

**SKRIPSI**

**KOMPOSISI KIMIA FRAKSI *LIGHT OIL* PRODUK  
PENCAIRAN BATUBARA PIT BINTANG BD-MD  
SANGATTA, KALIMANTAN TIMUR**

**MIRNA HAPSARI PRIYANTI  
NRP. 1409 100 083**

**DOSEN PEMBIMBING  
Dra. Yulfi Zetra, MS.**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2014**

**SKRIPSI**

**CHEMICAL COMPOSITION OF LIGHT OIL  
FRACTION FROM PIT BINTANG BD-MD COAL  
LIQUEFACTION PRODUCT, SANGATTA, EAST  
KALIMANTAN**

**MIRNA HAPSARI PRIYANTI**  
NRP. 1409 100 083

**SUPERVISOR**  
Dra. Yulfi Zetra, MS.

**CHEMISTRY DEPARTMENT  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2014**



**KOMPOSISI KIMIA FRAKSI *LIGHT OIL* PRODUK  
PENCAIRAN BATUBARA PIT BINTANG BD-MD  
SANGATTA, KALIMANTAN TIMUR**

**Nama Mahasiswa** : Mirna Hapsari Priyanti  
**NRP** : 1409100083  
**Jurusan** : Kimia FMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Dra. Yulfi Zetra, MS.

**Abstrak**

Salah satu proses yang dikembangkan untuk sumber daya energi alternatif adalah mengubah batubara menjadi bahan bakar cair. Batubara pit bintang BD-MD yang berasal dari Sangatta, Kalimantan Timur, di konversikan menjadi batubara cair melalui proses *brown coal liquefaction* pada tekanan 12 Mpa dan Suhu 450 °C selama 60 menit. Proses pencairan ini menghasilkan produk cair sebesar yang terdiri dari 3,3 gram (4,37%wt) fraksi nafta, 3,54 gram (4,69%wt) light oil, 36,77 gram (48,70 %wt) middle oil dan 13,24 gram (17,53 %wt) heavy oil serta 8,71 gram (11,54 %wt) produk gas (CO, CO<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>). Fraksi nafta, light oil dan middle oil memiliki kandungan senyawa-senyawa hidrokarbon, yang merupakan penyusun bahan bakar cair. fraksi light oil dilakukan pemisahan untuk memperoleh fraksi alifatik, aromatik, dan polar menggunakan metode fraksinasi kolom silika gel. Fraksi alifatik dan aromatik dari light oil serta minyak nafta dilakukan karakterisasi menggunakan KG-MS untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa hidrokarbon yang ada di dalamnya. Komponen senyawa yang teridentifikasi dalam fraksi nafta dan *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BD-MD meliputi senyawa n-alkana, alkana bercabang, alkilsikloalkana, seskuiterpen, alkilbenzen, kadalen, naftalena, dan fenantren. Fraksi *light oil* memiliki kandungan senyawa dengan rentang karbon C<sub>10</sub>-C<sub>21</sub> berpotensi sebagai bahan bakar solar. Sedangkan untuk fraksi minyak nafta berpotensi sebagai bahan bakar kerosin karena memiliki kandungan senyawa dengan rentang karbon C<sub>9</sub>-C<sub>14</sub>.

# **CHEMICAL COMPOSITION OF LIGHT OIL FRACTION FROM PIT BINTANG BD-MD COAL LIQUEFACTION PRODUCT, SANGATTA, EAST KALIMANTAN**

**Student's Name** : Mirna Hapsari Priyanti  
**NRP** : 1409100083  
**Department** : Chemistry, Faculty of  
Mathematics and Science- ITS  
**Supervisor** : Dra. Yulfi Zetra, MS.

## **Abstract**

Process that was developed for alternative energy resources is modify coal into liquid fuel. Pit Bintang BD-MD coal derived from Sangatta, East Kalimantan. Coal converted into liquid through brown coal liquefaction process at a pressure 12 Mpa and temperature 450° C for 60 minute. The liquefaction process for producing liquid products consisting of 3.3 grams (4.37 wt%) naphtha fraction, 3.54 g (4.69 wt%) of light oil, 36.77 g (48.70 % wt) of middle oil and 13.24 grams (17.53 wt%) of heavy oil and 8.71 g (11.54 % wt) gases product (CO,CO<sub>2</sub>,C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>). Fractions of naphtha, light oil and middle oil contains hydrocarbon compounds, which is a constituent of liquid fuels. The separation of light oil fractions to obtain the fraction of aliphatic, aromatic, and polar fractionation using silica gel column. Aliphatic and aromatic fractions of petroleum naphtha and light oil characterization using GC-MS to identify hydrocarbons that exist in it . Component compounds identified in naphtha and light oil fractions of coal liquefaction pit bintang BD-MD include n-alkane,alkane, alkilsikloalkana, sesquiterpenes, alkylbenzene, kadalen, naphthalene, and phenanthrene. Light oil fraction contains compounds with carbon range C<sub>10</sub> - C<sub>21</sub> as a potential diesel fuel. While the potential for oil fractions naphtha as fuel kerosene because it contains compounds with carbon C<sub>9</sub> - C<sub>14</sub> range .

**KOMPOSISI KIMIA FRAKSI *LIGHT OIL* PRODUK  
PENCAIRAN BATUBARA PIT BINTANG BD-MD  
SANGATTA, KALIMANTAN TIMUR**

**SKRIPSI**

Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan  
Program S-1 di Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**MIRNA HAPSARI PRIYANTI**

NRP. 1409 100 083

Surabaya, 30 Januari 2014

JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2014

**KOMPOSISI KIMIA FRAKSI *LIGHT OIL* PRODUK  
PENCAIRAN BATUBARA PIT BINTANG BD-MD  
SANGATTA, KALIMANTAN TIMUR**

**SKRIPSI**

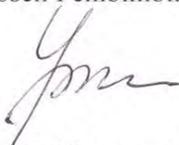
Oleh:

**MIRNA HAPSARI PRIYANTI**

**NRP. 1409 100 083**

Surabaya, 30 Januari 2014

Dosen Pembimbing



Dra. Yulfi Zetra, MS.

NIP. 19600727 198 701 2 001

Mengetahui Ketua Jurusan Kimia,



Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D

NIP. 19691017 199412 1 001

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT Tuhan semesta alam atas segala berkat, rahmat, taufik, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini yang berjudul ” **KOMPOSISI KIMIA FRAKSI *LIGHT OIL* PRODUK PENCAIRAN BATUBARA PIT BINTANG BD-MD, SANGATTA, KALIMANTAN TIMUR**”, yang merupakan prasyarat untuk menyelesaikan program pendidikan Sarjana (S1) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Penyelesaian tugas akhir ini tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karenanya, dengan sepenuh hati penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dra. Yulfi Zetra, MS. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, nasehat serta waktunya selama penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Drs. Agus Wahyudi, MS. selaku pembimbing kedua atas bimbingan, arahan, serta nasehat yang telah diberikan.
3. Prof. Dr. R. Y. Perry Burhan, M.Sc.dan Masteria Yunovilsa Putra, Ph.D. atas ilmu serta waktu yang diberikan.
4. Orang tua serta adik atas bantuan do'a, nasehat, arahan serta dukungan yang tiada henti demi terselesainya penelitian tugas akhir ini.
5. Bapak Hamzah Fansuri, Ph.D selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA-ITS.
6. Segenap keluarga besar tim riset Geokimia Molekuler yang telah turut membantu, bergotong royong dan berjuang bersama-sama dalam penelitian tugas akhir ini.
7. Segenap karyawan Laboratorium Pencairan Batubara BPPT, Serpong, Tangerang Selatan yang telah banyak membantu proses penelitian ini.
8. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Kimia FMIPA ITS atas segala dedikasinya.

9. Reza Bakhtiar atas segala bantuan, doa, serta dukungan yang telah diberikan selama proses penulisan ini.
10. Teman-teman sebangku seperjuangan C-27 Kimia FMIPA ITS yang selalu memberikan semangat.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun terhadap tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bisa memberikan manfaat dan inspirasi bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 30 Januari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Geokimia Organik	5
2.2 Batubara	6
2.2.1 Jenis Batubara	9
2.3 Batubara Kalimantan Timur	10
2.4 Komponen Hidrokarbon Batubara	12
2.5 Pencairan Batubara	14
2.6 Komponen Senyawa Hidrokarbon Produk Pencairan Batubara	20
2.7 Analisa Produk Pencairan Batubara	24
2.7.1 Ekstraksi Cair-cair	24
2.7.2 Kromatografi	24
2.7.2.1 Kromatografi Kolom	24
2.7.2.2 Kromatografi Gas – Spektrofotometri Massa	25

<b>BAB III. METODOLOGI</b>	27
3.1 Alat dan Bahan	27
3.1.1 Alat	27
3.1.2 Bahan	27
3.2 Prosedur Penelitian	27
3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan	27
3.2.2 Pencairan Batubara	28
3.2.3 Fraksinasi Minyak Produk Pencairan Batubara Sangatta (Fraksi <i>Light Oil</i> )	29
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	31
4.1 Pencairan Batubara	31
4.2 Ekstraksi Produk Pencairan Fraksi <i>Light Oil</i>	36
4.3 Fraksinasi Minyak Netral dari Fraksi <i>Light Oil</i>	36
4.4 Identifikasi Kandungan Senyawa dalam Produk Pencairan Batubara Pit Bintang BD-MD	37
4.4.1 Kandungan Senyawa Hidrokarbon Fraksi Minyak Nafta	37
4.4.2 Kandungan Senyawa Hidrokarbon Alifatik Fraksi <i>Light Oil</i>	55
4.4.3 Kandungan Senyawa Hidrokarbon Aromatik Fraksi <i>Light Oil</i>	71
4.5 Komposisi Kimia Produk Pencairan	88
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	91
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	93
<b>LAMPIRAN</b>	101
<b>BIOGRAFI PENULIS</b>	111

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta wilayah tambang batubara di Kalimantan	11
Gambar 2.2	Model struktur batubara bituminus	17
Gambar 2.3	Proses Pelarutan Batubara	18
Gambar 2.4	Proses Pemutusan ikatan molekul batubara	19
Gambar 2.5	Struktur produk pencairan batubara	20
Gambar 4.1	Kromatogram total senyawa hidrokarbon dari minyak nafta hasil produk pencairan batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur	38
Gambar 4.2	Fragmentogram m/z 57 senyawa hidrokarbon n-alkana fraksi minyak nafta hasil pencairan batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	40
Gambar 4.3	Spektrum massa n-alkana C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	41
Gambar 4.4	Spektrum massa n-alkana C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	41
Gambar 4.5	Spektrum massa n-alkana C <sub>13</sub> H <sub>38</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	42
Gambar 4.6	Spektrum massa 3-metilheptana C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	43
Gambar 4.7	Fragmentogram m/z 83 senyawa alkilsikloheksan fraksi minyak nafta hasil pencairan batubara pit Bintang KPC Sangatta, Kalimantan Timur	45
Gambar 4.8	Spektrum massa butilsikloheksan C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	46

	fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	
Gambar 4.9	Spektrum massa pentilsikloheksan C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	47
Gambar 4.10	Fragmentogram m/z 91 senyawa alkilbenzen fraksi minyak nafta hasil pencairan batubara pit bintang Sangatta, Kalimantan Timur.	49
Gambar 4.11	Spektrum massa propilbenzena, C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	50
Gambar 4.12	Spektrum massa butilbenzena C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	50
Gambar 4.13	Spektrum massa 2-etil-1-metilbenzena C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	51
Gambar 4.14	Spektrum massa 1,3-dimetil-2-propilbenzen C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	52
Gambar 4.15	Fragmentogram m/z 128 senyawa naftalena fraksi minyak nafta hasil pencairan batubara pit Bintang KPC Sangatta, Kalimantan Timur	53
Gambar 4.16	Spektrum massa naftalena C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	54
Gambar 4.17	Kromatogram total senyawa hidrokarbon alifatik dari <i>light oil</i> hasil produk pencairan batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur	56
Gambar 4.18	Framentogram m/z 57 senyawa hidrokarbon <i>n</i> -alkana fraksi alifatik produk <i>light oil</i> hasil pencairan batubara Pit Bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	58
Gambar 4.19	Spektrum massa <i>n</i> -dekana C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> fraksi <i>light</i>	59

	<i>oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	
Gambar 4.20	Spektrum massa n-undekana C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	59
Gambar 4.21	Spektrum massa n-nonadekana C <sub>19</sub> H <sub>40</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	60
Gambar 4.22	Spektrum massa n-ikosana C <sub>20</sub> H <sub>42</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	60
Gambar 4.23	Mekanisme <i>thermocracking</i> n-alkana rantai panjang	61
Gambar 4.24	Spektrum massa 3-metiloktan C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	63
Gambar 4.25	Framentogram m/z 109 senyawa hidrokarbon fraksi alifatik produk <i>light oil</i> hasil pencairan batubara Pit Bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	64
Gambar 4.26	Spektrum massa transkadinan, C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	65
Gambar 4.27	Framentogram m/z 83 senyawa hidrokarbon fraksi alifatik produk <i>light oil</i> hasil pencairan batubara Pit Bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	67
Gambar 4.28	Spektrum massa propilsikloheksana, C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	68
Gambar 4.29	Spektrum massa pentilsikloheksana C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	69
Gambar 4.30	Spektrum massa (pentan2-il)sikloheksan C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang	70

Gambar 4.31	BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur Spektrum massa (heksan-2-il)sikloheksan $C_{12}H_{24}$ fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	70
Gambar 4.32	Kromatogram total senyawa hidrokarbon aromatik dari fraksi <i>light oil</i> hasil produk pencairan batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur	72
Gambar 4.33	Framentogram $m/z$ 91 senyawa hidrokarbon fraksi aromatik produk <i>light oil</i> hasil pencairan batubara Pit Bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	74
Gambar 4.34	Spektrum massa 1-butylbenzen $C_{10}H_{14}$ fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur	75
Gambar 4.35	Spektrum massa 1-pentylbenzen $C_{11}H_{16}$ fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur	75
Gambar 4.36	Spektrum massa 1-heksilbenzen $C_{12}H_{18}$ fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur	76
Gambar 4.37	Spektrum massa 1,3-dimetil-2-propilbenzen $C_{11}H_{16}$ fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur	77
Gambar 4.38	Spektrum massa 2-butyl-1,3-dimetilbenzen $C_{12}H_{18}$ fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur	77
Gambar 4.39	Fragmentogram $m/z$ 169 senyawa turunan kadalen fraksi aromatik produk <i>light oil</i> hasil pencairan batubara Pit Bintang KPC Sangatta, Kalimantan Timu	79
Gambar 4.40	Spektrum massa norkadalea $C_{15}H_{18}$ fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur	80
Gambar 4.41	Fragmentogram $m/z$ 128 senyawa naftalena	82

	fraksi aromatik produk <i>light oil</i> hasil pencairan batubara Pit Bintang KPC Sangatta, Kalimantan Timur	
Gamabr 4.42	Spektrum massa naftalena C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	83
Gambar 4.43	Spektrum massa metilnaftalena C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	84
Gambar 4.44	spektrum massa etilnaftalena C <sub>12</sub> H <sub>12</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	84
Gamabr 4.45	Fragmentogram <i>m/z</i> 128 senyawa naftalena fraksi aromatik produk <i>light oil</i> hasil pencairan batubara Pit Bintang KPC Sangatta, Kalimantan Timur	86
Gambar 4.46	Spektrum massa Fenantrena C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> fraksi <i>light oil</i> batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur	87
Gambar 4.47	Reaksi radikal bebas pembentukan fenantrena	88

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Panjang rantai karbon alkana dari bahan bakar dan minyak	22
Tabel 2.2	Karakteristik puncak dasar untuk senyawa hidrokarbon	26
Tabel 4.1	Hasil Analisa Proksimat Batubara Pit Bintang BD-MD	31
Tabel 4.2	Komposisi Umpan dalam pencairan batubara pit bintang BD-MD	32
Tabel 4.3	Jumlah produk total pencairan batubara pit bintang BD-MD	33
Tabel 4.4	Jumlah produk hasil destilasi slurry batubara pit bintang BD-MD	34
Tabel 4.5	Produk pencairan batubara pit bintang BD-MD	35

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan ekonomi yang pesat di Negara-negara Asia dengan jumlah penduduk yang semakin besar membutuhkan sejumlah energi yang besar pula, terutama dalam hal bahan bakar. Indonesia merupakan salah satu Negara dengan kekayaan alam terbesar di dunia. Berbagai laporan menunjukkan bahwa potensi kekayaan alam seperti batubara, gas, dan minyak bumi di Indonesia sangat besar. Pertumbuhan dan perkembangan teknologi dan industri di Indonesia tidak terlepas dari peranan batubara, gas dan minyak bumi, sebagai bahan baku maupun sebagai sumber daya energi. Hal ini dikarenakan sumber daya tersebut memiliki nilai kalor tinggi dan mudah diproses menjadi sumber daya energi dalam berbagai bentuk (Purwono, 2008).

