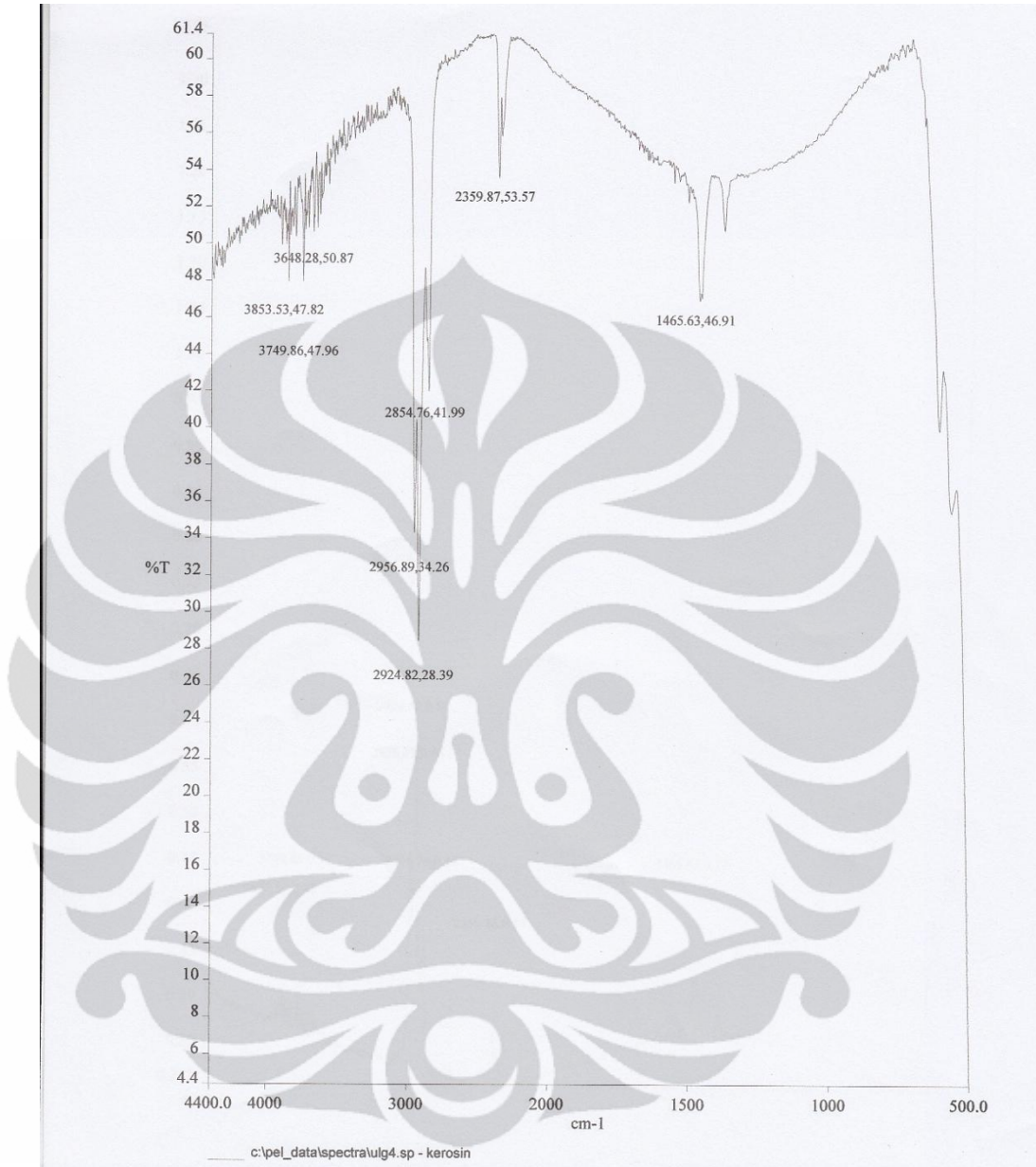
Gambar B.1 % Transmittansi dari Minyak Jarak Hasil Uji FTIR