Kebutuhan akan minyak bumi saat ini semakin terus meningkat, namun tidak diimbangi oleh peningkatan produksinya. Keadaan seperti ini secara terus menerus akan menyebabkan terjadinya krisis sumber energi dan dibutuhkan suatu inovasi baru mengenai energi alternatif yang berguna untuk memenuhi kebutuhan energi di masa mendatang. Batubara merupakan sumber energi yang keberadaannya melimpah, sehingga dapat dijadikan salah satu sumber energi alternatif pengganti minyak bumi (Boediono, 2007).

Cadangan batubara Indonesia tersebar cukup luas di berbagai daerah di Indonesia yaitu di wilayah-wilayah Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Jawa, Maluku, dan Papua. Berdasarkan perhitungan cadangan batubara Indonesia yang telah diketahui lebih dari 36,6 milyar ton dan sebanyak 71,6% diantaranya berada di Sumatera dan 27,8% berada di Kalimantan (Purwono, 2008).

Total sumber daya batubara di Indonesia sebesar 105.187,44 juta ton dan estimasi cadangan sumberdaya batubara asli Indonesia mencapai 36,6 miliar ton telah menunjukkan

bahwa cadangan utama dalam bentuk batubara tingkat rendah (lignit) (Kementerian ESDM, 2011; Purwono, 2008). Kualitas yang tidak menguntungkan dari *low rank* seperti kadar air tinggi (<35%) dan nilai kalori rendah (<5100 kkal/kg) membuat sulit untuk diekspor (Artanto, 2000).

Salah satu proses yang dikembangkan untuk sumber daya energi alternatif adalah mengubah batubara menjadi bahan bakar cair. Pencairan batubara adalah proses konversi padat menjadi bahan baku cair di bawah tekanan tinggi dan temperatur. Proses pencairan ini di pengaruhi oleh beberapa faktor antara lain waktu, suhu, tekanan kecepatan pemanasan, sifat pelarut, kualitas batubara, ukuran batubara (mesh), katalisator serta bahan adiktif. Hidrogen dan katalis ditambahkan pada kondisi ini, agar didapatkan bahan bakar dan meningkatkan efisiensi pada proses. Tahun 1999, NEDO dari Jepang melakukan nota kesepahaman untuk melaksanakan studi kelayakan untuk pembangunan pabrik pencairan batubara langsung menggunakan proses *brown coal liquefaction* (BCL) dengan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Setiap satu ton batubara padat yang diolah dalam proses pencairan dapat menghasilkan 6,2 barel bahan bakar minyak sintesis (Jauhary, 2007).

Konversi batubara menjadi bahan bakar cair melalui teknik pencairan (*liquefaction*) melibatkan serangkaian reaksi kimia pada temperatur dan tekanan hidrogen tinggi. Adanya temperatur dan tekanan yang tinggi memungkinkan terjadinya proses perengkahan termal (*thermocracking*) atau penataan ulang radikal pada struktur senyawa biomarka batubara yang ditemukan bebas maupun terikat dalam makromolekul batubara membentuk bahan bakar cair (Yoshida, dkk., 1985; Carlson, dkk., 1991).

Senyawa alisiklik hidrokarbon ditemukan dalam *light oil* produk pencairan batubara bituminous Shenhua Shangwan (Gao, dkk., 2008). Perkiraan prekursor *light* n-alkana diperkuat oleh penelitian Kissin (1993) yang mengidentifikasi C<sub>6</sub>-C<sub>9</sub> sebagai produk reaksi radikal n-C<sub>22</sub>H<sub>36</sub> pada temperatur 350°C selama 24 jam menghasilkan *light* n-alkana sebagai produk utama. Produk

*cracking* senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa komposisi senyawa jenuh bahan bakar cair (Pereira dan Pasa, 2006).

Distribusi senyawa *n*-alkana rantai pendek dengan rentang C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub> banyak digunakan sebagai salah satu komponen penyusun bahan bakar bensin (Speight, 1991), rentang C<sub>9</sub>-C<sub>14</sub> merupakan komponen penyusun bahan bakar jet atau kerosin (Dechamps, 2010), dan rentang C<sub>13</sub>-C<sub>20</sub> untuk bahan bakar solar (Collins, 2007). Bahan bakar bensin, jet dan solar mengandung campuran kompleks senyawa hidrokarbon parafin, olefin, dan aromatik. Senyawa aromatik dalam bahan bakar cair dapat berupa satu atau dua rantai cincin aroamtik (Speight, 1991), dan dapat berupa turunan mono-, di-, dan tri-sikloaromatik. (Dooley, dkk., 2010). Komponen senyawa hidrokarbon alifatik maupun aromatik dalam hasil pencairan batubara memiliki kesamaan sifat komponen senyawa utama pada bahan bakar minyak, seperti senyawa *n*-alkana, sikloalkana, dan aromatik (Sukandarrumidi, 1995 ; Pereira dan Pasa, 2006).

Pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar padat yang belum optimal mendorong adanya upaya konversi batubara menjadi bahan bakar cair. Upaya konversi ini memerlukan informasi mengenai analisa komposisi kimia dari produk pencairan batubara pit bintang BD-MD, Sangatta, Kalimantan Timur, sehingga dapat diketahui kelayakan batubara tersebut menjadi bahan bakar cair.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah yang dapat diangkat dalam penelitian ini adalah apakah komposisi kimia pada fraksi minyak nafta dan *light oil* hasil pencairan batubara pit bintang BD-MD mempunyai potensi sebagai bahan bakar cair.

### **1.3 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi senyawa hidrokarbon pada fraksi minyak nafta dan *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BDMD yang berpotensi sebagai bahan bakar cair.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai komponen senyawa yang terkandung didalam produk pencairan batubara pit bintang BDMD serta potensinya sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Geokimia Organik**

Geokimia organik diartikan sebagai ilmu yang mempelajari kejadian atau peristiwa, komposisi, asal-usul dan kondisi bahan organik di dalam dan dari batuan sedimen (Kvenvolden, 2008). Hal yang paling utama dari ilmu geokimia adalah sebagai parameter organik terhadap komposisi lipid, sulfur dan pigmen organik lain yang terdapat dalam makhluk hidup (Didyk, 1978).

Geokimia organik ini mempelajari mengenai unsur organik yang terdapat di dalam batuan dengan memahami komposisinya, asal, mekanisme pembentukannya, model pengendapan dan distribusinya, sebagaimana hubungan satu dengan yang lain dengan mineral yang ada di bumi (Duran, 2003).

Aplikasi penting dari geokimia organik juga pada teori rasio karbon, dimana geokimia organik merupakan prinsip untuk mengetahui hubungan antara metamorphosis batubara dan lokasi pemendaman minyak. Teori rasio karbon berhubungan dengan geokimia organik yaitu terbentuknya batubara pada batuan, komposisi kandungan karbon pada batubara dan terbentuknya minyak (Kvenvolden, 2008).

Beberapa manfaat geokimia organik diantaranya dapat mempelajari tentang bahan organik sedimenter untuk mempelajari evolusi senyawa suatu fosil molekul organik (biomarka) serta sebagai data pendukung untuk mengurangi resiko dalam eksplorasi minyak bumi (Peters, dkk., 2001).

Tahap-tahap proses geologi ada 3 tingkatan, yaitu:

1. Diagenesis

Diagenesis merupakan tahap awal pada proses degradasi bahan-bahan organik (biopolimer) dari makhluk hidup yang berlangsung pada kedalaman kurang dari 700 m,

mulai terjadi kenaikan suhu didalam tanah sampai 50°C, dan disertai dengan kenaikan tekanan secara perlahan. Pada tahap ini terjadi polikondensasi konstituen organik menjadi geopolimer (kerogen), yang ditandai dengan pemutusan ikatan heteroatom, beberapa gugus fungsi, molekul CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Humat dan kerogen akan mengalami evolusi yang berbeda selama proses perkembangannya pada tahap akhir diagenesis (Tissot dan Walte, 1984).

## 2. Katagenesis

Katagenesis merupakan tahap sedimentasi yang terjadi pada kedalaman sekitar 700-6000 m dengan kenaikan temperatur dari 50-200 °C, disertai dengan kenaikan tekanan mulai dari 300-1500 bar. Pada tahap ini terjadi modifikasi senyawa organik, pemadatan sedimen, pengurangan kadar air, penurunan porositas dan permeabilitas, berkurangnya kadar garam, serta peningkatan kejenuhan dari ikatan hidrogen. Kerogen akan berevolusi membentuk minyak dan gas bumi, sedangkan bahan humat akan membentuk batubara muda (*brown coal*). Pada tahap akhir katagenesis, batubara antrasit mulai terbentuk (Tissot dan Walte, 1984).

## 3. Metagenesis

Tahap ini terjadi pada kedalaman 6000 m dengan kondisi suhu yang sangat tinggi (> 200°C) akibat pengaruh hidrotermal dan magma dari dalam perut bumi. Batubara bertransformasi membentuk *anthracite*. Pada tahap akhir metagenesis dihasilkan residu karbon (grafit) dan gas metana (CH<sub>4</sub>) (Tissot dan Walte, 1984).

## 2.2 Batubara

Batubara adalah sumber energi fosil yang paling banyak dimiliki dunia saat ini. Batubara sendiri merupakan campuran yang sangat kompleks dari zat organik yang mengandung karbon, oksigen, dan hidrogen dalam sebuah rantai karbon serta sedikit

nitrogen dan sulfur, pada campuran ini juga terdapat kandungan air dan mineral (Kent, 1993).

Batubara merupakan substansi heterogen yang dapat terbakar dan terbentuk dari banyak komponen yang mempunyai sifat saling berbeda. Batubara dapat didefinisikan sebagai suatu sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tanaman selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tanaman ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, sehingga lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras. Pola yang terlihat dari proses perubahan bentuk tumbuh-tumbuhan hingga menjadi batubara yaitu dengan terbentuknya karbon. Kenaikan kandungan karbon dapat menunjukkan tingkatan batubara, dimana tingkatan batubara yang paling tinggi adalah antrasit, sedang tingkatan yang lebih rendah dari antrasit akan lebih banyak mengandung hidrogen dan oksigen (Yunita, 2000).

Pembentukan batubara dimulai sejak *carboniferous period* (Periode pembentukan Karbon atau Batubara), atau di kenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Mutu dari setiap endapan batubara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan, yang disebut sebagai 'maturitas organik'. Proses awal, gambut berubah menjadi *lignite* (batubara muda) atau *brown coal* (batubara coklat), batubara jenis ini merupakan jenis maturitas organik rendah. Di bandingkan dengan batubara jenis lainnya, batubara muda agak lembut dan warnanya bervariasi dari hitam pekat hingga kecoklat-coklatan. Mendapatkan pengaruh suhu dan tekanan yang terus menerus selama jutaan tahun, batubara muda mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batubara *sub-bituminous*.

Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam dan membentuk bitumen atau antrasit. Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit. Pemanfaatan batubara hingga saat ini digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk menghasilkan listrik. Pembakaran batubara yang mengandung sulfur dengan kadar tinggi, menghasilkan polutan udara, seperti sulfur dioksida, yang dapat menyebabkan terjadinya hujan asam. Karbondioksida yang terbentuk pada saat pembakaran berdampak negatif pada lingkungan (Achmad, 2004).

Metode analisis dan pemisahan batubara yang digunakan pada abad ke 20, diantaranya adalah destilasi destruktif dan ekstraksi pelarut menunjukkan bahwa batubara hanya mengandung karbon, dan konsentrasi hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur yang lebih sedikit. Adanya kandungan senyawa anorganik seperti aluminium dan silikon oksida akan menghasilkan abu pada hasil pembakaran batubara. Hidrogen merupakan komponen utama dari gas yang dihasilkan walaupun ammonia, gas karbon monoksida dan dioksida, benzena dan beberapa gas hidrokarbon juga terbentuk. Secara organik, batubara terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan beberapa sulfur serta nitrogen. Tingkat kematangan dari suatu batubara dapat diketahui melalui perbandingan antara atom C dan H. Perbandingan  $\text{CH}_2/\text{CH}_3$  yang lebih tinggi pada batubara *lower block* melalui analisa gugus FTIR, menunjukkan bahwa kandungan hidrokarbon berasal dari kontribusi liptinit yaitu alifatik rantai panjang dan tidak bercabang. Kandungan oksigen dapat berbentuk karboksil, keton, hidroksil (fenolat dan alkohol) dan gugus metoksi tetapi distribusi dari gugus fungsi bermacam-macam bergantung pada jenis tingkatan batubara. Nitrogen ditemukan dalam bentuk amina dan dalam cincin aromatik seperti piridil. Komponen sulfur ditemukan dalam bentuk thiol, sulfida dan cincin aromatik seperti thiopen (Killops dan Killops, 1993; Huo, dkk., 1998; Walkers dan Mastalerz, 2004).

Secara anorganik, batubara terdiri dari beragam senyawa pembentuk abu. Lamanya penimbunan akan mempengaruhi lapisan atau struktur batubara yakni akan semakin keras dan kompleks. Penyebabnya adalah kandungan unsur karbon yang bertambah banyak, panas yang diserap dan senyawa – senyawa gas yang dihasilkan seperti karbon dioksida, metana dan hidrogen saat proses pembakaran (Miller, 2005).

### 2.2.1 Jenis Batubara

Batubara dapat dikelompokkan berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batubara umumnya dibagi dalam lima kelas. Perbedaan antara jenis-jenis batubara saat ini dapat diketahui melalui nilai energi yang dimilikinya, kandungan air, karakteristik abu, dan sulfur (Katzner, 2007). Pengelompokkan batubara sebagai berikut:

a. Lignit

Batubara jenis ini dapat disebut dengan *brown coal* (batubara coklat) merupakan tingkatan batubara yang terendah. Memiliki serat dan tekstur yang mudah hancur akibat dari tingginya kandungan air di dalamnya. Batubara coklat ini memiliki nilai ekonomis yang sangat rendah (harga jual rendah). Hal ini disebabkan kandungan air (35 wt%) dan cenderung mudah terbakar secara spontan ketika sangat kering ( Artanto, 1999 ).

b. Sub-bituminus

Batubara sub-bituminus memiliki kandungan air yang lebih rendah dari pada batubara coklat (*brown coal*). mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.

c. Bituminus

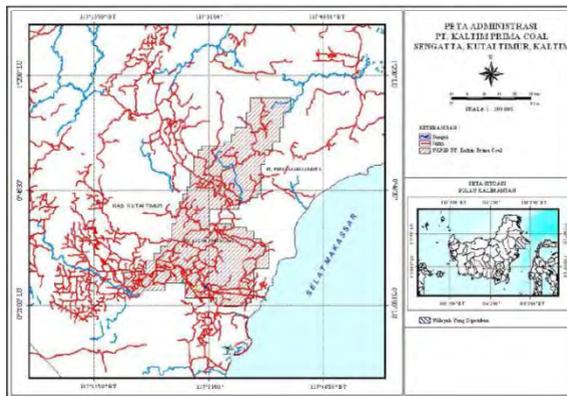
Termasuk kedalam kategori batubara bertingkat tinggi yang berwarna hitam gelap dan coklat tua. Batubara ini mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya.

d. Antrasit

Antrasit adalah jenis batubara dengan struktur yang lebih keras, nilai kandungan senyawa atom karbon sebesar 86-98% dan kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari (Logan, 2008).

### 2.3 Batubara Kalimantan Timur

Kawasan pertambangan batubara terletak 120 km di arah Timur Laut Samarinda atau berjarak 200 km dari Balikpapan. Pada gambar 2.2 merupakan wilayah eksplorasi, penambangan dan pemasaran batubara dengan luas daerah kerja 90.960 Ha, yang meliputi wilayah sangatta dan bengalon (PT. Kaltim Prima Coal, 2005). Di daerah Sangatta terdapat dua kelompok potensi batubara utama, yaitu potensi batubara pinang dan melawan. Daerah sangatta membentang di antara sungai Bengalon dan sungai Sangatta. Kedua sungai ini bermuara ke arah timur menuju selat Makasar. Daerah ini didominasi oleh perbukitan bergelombang dengan elevasi tertinggi mencapai 330 meter di atas permukaan laut yang merupakan puncak dari Pinang Dome. Daerah yang berada di sekitar Pinang Dome memiliki relief yang cukup tajam dengan kemiringan lereng yang relatif curam. Daerah-daerah yang tersebar di sekitar Pinang Dome relatif memiliki morfologi bergelombang, terdapat perbukitan kecil. Satuan morfologi yang relatif datar mendominasi bagian selatan daerah Pinang Dome di sepanjang bagian hilir sungai Sangatta di Kota Sangatta (Murjanto, 2011).



Gambar 2.1 Peta wilayah tambang batubara di Kalimantan

Formasi Balikpapan yang berumur miosen merupakan formasi pembawa lapisan batubara di daerah Sangatta dan Bengalon. Formasi ini terbentuk di dalam cekungan Kutai yang melampar dari sebelah selatan Samarinda hingga di utara daerah Sangkulirang (Murjanto, 2011)

Lapisan-lapisan batubara yang terdapat di daerah Pinang dan Sangatta antara lain meliputi : Melawan Seam, Prima Seam, Bintang Seam, Sangatta Seam, Middle Seam, Pinang Seam. Data geologi permukaan menunjukkan bahwa semakin ke timur umur batuan semakin muda. Batuan-batuan tersebut diendapkan mulai dari lingkungan neritik luar hingga delta. Lingkungan delta di daerah Sangatta mengalami progradasi dari barat ke timur sejak miosen awal hingga pliosen (Samuel dan Muchsin, 1975).

Pertambangan batubara Loa Janan secara geologi termasuk kedalam cekungan Kutai (Kabupaten Kutai) yang terususun sedimen organik pada masa Eosen Tengah yang diikuti oleh fase pelenturan dasar cekungan yang berakhir pada masa oligosen akhir. Peningkatan tekanan karena tumbukan lempeng mengakibatkan pengangkatan dasar cekungan ke arah barat laut yang menghasilkan siklus regresif utama sedimentasi klastik di cekungan kutai dan tidak terganggu sejak masa oligosen akhir

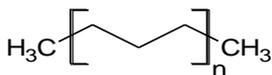
hingga sekarang. Pada kala Miosen Tengah pengangkatan dasar cekungan dimulai dari bagian barat Cekungan Kutai yang bergerak secara progresif ke arah timur sepanjang waktu dan bertindak sebagai pusat pengendapan. Selain itu juga terjadi susut laut yang berlangsung terus menerus sampai miosen akhir. Bahan yang terendapkan dari bagian selatan, barat dan utara cekungan menyusun Formasi Warukin, Formasi Pulaubalang, Formasi Pamaluan, Formasi Kampung Baru dan Formasi Balikpapan (Ferguson, 1997).

Mengacu pada pernyataan Supriatna (1995), struktur di daerah telitian yang dapat diamati di lembar samarinda adalah lipatan antiklinorium dan sesar, lipatan umumnya berarah timur laut-barat daya, dengan sayap lebih curam dibagian tenggara. Formasi Balikpapan sebagian terlipat kuat dengan kemiringan antara 40-75°. Batuan yang lebih muda seperti formasi kampung baru pada umumnya terlipat lemah. Didaerah ini terdapat tiga jenis sesar, yaitu sesar naik, sesar turun, dan sesar mendatar. Sesar naik diduga terjadi pada miosen akhir yang kemudian terpotong oleh sesar mendatar kemudian sesar turun menjadi pliosen.

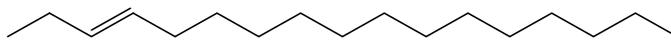
#### **2.4 Komponen Hidrokarbon Batubara**

Informasi karakteristik biomarka dari suatu batubara diperlukan sebagai data pendukung untuk menentukan kelayakan batubara tersebut untuk dicairkan. Hal ini didasarkan pada penelitian Starchan, dkk., (1989) yang membandingkan komposisi biomarka bahan bakar sintesis dari batubara terhadap biomarka dari minyak bumi. Tak hanya memberikan informasi mengenai kelayakannya untuk dikonversi menjadi bahan bakar cair, tetapi juga memberikan informasi mengenai sumber batuan. Pada produk pencairan batubara ditemukan pula beberapa senyawa biomarka yang tidak mengalami proses *cracking* yaitu senyawa transkadinan, kadalena, dan norkadalena (Jones, dkk., 1982).

Biomarka hidrokarbon alifatik dapat ditemukan pada batubara adalah senyawa hidrokarbon dengan berbagai kerangka dasar antara lain *n*-alkana (1), *n*-alkena (2). Distribusi *n*-alkana dapat digunakan untuk mengetahui sumber bahan organik dan tingkat kematangan sedimen (Philp, 1985). Senyawa hidrokarbon *n*-alkana tersebar luas dalam tanaman dan organisme lain merupakan kelas biomarka yang banyak dieksploitasi (Herod, 1995).

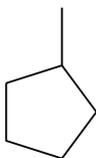


(1)

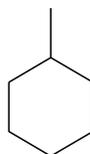


(2)

Senyawa hidrokarbon alkana bercabang dan siklik juga ditemui pada hasil pencairan batubara, karena senyawa 24-etil-diakolest-13(17)-ena, dimana senyawa ini memiliki stabilitas termal yang rendah sehingga pada proses *liquefaction* yang dilakukan pada suhu tinggi pada umumnya akan berubah menjadi metil siklopentana (3) maupun metil sikloheksana (4) (Budiarti, 2005) yang merupakan salah satu komponen dalam bahan bakar cair (Kaminski dan Kartanowicz, 2004).



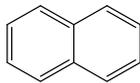
(3)



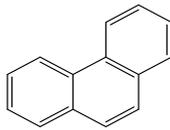
(4)

Hidrokarbon aromatik merupakan fraksi penting bitumen dan kelimpahannya lebih banyak daripada fraksi hidrokarbon jenuh dalam ekstrak batubara. Hidrokarbon aromatik ini merupakan penurunan dari prekursor alam yang berupa senyawa lipid dari

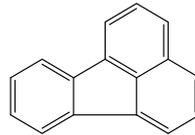
bakteri dan tanaman tingkat tinggi. Senyawa tersebut mengalami transformasi geokimia selama tahap diagenesis. Fraksi ini juga memberikan informasi mengenai sumber material batuan, lingkungan pengendapan dan kematangan batubara, khususnya batubara coklat atau lignit. Secara umum hidrokarbon aromatik yang terdapat pada batubara subbituminus dan bituminus mengandung naftalena (5), fenantren (6), fluoranten (7), krisen (8), piren (9), perilen (10), dan koronen serta substitusi homolog alkil  $C_1-C_3$  (Wang dan Simoneit, 1991).



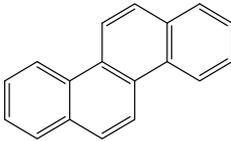
(5)



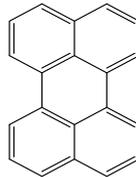
(6)



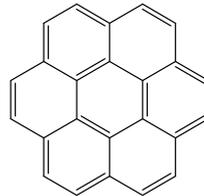
(7)



(8)



(9)



(10)

## 2.5 Pencairan Batubara

Sejarah ilmu pengetahuan tentang konversi batubara menjadi bahan bakar hidrokarbon cair diperluas sampai abad 19 dengan penelitian Bertholet. Pada tahun 1913, Bergius memulai pekerjaannya dan berkembang menjadi proses *hidroliquifaction* batubara hingga mencapai titik industrilisasi yang signifikan selama perang dunia II di Jerman. Ketertarikan dalam teknologi ini menjadi terhenti diikuti dengan penemuan dan produksi minyak secara besar di Timur Tengah. Tetapi, hal tersebut tetap dilakukan sebagai dasar teknologi untuk teknologi *hydrocracking*

minyak bumi yang diperkenalkan pada akhir tahun 1950 (Rosenthal dkk, 1982).

Ada tiga cara umum yang berlaku dibawah perkembangan untuk menghasilkan batubara cair, yaitu:

1. Pirolisis, yang termasuk dekomposisi termal langsung dari batubara
2. Hidrogenasi, yang termasuk penambahan H<sub>2</sub> ke struktur batubara dari sintesis gas atau dari donor pelarut dan menuju arah produksi fragmen batubara (*direct coal liquefaction*)
3. Sintesis tidak langsung dari campuran CO/H<sub>2</sub>, yang membutuhkan gasifikasi batubara untuk menghasilkan CO dan campuran H<sub>2</sub> (*indirect coal liquefaction*). Langkah ini selanjutnya disebut sintesis katalitik (Penner dkk, 1980).

Produk hidrokarbon hasil pencairan batubara memiliki hubungan dengan karakter geokimia suatu batubara. Analisa karakter geokimia tersebut dapat menentukan jenis batubara dan kelayakannya untuk dilakukan proses pencairan. Kondisi pencairan yang sering digunakan dalam pencairan batubara coklat adalah tekanan 14,7-18.6 MPa dan temperatur 450°C . Perusahaan Jepang (NEDOL) menggunakan tekanan 7 MPa dan temperatur 450°C untuk memperoleh produk pencairan 54% wt dan komponen batubara 40-50% wt (Hirano, 2000).

Proses pemisahan produk pencairan untuk memperoleh fraksi nafta, *light oil*, *middle oil*, *heavy oil* dan residu yaitu menggunakan instrumen distilasi vakum. Titik didih yang digunakan untuk pemisahan produk pencairan yaitu <180°C untuk memperoleh fraksi *naphtha* dan *light oil*, 180 °C-300°C untuk memperoleh fraksi produk *middle oil* dan 300°C-420°C menghasil fraksi *heavy oil* dan *coal liquid bottom* (residu) (Osuma, 2000). Fraksi *light oil* dan *middle oil* adalah produk yang dapat digunakan sebagai bahan bakar cair. Fraksi *heavy oil* adalah

fraksi sisa (residu) yang sebagai pelarut pendonor hidrogen setelah proses *hydrotreatment* (Hirano, 2000).

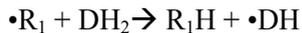
Proses pencairan batubara dilakukan pada suhu dan tekanan hidrogen yang tinggi sehingga terjadi reaksi pemutusan makromolekul batubara menjadi senyawa-senyawa dengan berat molekul rendah dan dimungkinkan terjadi perubahan kandungan senyawa organik batubara (Miller, 2005). Reaksi pencairan batubara melibatkan serangkaian reaksi radikal bebas dengan bantuan pelarut dan katalis. Selama reaksi pencairan batubara, pelarut berperan memecah ikatan dalam batubara atau membuka cincin molekul hidroatomik dan mempercepat dealkilasi dari campuran alil aromatik. Katalis berperan untuk memasukkan atom hidrogen ke dalam batubara atau campuran batubara-pelarut (Maholtra dan McMillen, 1993).

Proses reaksi radikal bebas dalam pencairan batubara dijelaskan oleh Rudnick dan Tueting (1984) melalui beberapa tahap, yaitu :

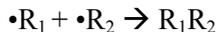
1. Tahap Inisiasi, yaitu dekomposisi termal batubara menjadi fragmen-fragmen radikal bebas.



2. Tahap Propagansi, yaitu tahap pendonoran hidrogen, dimana radikal bebas yang terbentuk bereaksi dengan komponen pelarut yang berperan sebagai donor hidrogen

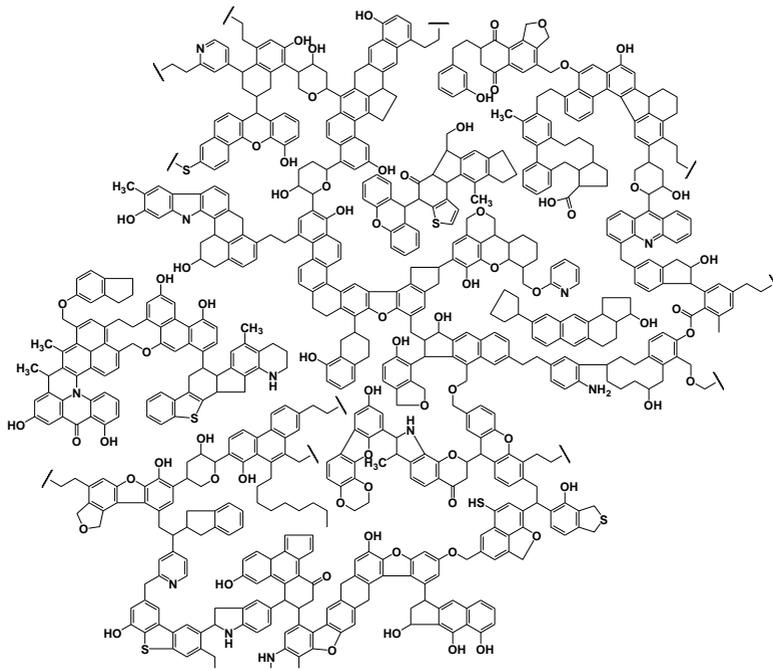


3. Tahap Terminasi, dimana radikal bebas bereaksi dengan radikal batubara.



Struktur molekul batubara merupakan sekumpulan cincin benzena dan cincin aromatik polinukleus yang gugus fungsinya saling berikatan satu sama lain, menggunakan ikatan metilen atau

dan ikatan eter. Model struktur batubara bituminous ditunjukkan pada gambar 2.2 (Shinn, 1984).

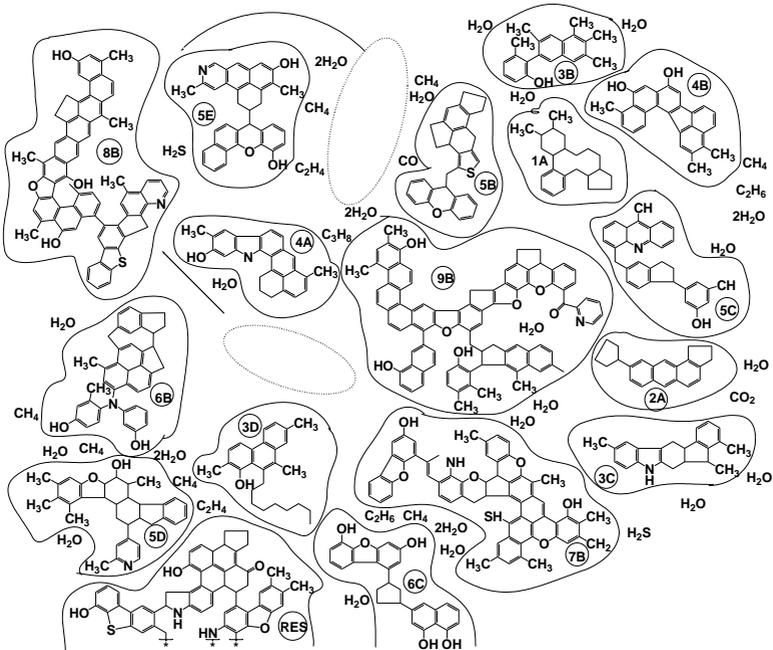


Gambar 2.2 Model struktur batubara bituminous

Batubara memiliki struktur makromolekul yang berikatan silang. Ketika reaksi pencairan terjadi depolimerisasi, batubara memutus ikatan penghubung unit-unit dasar penyusun batubara dan menghasilkan senyawa hidrokarbon seperti yang ada di dalam minyak bumi. Reaksi pencairan batubara terjadi dalam tiga tahapan yaitu proses pelarutan, reaksi pemutusan ikatan dan reaksi retrogesif (Shinn, 1984).