- Aditif Murni



Gambar B.2 %Transmitasi dari Aditif Murni Hasil Uji FTIR

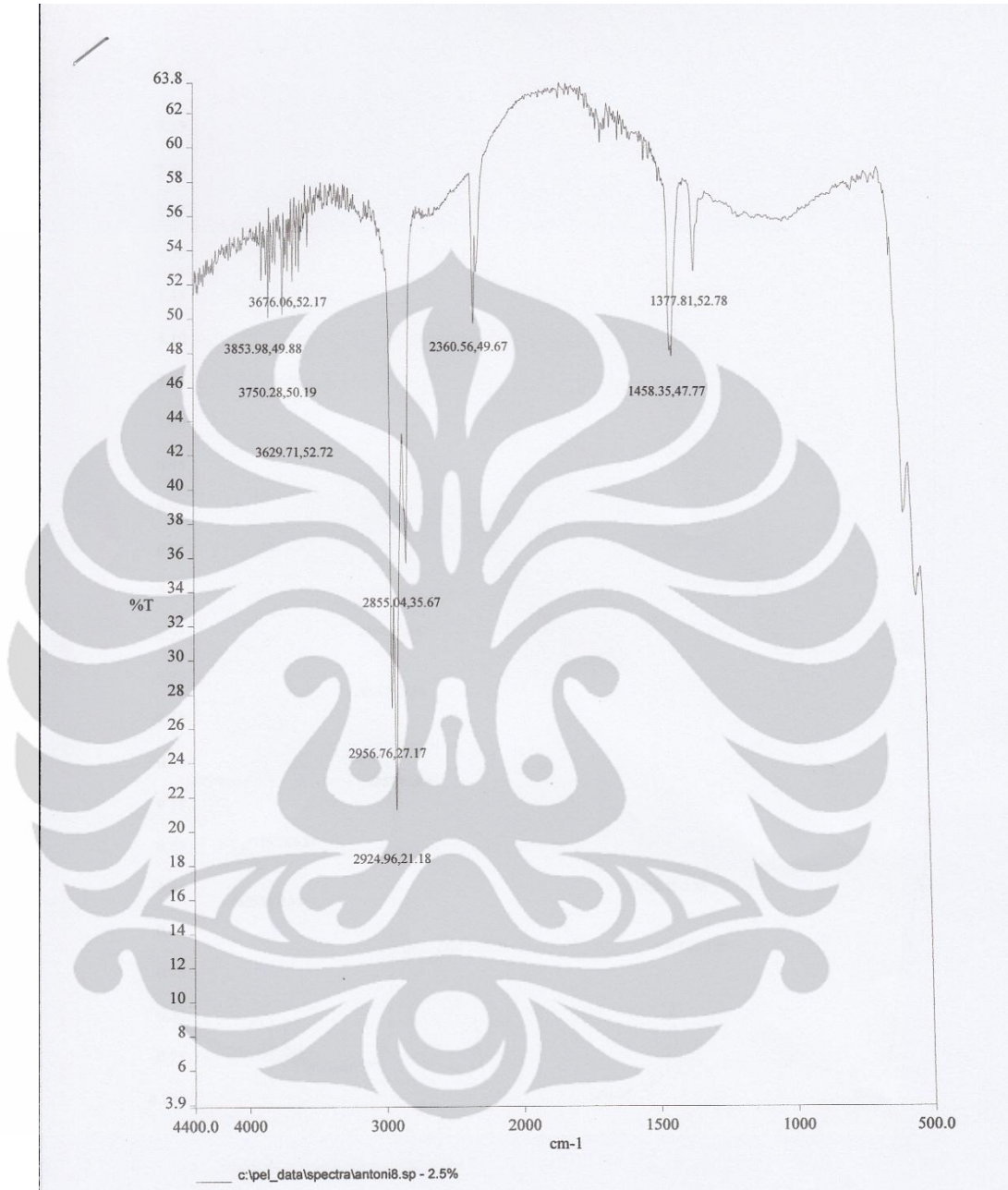
- Kerosene Murni



Gambar B.3 % Transmittansi dari Kerosene Murni Hasil Uji FTIR