Tahap awal, jumlah hidrogen dari pelarut donor hidrogen atau dari katalis yang seimbang dengan jumlah fragmen radikal

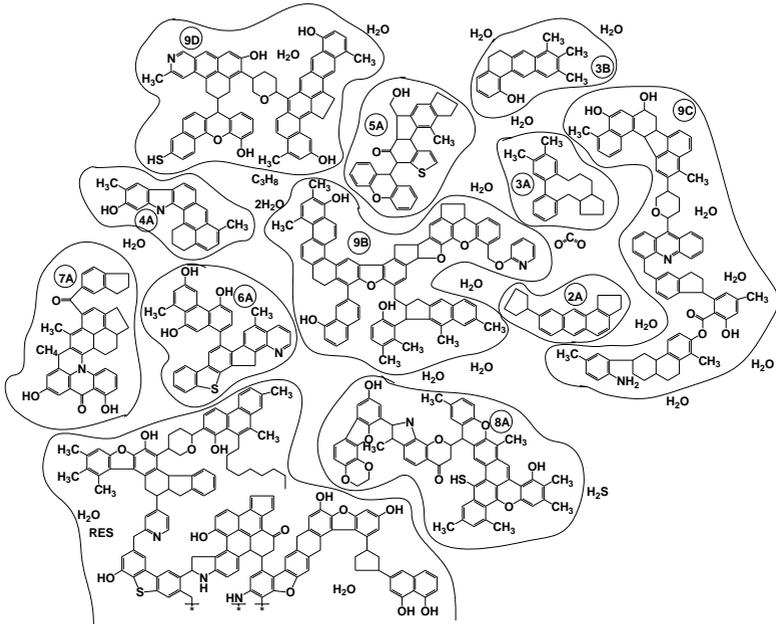
bebas menyebabkan ukuran radikal bebas menjadi kecil dan stabil sehingga larut dalam pelarut. Proses pelarutan batubara di ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses pelarutan batubara

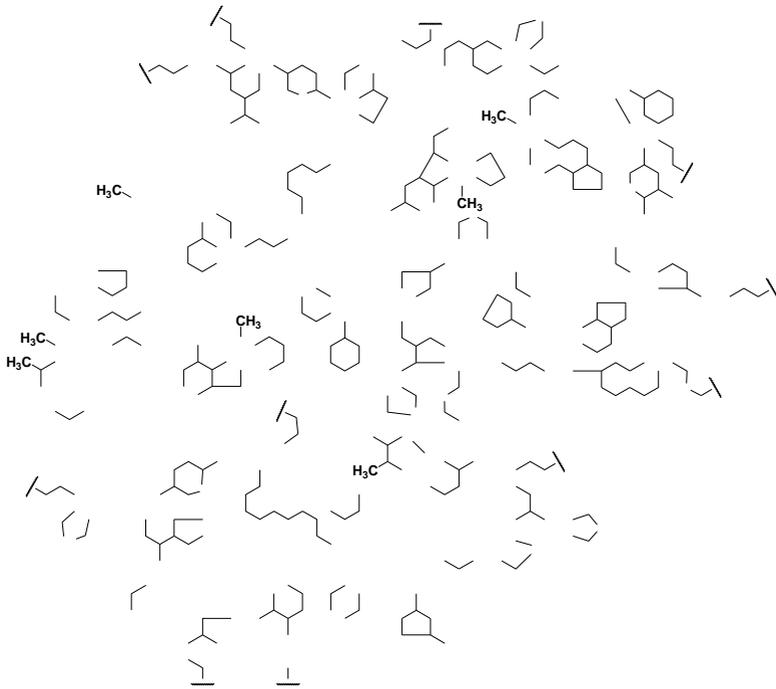
Ikatan-ikatan yang menghubungkan unit dasar penyusun batubara menjadi labil pada suhu diatas 350°C kemudian mengalami perengkahan termal menghasilkan fragmen radikal bebas yang reaktif seperti yang digambarkan pada gambar 2.3 di atas. Tahap kedua terjadi reaksi pemutusan ikatan yang dilakukan secara langsung oleh hidrogen reaktif yang menyerang ikatan tersebut. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar 2.4. Secara tidak langsung pemutusan ikatan dengan mekanisme pemutusan induksi dan reaksi pembukaan cincin aromatis yang memiliki

ikatan yang sangat kuat direngkahkan secara termal (Shinn, 1984).



Gambar 2.4 Proses Pemutusan ikatan molekul batubara

Tahap akhir yaitu proses pencairan batubara terjadi reaksi retrogresif. Fragmen-fragmen radikal bebas yang belum terstabilkan berkombinasi dengan molekul lainnya menghasilkan ikatan yang stabil secara termal. Reaksi rekombinasi terjadi secara berulang kali akan menghasilkan molekul besar yang tahan terhadap depolimerisasi. Reaksi retrogresif akan meningkat apabila radikal-radikal bebas terperangkap dalam makromolekul batubara yang menghalangi pelepasan radikal dan donor. Maka dari itu, pelarutan molekul terdepolimerisasi untuk memecah perangkap dan meminimalkan interaksi makromolekul komponen batubara. Berikut gambar 2.5 menunjukkan struktur produk pencairan batubara (Shinn, 1984).



Gambar 2.5 Struktur produk pencairan batubara

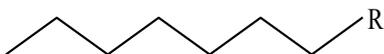
## 2.6 Komponen Senyawa Hidrokarbon Produk Pencairan Batubara

Komposisi senyawa biomarka yang ada dalam bahan bakar cair sintetik dari batubara dapat memberikan informasi tentang sumber batuan. Pada produk pencairan batubara masih ditemukan beberapa senyawa biomarka yang lolos dari proses *cracking* seperti senyawa *trans* kadinan, kadalena, dan norkadalena (Jones, dkk., 1982).

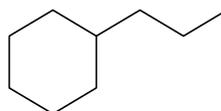
Proses pencairan batubara akan terjadi proses *cracking* *n*-alkana rantai panjang menjadi *n*-alkana rantai pendek yang menghasilkan hidrokarbon cair. produk *thermocacking* *n*-alkana rantai pendek dan alkilsikloalkana diperkirakan berasal dari *n*-

alkana rantai panjang, rantai cabang n-alkil (Dong, dkk. 1987; Kissin, 1990).

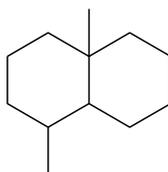
Pencairan batubara menggunakan suhu tinggi menghasilkan sejumlah senyawa hidrokarbon alifatik. Pada penelitian yang dilakukan oleh Dong, dkk., (1987) menunjukkan adanya senyawa hidrokarbon alifatik dalam produk pencairan batubara wadoan, Australia seperti senyawa n-alkana rantai pendek  $C < 20$  (11), alkilsikloheksana (12), dan bisiklik terpenoid (13).



(11)



(12)



(13)

Senyawa alifatik batubara cair dapat diperkirakan berasal dari reaksi *thermoc cracking* komponen senyawa batubara pada suhu dan tekanan tinggi. Produk *thermoc cracking* n-alkana rantai panjang dan rantai cabang alkil dapat menghasilkan senyawa n-alkana rantai pendek dan turunan sikloalkana (Kissin, 1993). Senyawa n-alkana rantai pendek seperti n-heptana, n-oktana merupakan *cracking* minyak yang berasal dari senyawa prekursor n-pentadekana. Perkiraan prekursor *light* n-alkana diperkuat oleh penelitian Kissin (1993) yang mengidentifikasi  $C_6$ - $C_9$  sebagai produk reaksi radikal  $n-C_{22}H_{36}$  pada temperatur  $350^\circ C$  selama 24 jam menghasilkan *light* n-alkana sebagai produk utama. Produk *cracking* senyawa-senyawa tersebut merupakan

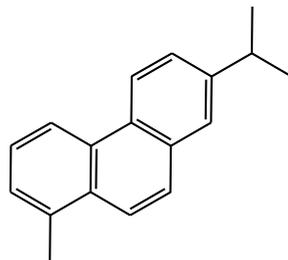
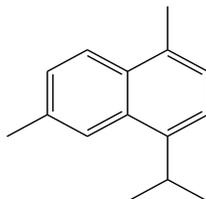
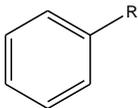
senyawa komposisi senyawa jenuh bahan bakar cair (Pereira dan Pasa, 2006).

Komposisi molekul yang identik antara produk pencairan dengan produk fraksinasi minyak bumi dapat diketahui dari jumlah atom karbonnya. Distribusi senyawa n-alkana rantai pendek dengan rentang  $C_4$ - $C_{11}$  banyak digunakan sebagai salah satu komponen penyusun bahan bakar bensin (Speight, 1991), rentang  $C_9$ - $C_{14}$  merupakan komponen penyusun bahan bakar jet atau kerosin (Dechamps, 2010), dan rentang  $C_8$ - $C_{21}$  untuk bahan bakar solar (Collins, 2007). Pada tabel 2.1 menggambarkan panjang rantai karbon dari alkana yang terkait dengan formula bahan bakar dan minyak.

Tabel 2.1 Panjang rantai karbon alkana dari bahan bakar dan minyak (Collins, 2007).

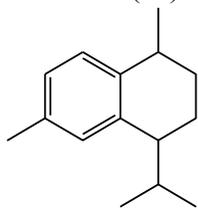
Bahan bakar atau minyak	Rantai Karbon
Minyak Tanah	$C_4$ - $C_{12}$
Bahan bakar jet	$C_5$ - $C_{14}$
Kerosin	$C_6$ - $C_{16}$
Diesel	$C_8$ - $C_{21}$

Selain senyawa hidrokarbon jenuh, komponen senyawa tak jenuh atau aromatik ditemukan disetiap proses pencairan batubara. Beberapa senyawa fraksi aromatik produk pirolisa batubara Wyodak yang ditemukan adalah alkil benzena  $C_{14}$ - $C_{34}$  (14), kadelana (15), dan retena (16).

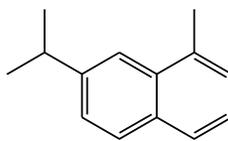


Senyawa aromatik dalam produk pirolisa batubara dihasilkan dari aromatisasi komponen sikloalkana batubara dengan kestabilan tinggi. Senyawa kadalena dapat ditemukan dalam sedimen tua dan muda dengan kestabilan termal yang tinggi sehingga saat proses pencairan tetap bertahan (Van Aarssen, dkk., 1990).

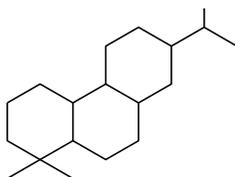
Proses *cracking* batubara subbituminus Turki pada suhu 800°C selama 24 jam menghasilkan beberapa senyawa aromatik seperti kalamena (17), eudalena (18), simonelit (19), dan 1,1,5,6-tetrametiltetralin (20).



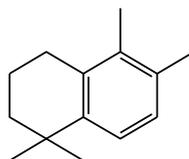
(17)



(18)



(19)



(20)

Bahan bakar bensin, jet dan solar mengandung campuran kompleks senyawa hidrokarbon parafin, olefin, dan aromatik. Senyawa aromatik dalam bahan bakar cair dapat berupa satu atau dua rantai cincin aroamtik (Speight, 1991), dan dapat berupa turunan mono-, di-, dan tri-sikloaromatik. (Dooley, dkk., 2010). Senyawa aromatik (C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub>) bagian utama dalam bahan bakar bensin (Pereira dan Pasa, 2006). Sedangkan untuk senyawa

hidrokarbon aromatik polisiklik teralkilasi dalam bahan bakar solar (Tancell, dkk., 1996).

## **2.7 Analisa Produk Pencairan Batubara**

### **2.7.1 Ekstraksi Cair – Cair**

Ekstraksi pelarut atau disebut juga ekstraksi air merupakan metode yang paling baik dan populer. Pemisahan ini dapat dilakukan dengan baik untuk tingkat mikro dan makro, alat yang digunakan adalah corong pisah. Prinsip metode ini adalah berdasarkan pada distribusi zat terlarut dengan perbandingan tertentu antara dua pelarut yang tidak saling bercampur seperti benzen, karbon tetraklorida atau kloroform. Batasannya adalah zat terlarut dapat ditransfer pada jumlah yang berbeda dalam kedua fase pelarut. Teknik ini dapat digunakan untuk kegunaan preparatif, pemurnian, memperkaya, pemisahan serta analisis pada semua skala kerja. Awalnya, metode ini dikenal dalam kimia analitik kemudian berkembang menjadi metode yang baik, sederhana, cepat dan dapat digunakan untuk ion – ion logam yang bertindak sebagai *tracer* (pengotor) dan ion – ion logam dalam jumlah makrogram (Khopkar, 2002).

### **2.7.2 Kromatografi**

#### **2.7.2.1 Kromatografi Kolom**

Kromatografi merupakan metode pemisahan yang didasarkan pada perbedaan distribusi dua zat tertentu atau lebih di dalam fasa diam dan fasa geraknya. Cara umum yang dilakukan dalam pemisahan fraksi adalah kromatografi kolom. Prinsip kerja kromatografi kolom adalah pelarut (eluen) dibiarkan mengalir melalui kolom akibat pengaruh gravitasi (Hardjono, 1991).

Awalnya, persiapan kolom dengan penambahan silika gel yang berfungsi sebagai absorben. Langkah berikutnya adalah pemilihan eluen yang sesuai, misalnya penggunaan eluen polar karena fraksi yang dihipisahkan adalah fraksi polar. Eluen itu sendiri dicampur dengan eluen lainnya, misalnya kloroform

dengan *n*-heksana. Hal ini dikarenakan jika digunakan pelarut polar terlebih dahulu, maka senyawa akan tetap bersatu dan turun. Tahapan akhir diperoleh berturut-turut fraksi non polar, semi polar dan fraksi polar (Silverstein, 1998).

Mc Carthy dan Duthie (1962) adalah orang yang pertama kali melakukan pemisahan senyawa organik yaitu asam lemak dengan asam lemak jenis lain yang terdapat dalam sampel lipid menggunakan kromatografi kolom, spesifiknya menggunakan kolom basa. Langkah awal pemisahan dengan kromatografi kolom adalah menjenuhkan silika gel dengan larutan isopropanol : KOH (5 gram silika gel dalam 10 mL larutan isopropanol-KOH), kemudian dituang dalam kolom kaca, sampel lemak yang akan dipisahkan ditempelkan pada bagian atas kolom dan dicuci menggunakan sejumlah kecil dietil eter.

Produk hidrogenasi batubara Wadoan Australia dilakukan pemisahan menjadi fraksi alifatik, fraksi aromatik, dan fraksi polar menggunakan kromatografi kolom dengan eluen secara berturut-turut *n*-heksana, benzene, dan metanol (Dong, dkk., 1987).

### **2.7.2.2 Kromatografi Gas – Spektrometer Massa**

Prinsip dasar pemisahan dan pemurnian senyawa dengan kromatografi gas adalah partisi antara fasa diam dan gerak serta sifat volatilitas dari suatu senyawa. Senyawa yang lebih volatil akan terpisahkan terlebih dahulu. Adsorben silika terdapat disepanjang kolom pemisah yang bersifat inert, artinya tidak bereaksi dengan sampel yang dipisahkan dan fasa diam, stabil pada suhu tinggi, luas permukaan besar. Kromatogram yang dihasilkan merupakan puncak – puncak senyawa dimana satu puncak mewakili 1 senyawa murni dengan intensitas tertentu. Instrumen kromatografi gas berupa oven yang berisi kolom gelas atau logam panjang, salah satu ujung kolom dihubungkan dengan tempat penyuntikkan cuplikan sedangkan ujung kolom yang lain dihubungkan dengan alat detektor yang memantau senyawa-senyawa yang keluar dari kolom (McNair dan Bonelli, 1988).

Senyawa yang telah terpisah dari instrumen kromatografi gas akan ditangkap oleh detektor Spektroskopi Massa (SM) dan akan menjadi fragmen ion yang bermuatan positif. Adanya medan magnet, mengakibatkan ion – ion positif ( $M^+$ ) yang terbentuk tertangkap oleh detektor. Ion molekul masih dapat terpecah – pecah lagi menjadi fragmen – fragmen lebih kecil. Fragmentogram yang dihasilkan adalah hasil pembacaan oleh detektor terhadap ion positif ( $M^+$ ) sehingga diperoleh berat molekul muatan positif tersebut ( $m/z$ ) (Rouessac, 2007). Energi yang cukup besar ditembakkan ke molekul yang mengakibatkan eksitasi molekul dan menghasilkan ion molekul ( $M^+$ ). Ion molekul masih dapat terpecah-pecah lagi menjadi fragmen-fragmen lebih kecil. Pada Spektum massa akan diperoleh gambaran antara kelimpahan relatifnya dengan perbandingan massa dengan muatan ( $m/z$ ) (Pavia, 2009).

Identifikasi komponen senyawa dalam sampel batubara melalui data kromatogram yang diperoleh dari KGSM. Pola fragmentasi dan karakteristik fragmen ion pada spektrum massa digunakan untuk membedakan jenis senyawa hidrokarbon dalam sampel. Beberapa contoh puncak dasar yang memberikan karakteristik senyawa hidrokarbon ditunjukkan dalam tabel 2.2 (Peters dan Moldowan, 1993).

Tabel 2.2 Karakteristik puncak dasar untuk senyawa hidrokarbon

Senyawa Hidrokarbon	Puncak Dasar ( $m/z$ )
n-alkana	57
Alkil sikloalkana	83
Seskuiterpen	109
Alkil benzena	91
Naftalena	128

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Alat dan Bahan**

#### **3.1.1 Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat penumbuk, ayakan ukuran 60, 120, dan 200 mesh, seperangkat alat pencairan batubara, seperangkat alat distilasi vakum, sokhlet extractor, rotary evaporator, kolom kromatografi, corong pisah, kertas pH, pipet kapiler, pengaduk magnetik, pipet *pasteur*, labu bulat, botol vial dan kromatografi gas-spektrometer massa (KG-SM).

#### **3.1.2 Bahan**

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel batubara yang berasal dari pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur, pelarut *heavy oil*, katalis limonit SH, sulfur, *n*-heksana p.a, diklorometana p.a, metanol 99.8 % p.a, kloroform p.a, aseton p.a, *sea sand*, silika gel, asam sulfat 10%, natrium hidroksida 10%, aquades, kapas, gas N<sub>2</sub>, kertas saring, dan serbuk tembaga (Cu).

### **3.2 Prosedur Penelitian**

#### **3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan**

Peralatan gelas seperti labu bulat, botol vial serta seperangkat alat sokhlet ekstraktor dan distilasi yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu dikondisikan dalam keadaan geokimia yaitu terbebas dari kontaminan, lemak, dan air. Langkah pertama peralatan gelas dicuci menggunakan air dan sabun hingga bersih dan dikeringkan, kemudian dibilas dengan aquabides dan dilanjutkan dengan aseton lalu dikeringkan, tahap akhir pencucian, seluruh peralatan gelas dibilas kembali dengan diklorometana, dan ditutup dengan aluminium foil. Beberapa alat dan bahan seperti pipet, *sea sand*, kapas dan silika gel dicuci

dalam sokhlet extractor menggunakan pelarut kloroform selama 48 jam untuk menghilangkan lemaknya. Sebelum di cuci, *sea sand*, kapas dan silika gel di bungkus dengan kertas saring kemudian ikat setiap sisinya dengan benang. Pelarut yang akan dipergunakan seperti aseton, diklorometana, kloroform, *n*-heksana dan metanol didistilasi kembali pada titik didih masing-masing pelarut. Sampel batubara di haluskan dengan lumpang, kemudian di ayak dengan variasi luas permukaan 60, 120, dan 200 mesh.

### 3.2.2 Pencairan Batubara

Proses pencairan batubara pit bintang BDMD dilakukan dalam reaktor *Coal Liquefaction Centre* di laboratorium milik Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), PUSPITEK, Serpong, Tangerang Selatan.

Batubara dengan ukuran 60 mesh, dilakukan analisa proksimat, batubara dengan luas permukaan 120 mesh dianalisa kalorinya, sedangkan yang berukuran 200 mesh digunakan untuk proses pencairan. Berdasarkan data analisa proksimat, diperoleh informasi mengenai nilai umpan (*feed*) yang digunakan untuk proses pencairan batubara, yang meliputi jumlah batubara (75,49 gram), pelarut (149,15 gram), sulfur (0,8 gram), dan katalis limonit SH (4,62 gram). *Feed* tersebut dimasukkan kedalam *autoclave* 1L dan dihomogenkan di dalam reaktor dengan kecepatan 500 rpm. Kemudian dilakukan pengisian gas nitrogen dan gas hidrogen pada tekanan 2 MPa kedalam *autoclave*. Selanjutnya dilakukan uji kebocoran dengan gas hidrogen pada tekanan 20 MPa dan ditahan selama 1 jam. Setelah di pastikan tidak terjadi kebocoran gas, *autoclave* dapat dioperasikan dengan membuka katup aliran air pendingin, dan pemanas dari control panel dan dimulai pada tekanan 12 MPa. Saat suhu mencapai 450°C, suhu dalam *autoclave* dipertahankan selama 60 menit. Produk cair (*slurry*) dan gas dapat diambil ketika *autoclave* mencapai suhu ruang. *Slurry* yang dihasilkan dari reaksi tersebut difraksinasi menggunakan destilasi vakum, kemudian dicatat hasil

fraksi-fraksi (naphta, *light oil*, *middle oil* dan *heavy oil*) yang diperoleh. Produk gas yang dihasilkan dianalisa langsung dengan kromatografi gas.

Produk cair (slurry) di fraksinasi menggunakan distilasi vakum 10 mmHg yang didasarkan pada perbedaan titik didih dari masing-masing fraksi. Proses fraksinasi ini menghasilkan fraksi nafta pada suhu 30°-180°C, *light oil* (LO) pada suhu 180°-220°C, *middle oil* (MO) pada suhu 220°-350°C, *heavy oil* (HO) pada suhu 350°-538° C, dan *coal liquid bottom* pada suhu >538°C. Fraksi-fraksi yang diperoleh ditampung dalam botol vial. Fraksi nafta tidak mengandung aspalten, sehingga dapat dilakukan analisa menggunakan kromatografi gas-spektrometer massa. Sedangkan fraksi *light oil* perlu dilakukan fraksinasi kembali sebelum di analisa karena masih mengandung aspalten.

### **3.2.3 Fraksinasi Minyak Produk Pencairan Batubara Sangatta (Fraksi *Light Oil*)**

Fraksi *light oil* hasil pencairan batubara pit bintang BDMD dapat difraksinasi dengan menggunakan metode Jones, dkk (1982) untuk memperoleh fraksi minyak alifatik, aromatik dan polar. Pada proses fraksinasi bertujuan untuk mengendapkan aspalten yang terdapat dalam fraksi minyak. Sampel *light oil* diambil sebanyak 1,5639 g dan diletakkan ke dalam beaker gelas, kemudian ditambahkan 25 mL kloroform dan diaduk sempurna, lalu di diamkan selama 30 menit. Selanjutnya ditambahkan 75 mL *n*-heksana, di aduk dan diamkan sekitar 1 jam, kemudian disaring menggunakan kertas saring. filtrat minyak yang dihasilkan dipisahkan kandungan garam dan mineral-mineral terlarut dengan ekstraksi cair-cair. *Light oil* yang telah terbebas dari aspalten di masukkan kedalam corong pisah dan ditambahkan 1 tetes asam sulfat 10% kedalam sampel minyak lalu di kocok bebrapa kali, kemudian di diamkan dan diukur pH minyak, proses ini berhenti apabila pHnya mencapai angka 2. Selanjutnya dilakukan ekstraksi kembali menggunakan cara yang sama dengan menambahkan 2 tetes natrium hidroksida 10%

hingga pH minyak mencapai 12. Garam basa yang dihasilkan dari proses ekstraksi tersebut dipisahkan kembali, hingga diperoleh fraksi minyak netral. Fraksi minyak netral sebagai hasil dari proses ekstraksi difraksinasi menggunakan metode kromatografi kolom silica gel untuk memisahkan fraksi alifatik dengan eluen *n*-heksan, fraksi aromatik dengan eluen heksan:diklorometan (9:1 v/v) dan fraksi polar menggunakan metanol secara berurutan. Fraksi minyak yang diperoleh di pekatkan dari pelarutnya menggunakan evaporator, dan selanjutnya dialiri gas N<sub>2</sub> hingga diperoleh fraksi minyak murni. Pada fraksi minyak aromatik, setelah proses evaporasi dilakukan desulfurisasi menggunakan serbuk Cu yang telah dipreparasi dengan menggunakan HCL. Fraksi aromatik dilarutkan dalam diklorometana, lalu dilewatkan pada pipet *pasteur* yang telah berisi lapisan kapas, *cellite* dan serbuk Cu secara berurutan. Setelah diperoleh fraksi aromatik yang tidak mengandung sulfur, dikeringkan dengan mengaliri gas N<sub>2</sub>. Komposisi senyawa pada fraksi alifatik dan aromatik dikarakterisasi menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa (KG-MS). Fraksi minyak nafta dapat langsung dikarakterisasi menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa karena tidak mengandung aspalten.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pencairan Batubara

Batubara pit bintang yang telah di eksploitasi oleh PT. Kaltim Prima Coal di daerah Sangatta, Kalimantan Timur, dilakukan analisa proksimat guna mengatur kondisi optimal saat pencairan. Analisa proksimat batubara meliputi kandungan air, abu, material yang mudah menguap, serta kandungan karbon dalam batubara. Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil dari analisa proksimat batubara pit bintang BDMD.

Tabel 4.1 Hasil Analisa Proksimat Batubara Pit Bintang BDMD

Analisa	Kandungan dalam batubara (%)
Air	7,10
Abu	0,73
Material mudah menguap	36,28
<i>Fixed Carbon</i>	55,89

Berdasarkan data dari tabel 4.1, batubara pit bintang BDMD memiliki kandungan material yang mudah menguap yang relatif tinggi sebesar 36,28 % dan kadungan karbonnya sebesar 55,89%. Hal ini dapat menunjukkan bahwa, sampel batubara ini tergolong dalam batubara muda.

Pencairan batubara pit bintang BDMD menggunakan reaktor *batch autoclave* 1 liter, dimulai dengan memasukkan umpan (feed) yang terdiri dari batubara, katalis Limonit SH, pelarut *Heavy Oil* dan sulfur. Jumlah masing-masing umpan yang di perlukan dalam proses pencairan batubara pit Bintang BDMD ditunjukkan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komposisi umpan dalam pencairan Batubara Pit Bintang BDMD

Komposisi	Umpan					Jumlah
	Batubara	Pelarut <i>Heavy Oil</i>	Katalis Limonit SH	Sulfur	Gas H <sub>2</sub>	
H <sub>2</sub> O	5,36	-	0,47	-	-	5,83
Abu	0,55	-	-	-	-	0,55
Daf	69,58	-	-	-	-	69,59
LO	-	1,04	0,02	-	-	1,06
MO	-	23,33	0,54	-	-	23,87
HO	-	124,78	2,86	-	-	127,64
CLB	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	0,73	-	-	0,73
<b>Total Umpan</b>	75,49	149,15	4,62	0,80	4,5	234,57

Keterangan :

LO = *Light Oil*, MO = *Middle Oil*, HO = *Heavy Oil*,

CLB = *Coal Liquid Bottom*, Daf = batubara bebas air dan debu

Umpan sebanyak 234,57 gram dimasukkan ke dalam *batch autoclave* 1 L dan direaksikan pada suhu 450°C dengan tekanan 12 Mpa selama 60 menit. Proses pencairan ini menghasilkan produk *slurry* berupa bubuk berwarna hitam dan gas. Jumlah produk total dari proses pencairan batubara pit bintang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jumlah produk total pencairan batubara pit bintang BDMD

Produk Pencairan	Jumlah	
	Gram	%wt
Produk pencairan terukur : Produk <i>slurry</i>	204,20	87,05
Gas (H <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> dan H <sub>2</sub> S)	13,51	5,76
Sub-total	217,71	92,81
Produk pencairan tidak terukur	16,86	7,19
Total	234,57	100

Produk pencairan batubara pit bintang BDMD yang terukur terdiri dari produk *slurry* sebanyak 204,20 gram (87,05 %wt) dan produk gas 13,51 gram (5,76 %wt). Sedangkan produk pencairan yang tidak terukur sebesar 16,86 gram (7,19 %wt) merupakan produk *slurry* yang di mungkinkan tertinggal di dalam *autoclave* atau produk gas yang terbuang saat pembilasan *sample bag*. Penggunaan *Sample bag* ini ditujukan untuk menampung produk gas yang dihasilkan dari proses pencairan. Kemudian di analisa menggunakan kromatografi gas TCD dan FID agar di dapatkan prosentase volum dari produk gas. Jadi, prosentase rendemen yang diperoleh dari pencairan sebesar 92,37%.

Produk pencairan berupa *slurry* yang tertampung sebanyak 202,3 gram difraksinasi menggunakan alat destilasi vakum dengan tekanan 10 mmHg dan suhu 450°C selama 60 menit. Fraksi yang dihasilkan dari proses destilasi adalah H<sub>2</sub>O, *light oil* (LO), nafta, *middle oil* (MO), *heavy oil* (HO), dan *coal liquid*

*bottom* (CLB). Jumlah produk hasil destilasi slurry ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Jumlah produk hasil destilasi slurry batubara pit bintang BDMD

Slurry (g)	Produk destilasi	Warna	Jumlah	
			gram	%wt
202.3	H <sub>2</sub> O	Tidak berwarna	8,1	4,00
	Nafta	Kuning kehijauan	3,3	1,63
	<i>Light Oil</i>	Kuning kecoklatan	4,2	2,08
	<i>Middle Oil</i>	Coklat	55,5	27,43
	<i>Heavy Oil</i>	Coklat pekat	104,7	51,75
	<i>Coal Liquid Bottom</i>	Hitam	26,5	13,70
Total			202,3	100

Proses destilasi ini dilakukan berdasarkan perbedaan suhu dari masing-masing fraksi. Selama proses ini, fraksi nafta yang didapat berupa gas, yang kemudian terkondensasi pada tabung perangkat destilasi, sehingga berwujud cair dan berwarna kuning kehijauan. Fraksi *light oil* diperoleh pada suhu 220°C, fraksi *middle oil* pada suhu 220-350°C, fraksi *heavy oil* diperoleh pada suhu 350-538°C dan fraksi yang diperoleh > 538°C adalah *coal liquid bottom*.

Produk slurry dan produk gas dari hasil pencairan 75,5 gram batubara pit bintang BDMD dapat diketahui dengan menghubungkan data-data yang diperoleh pada tabel 4.2, 4.3, 4.4. Rincian produk pencairan batubara pit bintang BDMD telah dipaparkan dalam tabel 4.5.

Tabel 4.5 Produk pencairan batubara pit bintang BDMD

Produk	Jumlah	
	Gram	%wt
<b>Produk cair :</b>		
H <sub>2</sub> O	3,01	3,99
Nafta	3,3	4,37
<i>Light Oil</i>	3,54	4,69
<i>Middle Oil</i>	36,77	48,70
<i>Heavy Oil</i>	-13,24	-17,53
<i>Coal Liquid Bottom</i>	30,28	40,11
Sub total	63,66	84,33
<b>Produk Gas :</b>		
CO, CO <sub>2</sub> , C1-C4	8,71	11,54
Produk tidak terukur	3,13	4,15
<b>Total</b>	<b>75,5</b>	<b>100</b>

Destilasi slurry dari 75,5 gram batubara menghasilkan 3,01 gram (3,99 %wt) H<sub>2</sub>O, 3,3 gram (4,37 %wt) fraksi nafta, 3,54 gram (4,69 %wt) fraksi *light oil*, 36,77 gram (48,70 %wt) *middle oil*, -13,24 gram (-17,53 %wt) *heavy oil*, dan CLB sebesar 30,28 gram (40,11 %wt). Nilai minus pada fraksi *heavy oil* menunjukkan bahwa saat proses pencairan batubara pit bintang BDMD Kalimantan Timur tidak menghasilkan fraksi tersebut. Produk *heavy oil* ini merupakan pelarut yang digunakan saat proses pencairan batubara.

Fraksi nafta, *light oil*, dan *middle oil* memiliki kandungan senyawa-senyawa hidrokarbon, yang merupakan bahan penyusun bahan bakar cair. Penelitian oleh Zou (1992), mengungkapkan bahwa produk pencairan batubara subbituminus black thunder mengandung komponen dasar penyusun bahan bakar yang identik dengan hasil fraksinasi minyak bumi, dimana nafta identik dengan bensin, *light oil* identik dengan kerosin, sedangkan *middle oil* identik dengan solar. Fraksi nafta secara langsung dapat di analisa menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa (KG-

SM) karena tidak mengandung aspalten. Sedangkan untuk Fraksi *light oil* dan *middle oil* masih mengandung aspalten, sehingga perlu dilakukan fraksinasi kembali,

#### **4.2 Ekstraksi Produk Pencairan Fraksi *Light Oil***

Pada fraksi *light oil* dilakukan proses pemisahan dari aspaltenya. Ekstrak *light oil* sebanyak 1,5639 gram di ekstraksi menggunakan 75 ml pelarut kloroform dan n-heksan (1:2 v/v), dengan pengadukan selama satu jam. Setelah di diamkan, aspalten yang mengendap sebagai residu dari minyak diperoleh sebanyak 0.072 gram. Aspalten ini berupa padatan serbuk berwarna hitam. Tahap selanjutnya, agar didapatkan minyak netral yang terbebas dari garam dan mineral terlarut dari fraksi ini, maka dilakukan ekstraksi cair-cair dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% hingga pH 12 dan NaOH 10% hingga pH 12. Minyak netral yang diperoleh sebesar 1.0778 gram.

#### **4.3 Fraksinasi Minyak Netral dari Fraksi *Light Oil***

Minyak netral di fraksinasi menggunakan metode fraksinasi kolom silika gel (fasa diam). Tujuan dari fraksinasi ini agar diperoleh fraksi alifatik, aromatik dan polar. Metode ini dilakukan berdasarkan sifat kepolaran dari masing-masing fraksi. Pelarut n-heksan merupakan pelarut dengan tingkat kepolaran yang rendah, sehingga dapat digunakan sebagai eluen dalam kolom silika untuk mendapatkan fraksi alifatik. Fraksi aromatik diperoleh dengan eluen n-heksan dan diklorometan (9:1 v/v) yang sifatnya semi-polar. Untuk Mendapatkan fraksi polar, maka menggunakan eluen yang sifatnya polar pula, yaitu metanol. Pergantian eluen selama proses fraksinasi minyak netral dari *light oil* di monitoring dengan kromatografi lapis tipis (KLT). Pengamatan KLT dilakukan di bawah sinar UV, apabila noda eluat yang ditotolkan pada plat KLT memiliki warna yang sama dengan noda eluen, maka proses fraksinasi telah usai.