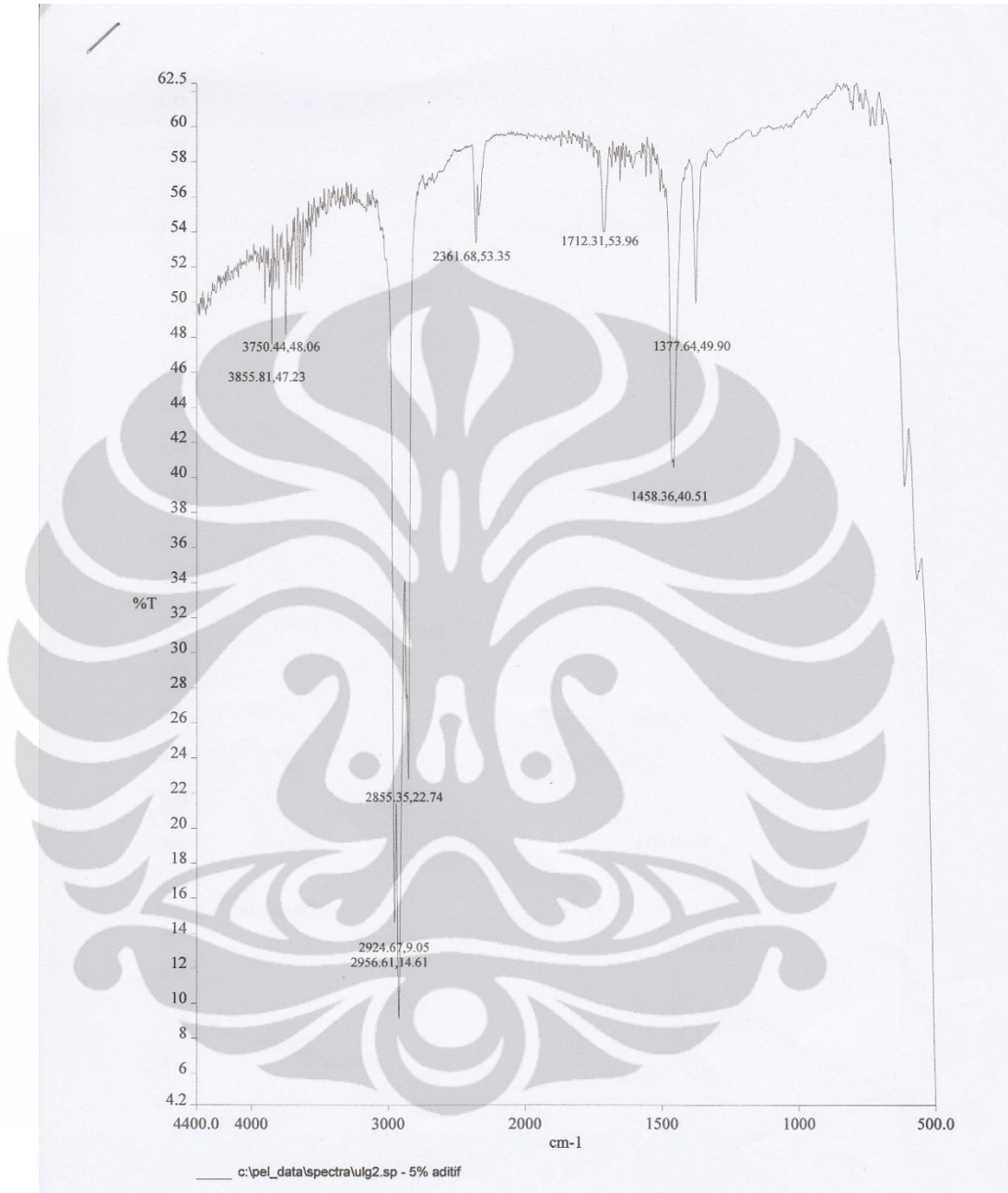


- Aditif 2,5 %



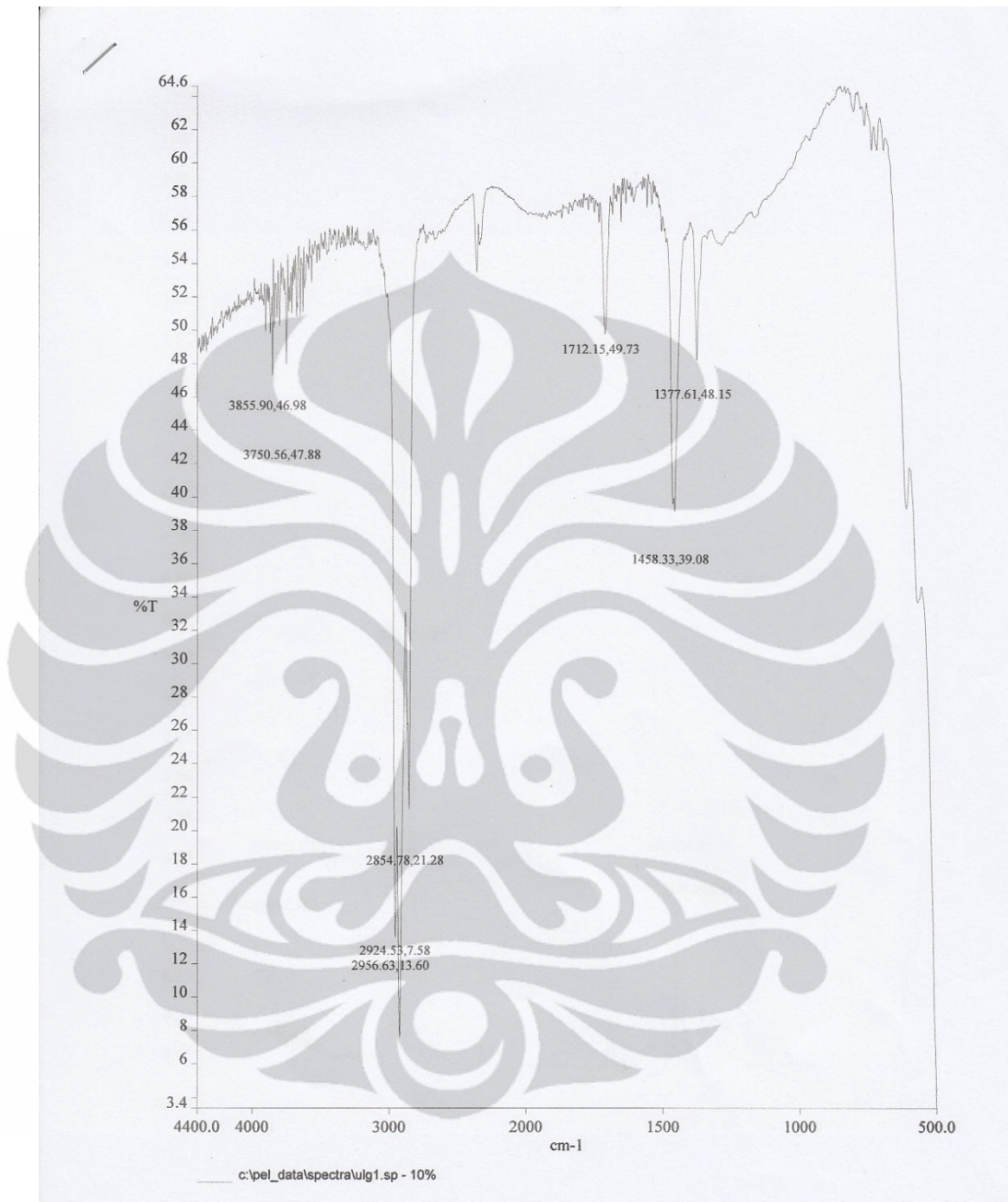
Gambar B.4 % Transmittansi dari Pelarut Beraditif 2,5% Hasil Uji FTIR

- Aditif 5 %



Gambar B.5 % Transmittansi dari Pelarut Beraditif 5% Hasil Uji FTIR

- Aditif 10 %



Gambar B.6 % Transmittansi dari Pelarut Beraditif 10% Hasil Uji FTIR