Fraksi minyak yang diperoleh diuapkan pelarutnya menggunakan rotary evaporator. Fraksi alifatik dan polar dimasukkan kedalam botol vial, lalu dikeringkan dengan

mengaliri gas N<sub>2</sub>. Fraksi aromatik terlebih dahulu dilakukan desulfurisasi, yaitu mengalirkan sampel yang telah dilarutkan dengan diklorometan kedalam kolom yang telah berisi kapas, *cellite*, dan serbuk Cu. Tujuan desulfurisasi adalah untuk menghilangkan kandungan sulfur yang terdapat pada fraksi aromatik ini. Setelah desulfurisasi selesai, fraksi aromatik dimasukkan kedalam botol vial dan dikeringkan dengan gas N<sub>2</sub>.

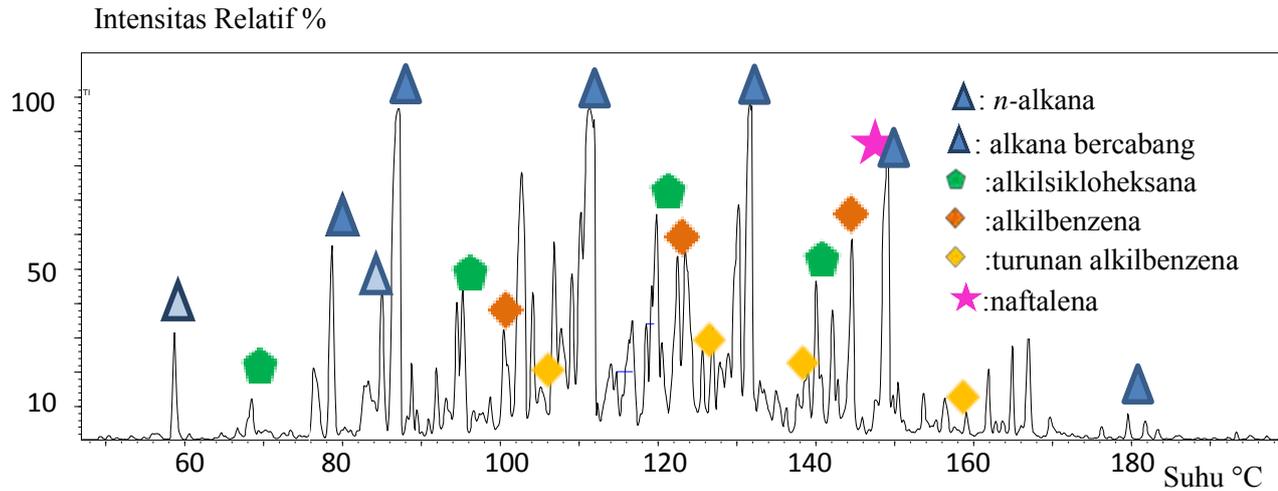
Fraksinasi minyak netral dari *light oil* menggunakan kromatografi kolom ini menghasilkan fraksi alifatik berwujud cair berwarna kuning kehijauan sebesar 0,682 gram, fraksi aromatik berbentuk padatan berwarna coklat sebesar 0,1499 gram, dan fraksi polar 0,245 gram berwarna coklat pekat. Tahap selanjutnya, fraksi alifatik dan aromatik dianalisa kandungannya menggunakan KG-SM.

#### **4.4 Identifikasi Kandungan Senyawa dalam Produk Pencairan Batubara Pit Bintang BD-MD**

Produk pencairan batubara pit bintang BD-MD Kalimantan Timur yang terdiri dari nafta, *light oil* dan *middle oil* mengandung sejumlah senyawa hidrokarbon alifatik dan aromatik. Identifikasi kandungan senyawa dalam nafta dan *light oil* menggunakan SHIMADZU GC-MS, dengan kondisi operasi yang meliputi temperatur oven 50°C (ditahan 5 menit), 50-300 °C (10°C/menit), dan temperatur isothermal pada suhu 300°C selama 30 menit.

##### **4.4.1 Kandungan Senyawa Hidrokarbon Fraksi Minyak Nafta**

Analisa KG-SM terhadap senyawa hidrokarbon dari fraksi nafta produk pencairan batubara pit bintang diperoleh kromatogram total. Analisa ini digunakan untuk mengetahui komponen senyawa yang terkandung di dalamnya serta berpotensi sebagai bahan bakar cair. Kromatogram total hasil analisa KG-SM dari fraksi nafta yang merupakan produk pencairan batubara pit bintang ditunjukkan pada gambar 4.1

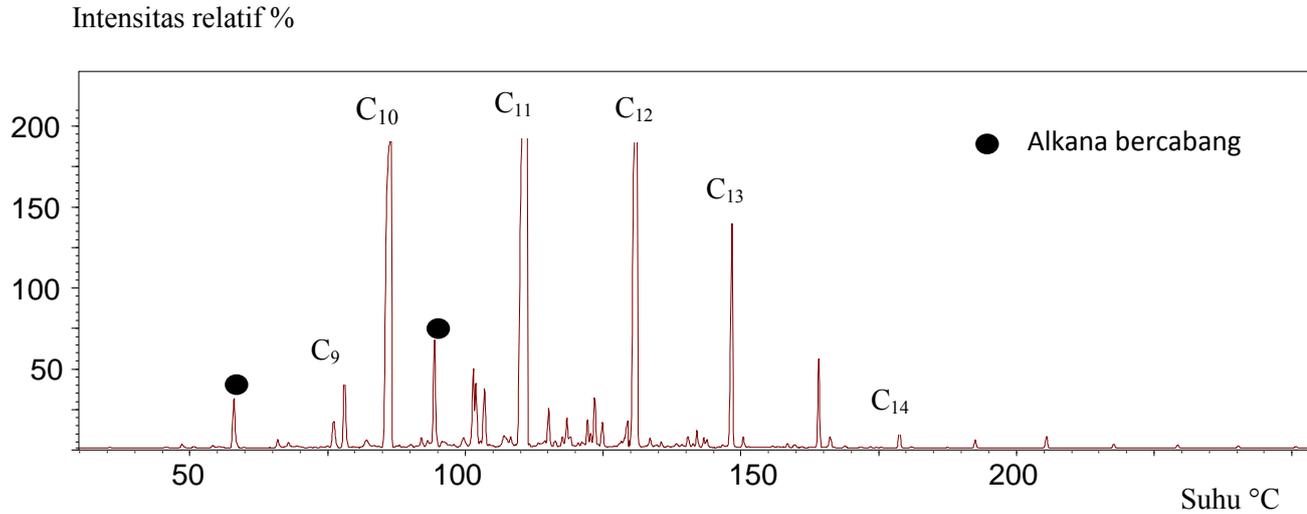


Gambar 4.1 Kromatogram total senyawa hidrokarbon dari minyak nafta hasil produk pencairan batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur

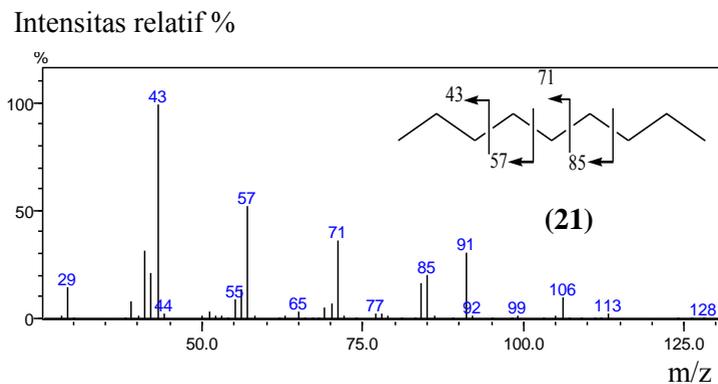
Kromatogram total hasil analisa KG-SM dari fraksi nafta menunjukkan senyawa-senyawa hidrokarbon yaitu n-alkana, alkana bercabang, alkilsikloheksana, alkilbenzena, senyawa turunan alkilbenzen dan naftalena. Senyawa n-alkana teridentifikasi berdasarkan fragmentogram m/z 57, senyawa alkana bercabang dengan fragmentogram m/z 83, alkilbenzen dengan m/z 91, dan senyawa naftalen teridentifikasi berdasarkan fragmentogram m/z 128.

### **Senyawa n-alkana**

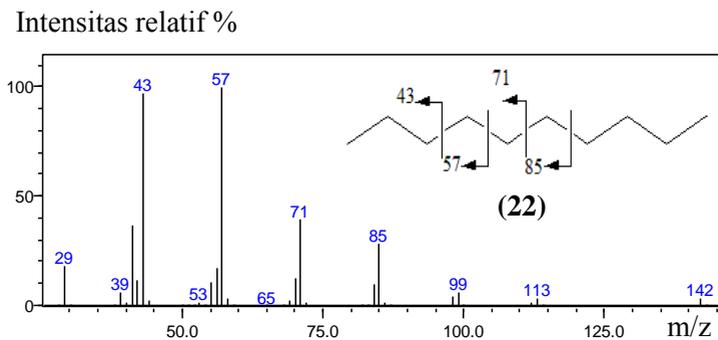
Sebaran senyawa n-alkana diidentifikasi berdasarkan fragmentogram m/z 57, sebagai puncak dasar senyawa tersebut. Puncak dasar m/z 57 teridentifikasi sebagai lepasnya gugus  $(C_4H_9)^+$ . Ion molekuler  $(M^+)$  dengan penambahan kelipatan 14 sebagai indikasi adanya penambahan gugus metilen  $(CH_2-)$  membentuk pola linier. Eksploitasi puncak fragmentogram m/z 57 diketahui memiliki puncak fragmen ion pada m/z 43, m/z 57, m/z 71 dan m/z 85. Fragmentogram m/z 57 fraksi hidrokarbon alifatik dari nafta ditunjukkan pada gambar 4.2. Spektrum massa senyawa alkana di paparkan dalam gambar 4.3, 4.4, dan 4.5.



Gambar 4.2 Fragmentogram  $m/z$  57 senyawa hidrokarbon n-alkana fraksi minyak nafta hasil pencairan batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

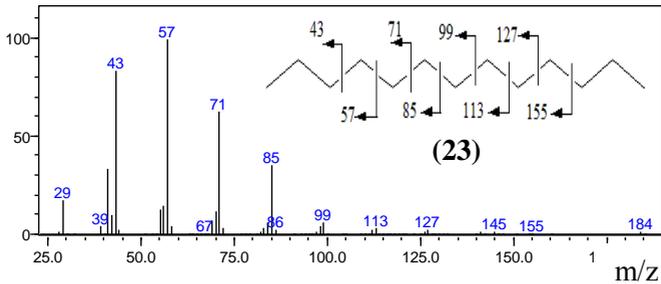


Gambar 4.3 Spektrum massa n-alkana  $C_9H_{20}$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur



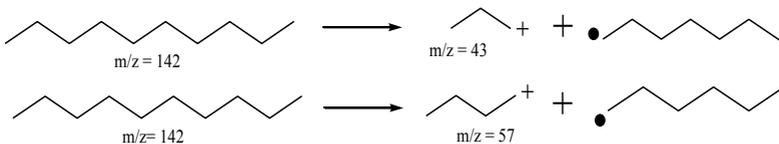
Gambar 4.4 Spektrum massa n-alkana  $C_{10}H_{22}$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Intensitas relatif %



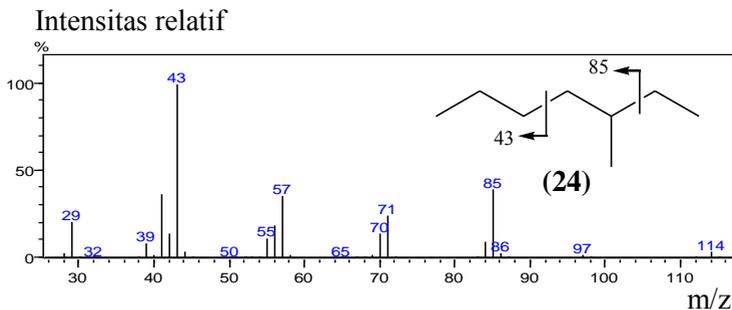
Gambar 4.5 Spektrum massa n-alkana  $C_{13}H_{28}$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Beberapa spektrum massa hasil elusidasi puncak-puncak fragmentogram m/z 57 pada gambar 4.3, 4.4 dan 4.5 menunjukkan adanya senyawa alkana. Spektrum massa pada gambar 4.3 menghasilkan fragmen ion m/z 43, 57, 71, 85, 99 dan seterusnya dengan penambahan 14 satuan membentuk pola linier. Pola linier merupakan spektra yang khas senyawa golongan n-alkana. Berdasarkan hasil elusidasi dapat diketahui bahwa spektrum massa gambar 4.3 adalah n-nonana,  $C_9H_{20}$  (21) dengan berat molekul 120. Pola fragmentasi yang sama dengan gambar 4.3 juga terjadi pada gambar 4.4 dan 4.5 namun memiliki berat molekul berbeda. Senyawa yang teridentifikasi pada gambar 4.4 adalah n-dekana  $C_{10}H_{22}$  (22) dengan berat molekul 142. Pada gambar 4.5 teridentifikasi senyawa n-tridekana  $C_{13}H_{28}$  (23) dengan berat molekul 184. Fragmentasi ion dari n-dekana sebagai berikut :



Berdasarkan elusidasi tiga senyawa di atas dapat diketahui sebaran homolog n-alkana dalam produk pencairan batubara pit bintang BD-MD dari fraksi minyak nafta. Nafta teridentifikasi sebaran homolog n-alkana C<sub>9</sub>-C<sub>14</sub>. Distribusi senyawa n-alkana rantai pendek dengan sebaran tersebut berpotensi sebagai komponen penyusun bahan bakar kerosin (Dechamps,2010).

Fragmentogram m/z 57 dapat digunakan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa alkana asiklik bercabang dalam produk pencairan batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur. Pola fragmentasi dari alkana asiklik bercabang serupa dengan dengan pola dari n-alkana,akan tetapi terdapat peningkatan intensitas pada puncak-puncak tertentu yang mengakibatkan adanya percabangan. Kenaikan intensitas pada fragmen M<sup>+</sup> -15 atau M<sup>+</sup> -29 menunjukkan adanya cabang metil pada posisi C nomor 2 atau C nomor 3. Spektrum massa alkana bercabang hasil elusidasi fragmentogram m/z 57 ditunjukkan pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Spektrum massa 3-metilheptana C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Spektrum massa gambar 4.7 memiliki pola spektrum massa n-alkana, tetapi terdapat peningkatan intensitas pada fragmen ion m/z 85 (M<sup>+</sup> -29) yang menunjukkan adanya cabang gugus metil

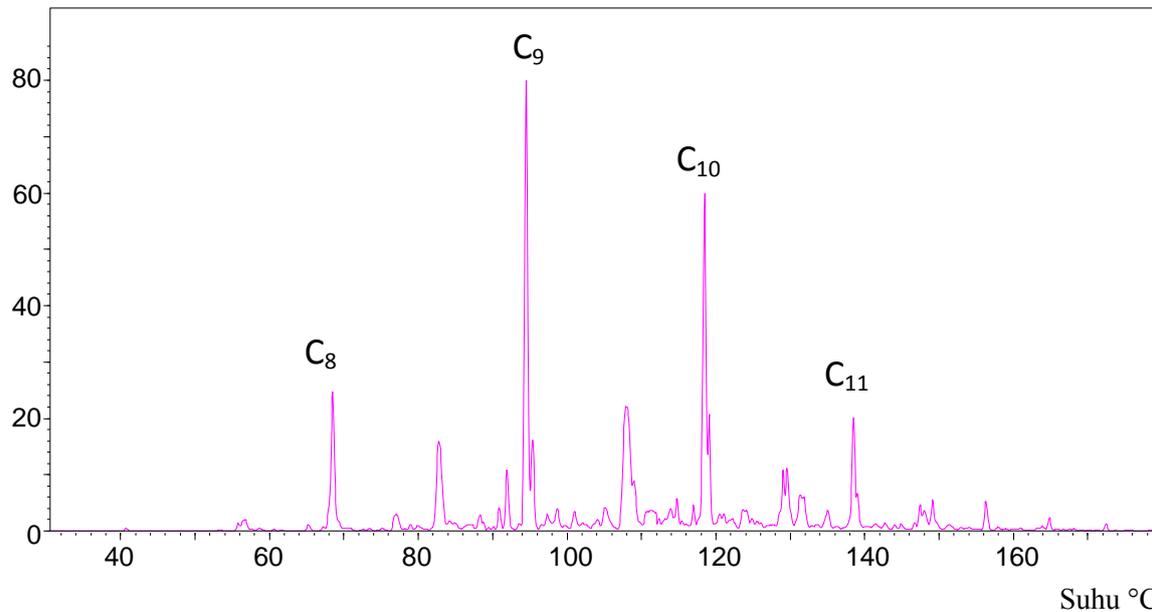
pada atom C nomer 3 dan berat molekulnya sebesar 114. Sehingga senyawa pada gambar 4.6 adalah 3-metilheptana  $C_8H_{18}$  (24). Senyawa ini termasuk dalam senyawa iso/anteiso-alkana yang sering ditemukan dalam minyak bumi, sedimen maupun dalam produk pencairan batubara (Kissin, 1993). Senyawa alkana bercabang juga dapat diperoleh dari hasil *cracking* senyawa n-alkana rantai panjang. Hal ini didasari oleh penelitian yang dilakukan oleh Kissin (1987), yang menyatakan bahwa selama proses *thermocacking* senyawa  $C_{24}H_{50}$  menghasilkan senyawa  $\alpha$ -olefin.

Kelimpahan relatif yang ditunjukkan oleh puncak-puncak alkana bercabang pada fragmentogram  $m/z$  57 fraksi minyak nafta dapat digunakan sebagai indikator nilai oktan bensin. Kandungan senyawa alkana bercabang, khususnya pada isooktana dapat menunjukkan kualitas bensin. Semakin tinggi kandungan senyawa isooktana dalam bensin, maka semakin baik kualitas bensinnya (Speight, 1991).

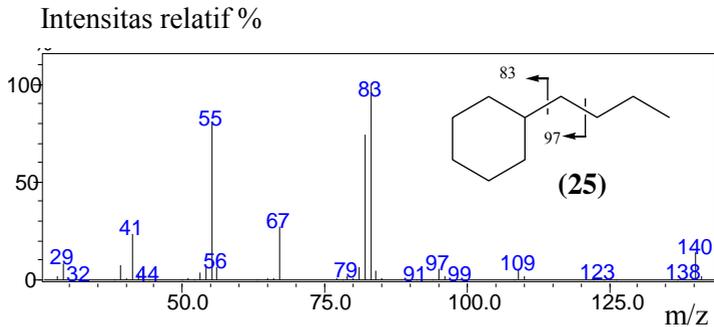
### **Senyawa Alkilsikloheksan**

Senyawa alkilsikloheksana dalam fraksi hidrokarbon alifatik dari minyak nafta produk pencairan batubara pit bintang diperkirakan terbentuk selama proses pencairan. Senyawa alkilsikloheksan ini diidentifikasi berdasarkan fragmentogram  $m/z$  83 sebagai puncak dasar. Penampakan fragmentogram  $m/z$  83 senyawa alkilsikloheksana minyak nafta ditunjukkan dalam gambar 4.7.

Intensitas relatif %

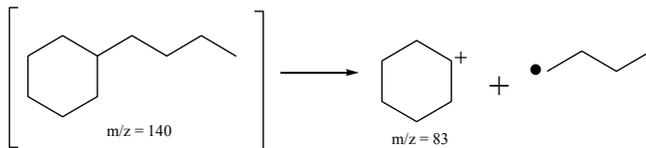


Gambar 4.7 Fragmentogram m/z 83 senyawa alkilsikloheksan fraksi minyak nafta hasil pencairan batubara pit Bintang KPC Sangatta, Kalimantan Timur



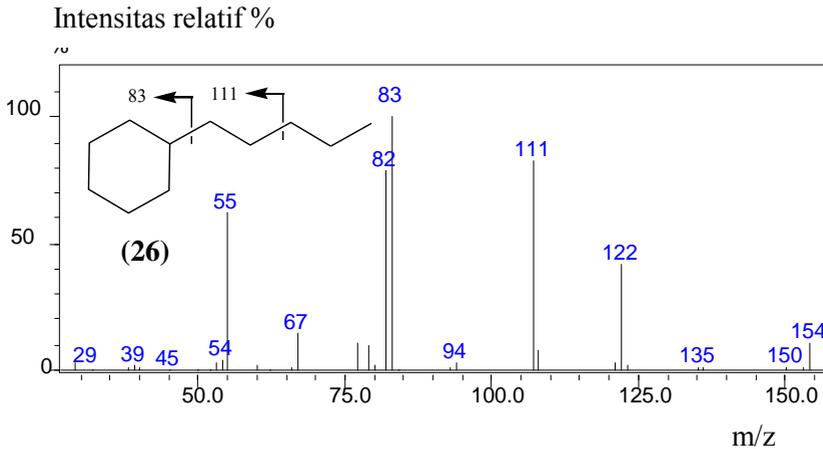
Gambar 4.8 Spektrum massa butilsikloheksan  $C_{10}H_{20}$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Fragmentogram  $m/z$  83 menunjukkan adanya senyawa alkilsikloheksan dalam produk pencairan batubara pit bintang BD-MD. Senyawa alkilsikloheksan ini terbentuk selama proses pencairan. Elusidasi spektrum massa dari puncak-puncak fragmentogram  $m/z$  83 dihasilkan fragmen ion 55, 69, 83 (puncak dasar), dan 97. Pola fragmentasi dari ion molekul tersebut merupakan ciri khas dari fragmentasi senyawa alkilsikloheksan. Puncak dasar  $m/z$  83 muncul dengan intensitas paling tinggi teridentifikasi sebagai lepasnya gugus  $(C_6H_{11})^+$ . Gugus metilen ( $-CH_2-$ ) dapat diketahui dari fragmen ion  $m/z$  97, 111, 125 dan seterusnya dengan penambahan 14 satuan membentuk suatu pola linier. Pola fragmentasi dari butilsikloheksan sebagai berikut :



Spektrum massa hasil elusidasi puncak-puncak pada fragmentogram  $m/z$  83 yang menunjukkan adanya senyawa alkilsikloheksan ditunjukkan oleh gambar 4.8. Diketahui senyawa pada gambar 4.8 adalah butilsikloheksan  $C_{10}H_{20}$  (25) dengan

fragmen ion yang dihasilkan  $m/z$  55, 69, 83 (puncak dasar) dan berat molekulnya 120.



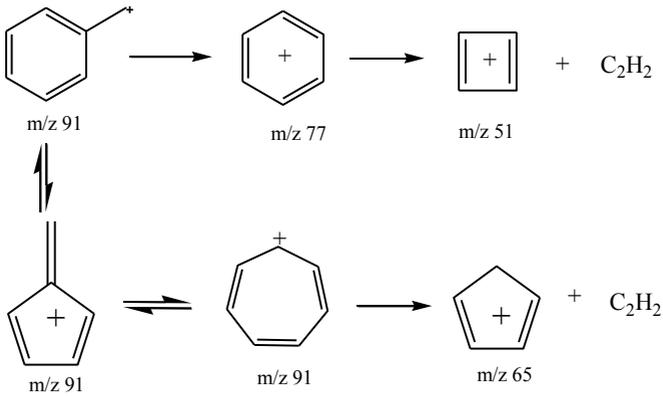
Gambar 4.9 Spektrum massa pentilsikloheksan  $C_{11}H_{22}$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Spektrum massa pada gambar 4.9 memiliki fragmen ion serupa dengan spektrum massa pada gambar 4.8, namun memiliki berat molekul yang berbeda. Pada gambar 4.9 di ketahui berat molekul sebesar 154 maka senyawanya adalah pentilsikloheksan  $C_{11}H_{22}$  (23). Sebaran homolog alkilsikloheksan yang teridentifikasi pada fraksi minyak nafta adalah  $C_8$ - $C_{11}$ .

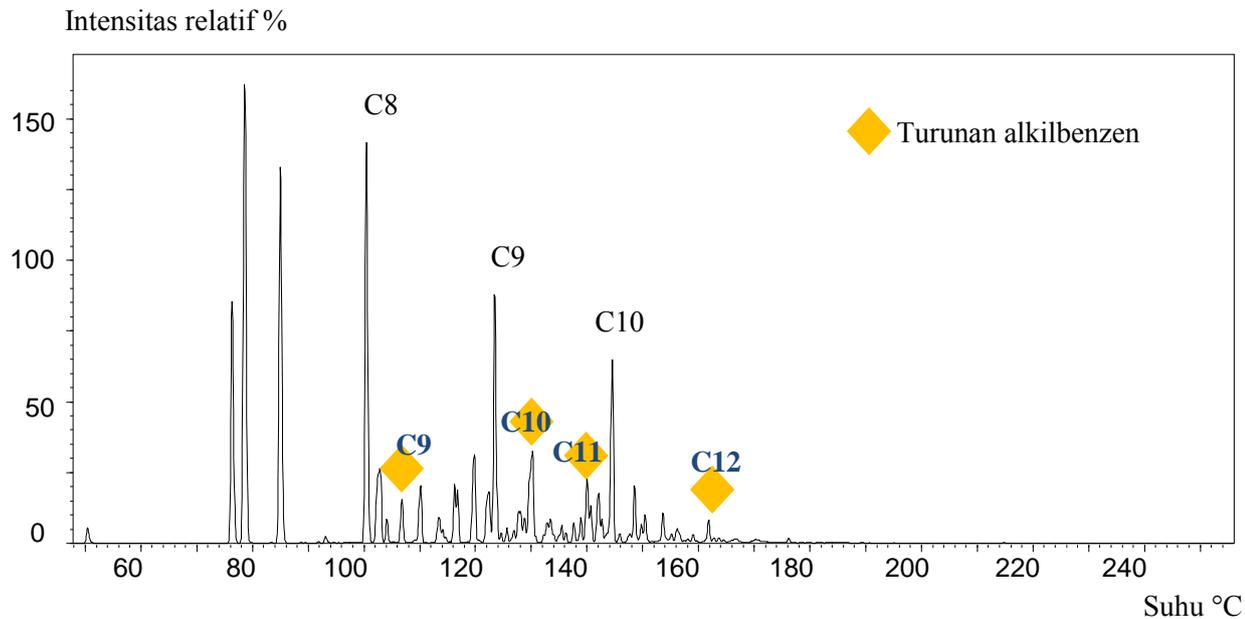
Senyawa alkilsikloheksan dapat terbentuk dari perubahan kimia atau perubahan termal dengan prekursor asiklik. Pada umumnya senyawa ini ditemukan pada fraksi hidrokarbon alifatik dari berbagai batuan sumber, minyak mentah, batubara dan produk pencairan batubara (Kenig, 2000). Senyawa alkilsikloheksan dengan sebaran homolog  $C_8$ - $C_{11}$  yang ditemukan dalam minyak nafta termasuk dalam kelompok terbesar penyusun bahan bakar bensin atau gasolin (Pereira dan Pasa, 2006).

### Senyawa Alkilbenzen

Senyawa alkilbenzen yang terdapat dalam minyak nafta diidentifikasi berdasarkan fragmentogram  $m/z$  91 dan  $m/z$  119. Fragmentogram  $m/z$  91 menunjukkan adanya senyawa mono-alkilbenzena, sedangkan untuk fragmentogram  $m/z$  119 mengidentifikasi adanya senyawa poli-alkilbenzena. Berikut adalah pola fragmentasi dari alkilbenzen.

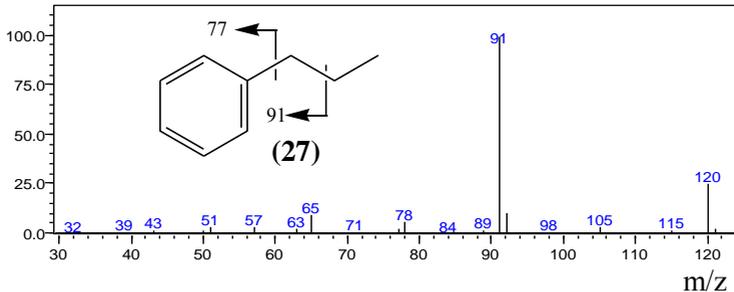


Ion molekuler  $m/z$  91 muncul disebabkan lepasnya gugus  $(C_7H_8)^+$ . Fragmentogram  $m/z$  91 senyawa alkilbenzen fraksi minyak nafta diperlihatkan dalam gambar 4.10



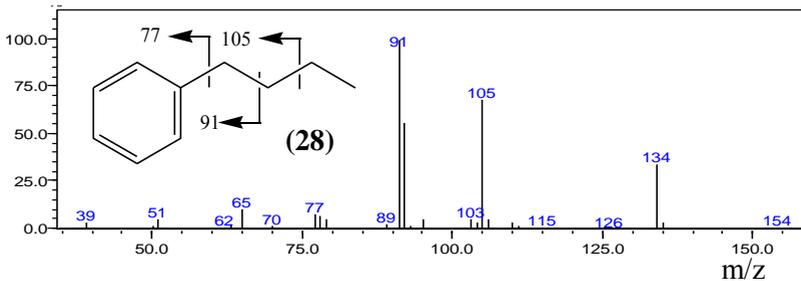
Gambar 4.10 Fragmentogram  $m/z$  91 senyawa alkilbenzen fraksi minyak nafta hasil pencairan batubara pit bintang Sangatta, Kalimantan Timur.

Intensitas relatif %



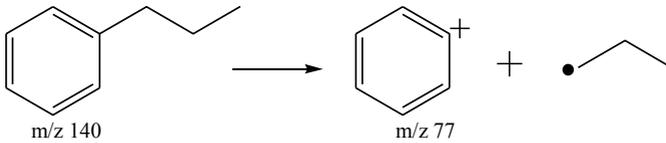
Gambar 4.11 Spektrum massa propilbenzena,  $C_9H_{12}$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Intensitas relatif %



Gambar 4.12 Spektrum massa butilbenzena  $C_{10}H_{14}$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

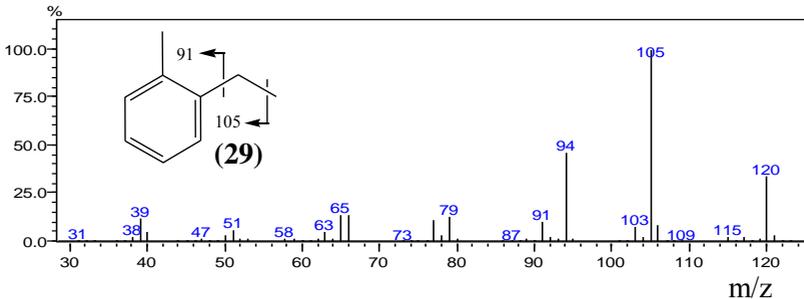
Elusidasi spektrum massa pada gambar 4.11 maupun 4.12 menghasilkan fragmen ion m/z 77, 91, dan 105 dimana m/z 91 sebagai puncak dasar adalah ciri spesifik dari senyawa alkilbenzen. Spektrum massa pada gambar 4.11 menunjukkan berat molekul 120, maka dapat diketahui senyawa dari spektrum tersebut adalah propilbenzen,  $C_9H_{12}$  (27). Fragmentasi ion dari propilbenzen sebagai berikut :



Fragmentasi ion propilbenzen  $C_9H_{12}$  (27) menghasilkan  $C_6H_5^+$  dan  $C_3H_7^\bullet$ . Senyawa untuk spektrum massa pada gambar 4.12 adalah butilbenzen  $C_{10}H_{14}$  (28) dengan berat molekul 134. Sebaran homolog dari senyawa alkilbenzen dengan fragmentogram  $m/z$  91 yaitu  $C_8$ - $C_{10}$ .

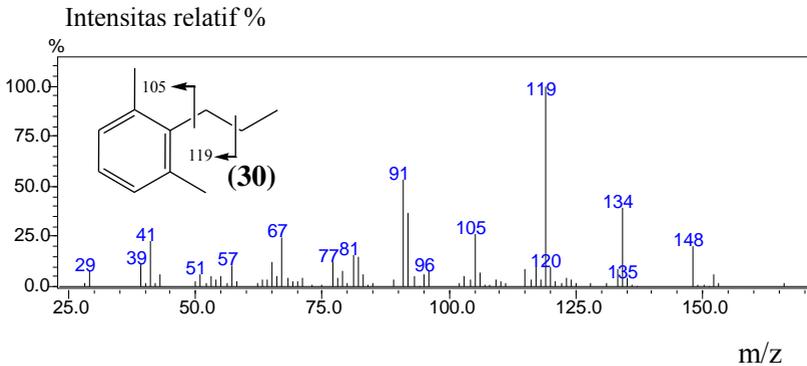
Turunan senyawa alkilbenzen lainnya teridentifikasi dengan fragmentogram  $m/z$  105 dan  $m/z$  119. Spektrum massa dari turunan senyawa alkilbenzen dalam minyak nafta ditunjukkan pada gambar 4.13 dan 4.14.

Intensitas relatif %



Gambar 4.13 Spektrum massa 2-etil-1-metilbenzena  $C_9H_{12}$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Spektrum massa hasil elusidasi puncak-puncak fragmentogram  $m/z$  105 pada gambar 4.14 menunjukkan adanya metilalkilbenzen. Fragmen ion yang dihasilkan senyawa metilalkilbenzen ialah  $m/z$  77, 91, 105 (puncak dasar). Dari gambar 4.13 diketahui berat molekul sebesar 120, maka senyawanya adalah 2-etil-1-metilbenzen,  $C_9H_{12}$  (29).



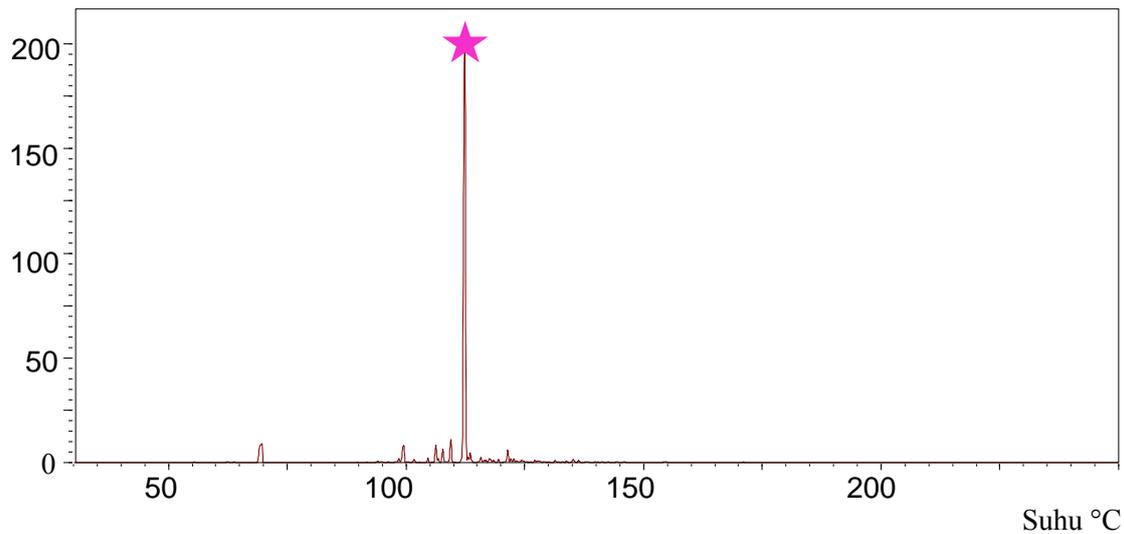
Gambar 4.14 Spektrum massa 1,3-dimetil-2-propilbenzen  $C_{11}H_{16}$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Pada gambar 4.14 menggambarkan bahwa spektrum massa hasil elusidasi puncak-puncak fragmentogram m/z 119 mengindikasikan adanya senyawa dimetilalkilbenzen pada minyak nafta. Fragmen ion yang dihasilkan dari spektrum massa tersebut ialah m/z 77, 91, 105, dan 119 (puncak dasar). Senyawa pada gambar 4.14 adalah 1,3-dimetil-2-propilbenzen  $C_{11}H_{16}$  (30) dengan berat molekul 148. Hasil elusidasi dari fraksi hidrokarbon aromatik dari produk pencairan fraksi nafta teridentifikasi alkilbenzen  $C_8-C_9$ , metilalkilbenzen  $C_9-C_{10}$ , dan dimetilalkilbenzen  $C_{11}-C_{12}$ . Seperti hal yang diungkapkan oleh Speight (1991), senyawa yang dapat meningkatkan nilai oktan bensin dapat berasal dari turunan monoaromatik. Maka produk pencairan batubara pit bintang BD-MD Sangatta terlebih pada fraksi minyak nafta dapat meningkatkan nilai oktan bensin.

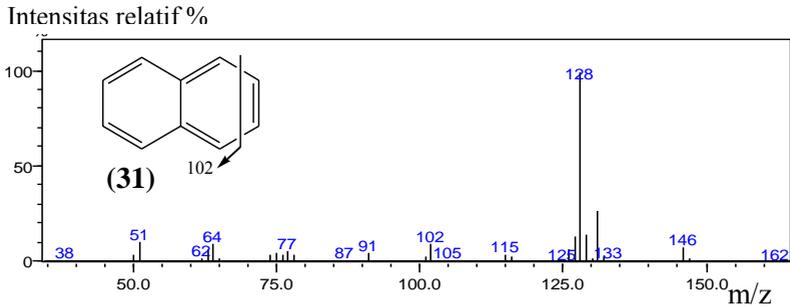
### Senyawa Naftalena

Senyawa Naftalena dalam fraksi hidrokarbon aromatik diidentifikasi berdasarkan fragmentogram dengan puncak dasar m/z 128 yang ditunjukkan pada gambar 4.15.

Intensitas relatif %

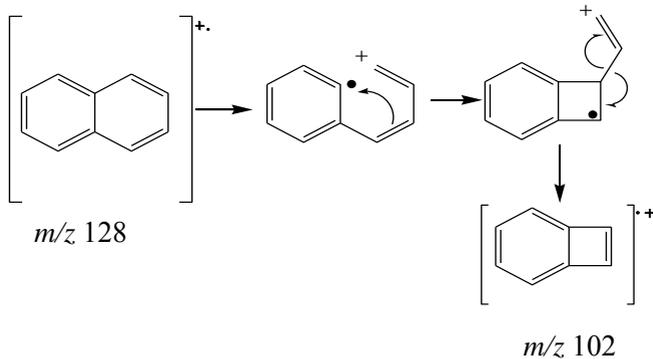


Gambar 4.15 Fragmentogram puncak dasar  $m/z$  128 senyawa naftalena fraksi minyak nafta hasil pencairan batubara pit Bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur



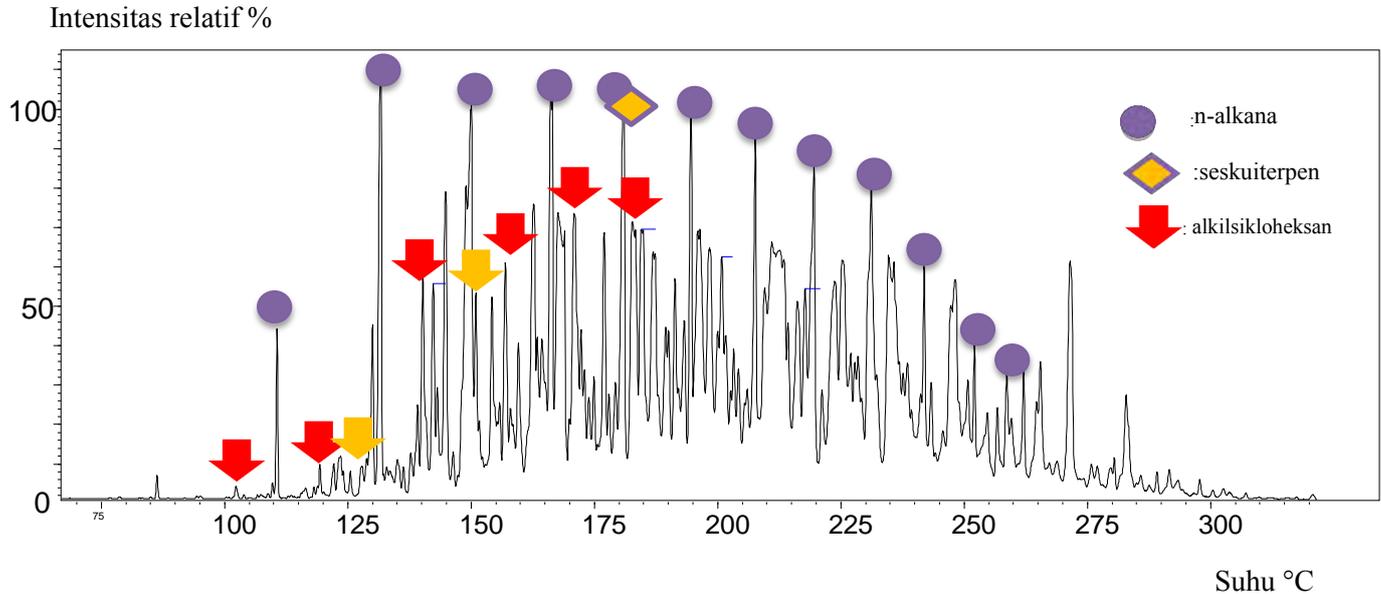
Gambar 4.16 Spektrum massa naftalena  $C_{10}H_8$  fraksi minyak nafta batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Spektrum massa pada gambar 4.16 merupakan hasil elusidasi dari fragmentogram  $m/z$  128. Spektrum ini menghasilkan fragmen ion  $m/z$  102 dan 128 (puncak dasar). Dalam spektrum tersebut menunjukkan berat molekul senyawa sebesar 128, maka senyawa ini adalah naftalena,  $C_{10}H_8$  (31). Senyawa naftalena maupun turunannya yang ditemukan dalam fraksi minyak nafta, diperkirakan berasal dari hasil degradasi makromolekul batubara. Berikut pola fragmentasi dari naftalena :



#### **4.4.2 Kandungan Senyawa Hidrokarbon Alifatik Fraksi *Light Oil***

Analisa KG-SM terhadap senyawa hidrokarbon alifatik dari fraksi *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BD-MD diperoleh kromatogram total. Analisa ini digunakan untuk mengetahui komponen senyawa yang terkandung di dalamnya serta berpotensi sebagai bahan bakar cair. Komponen senyawa hidrokarbon alifatik ini terdiri dari senyawa n-alkana, seskuiterpen, dan alkilsikloheksan, Kromatogram total hasil analisa KG-SM dari fraksi *light oil* yang merupakan produk pencairan batubara pit bintang BD-MD ditunjukkan pada gambar 4.17

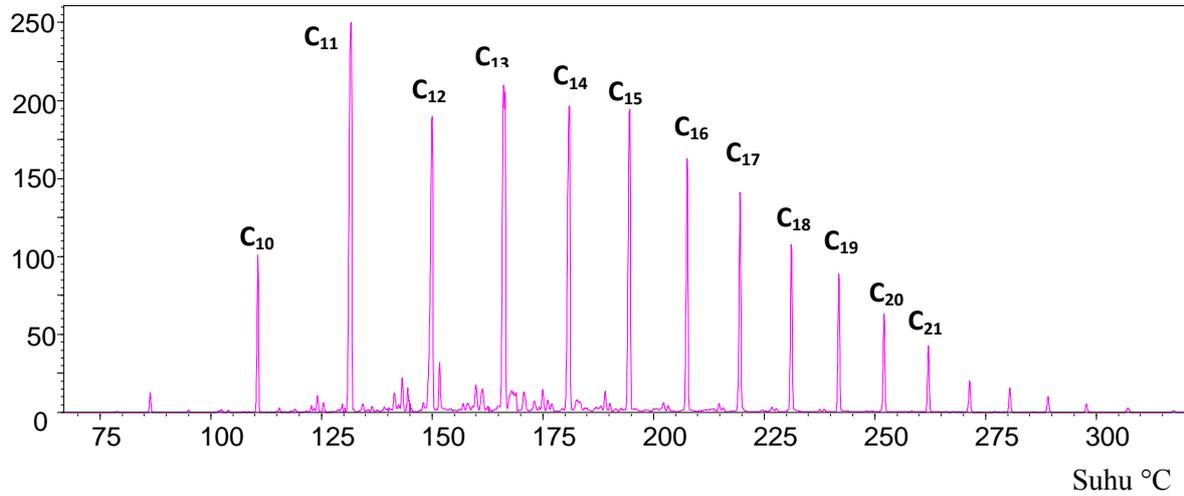


Gambar 4.17 Kromatogram total senyawa hidrokarbon alifatik dari *light oil* hasil produk pencairan batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur

## Senyawa n-alkana

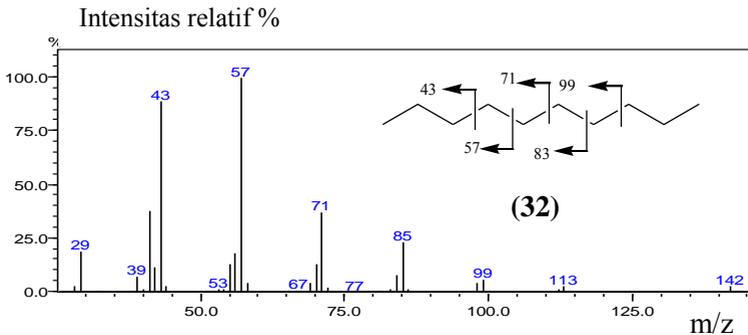
Distribusi senyawa n-alkana pada fraksi *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BD-MD diidentifikasi berdasarkan fragmentogram m/z 57. Puncak dasar m/z 57 teridentifikasi sebagai lepasnya gugus  $(C_4H_9)^+$ . Ion molekuler (M+) dengan penambahan kelipatan 14 sebagai indikasi adanya penambahan gugus metilen ( $CH_2$ -) membentuk pola linier. Eksploitasi puncak fragmentogram m/z 57 diketahui memiliki puncak fragmen ion pada m/z 43, m/z 57, m/z 71 dan m/z 85. Fragmentogram m/z 57 ditunjukkan dalam gambar 4.18.

Intensitas relatif %

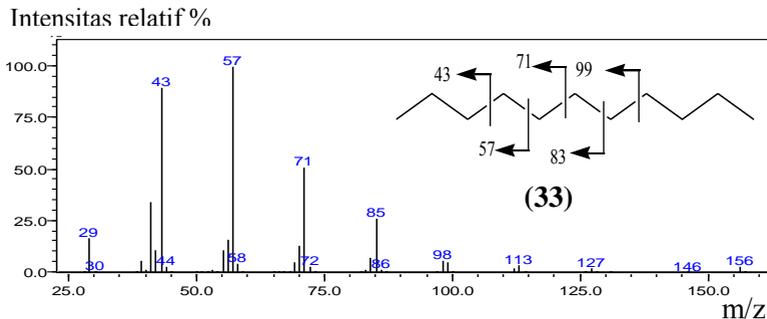


Gambar 4.18 Fragmentogram  $m/z$  57 senyawa hidrokarbon  $n$ -alkana fraksi alifatik produk *light oil* hasil pencairan batubara Pit Bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

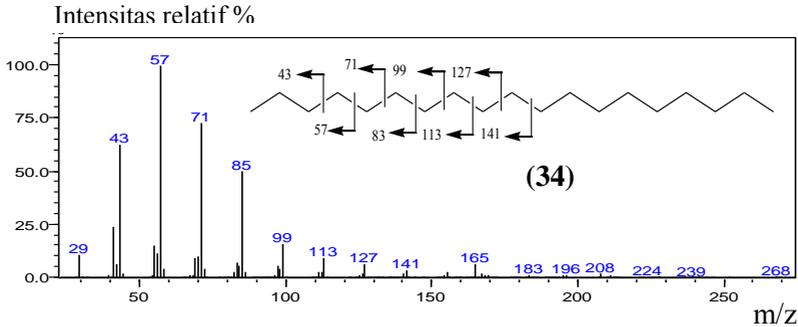
Intepretasi puncak-puncak fragmentogram  $m/z$  57 pada gambar 4.18 diketahui fragmen ionnya  $m/z$  43, 57, 71, dan seterusnya dengan penambahan 14 satuan yang membentuk suatu pola linier. Pola linier inilah ciri khas dari senyawa n-alkana. Puncak ion  $m/z$  57 menandakan adanya gugus  $(C_4H_9)^+$  yang terlepas. Beberapa spektrum massa yang menunjukkan fragmen ion  $m/z$  57 sebagai puncak dasar terdapat pada gambar 4.19 .



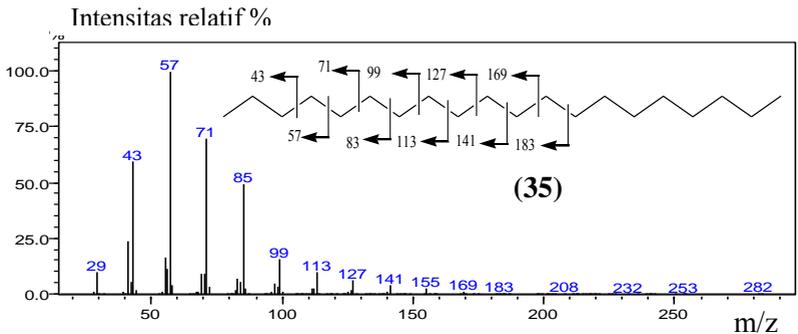
Gambar 4.19 Spektrum massa n-dekana  $C_{10}H_{22}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur



Gambar 4.20 Spektrum massa n-undekana  $C_{11}H_{24}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur



Gambar 4.21 Spektrum massa n-nonadekana  $C_{19}H_{40}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

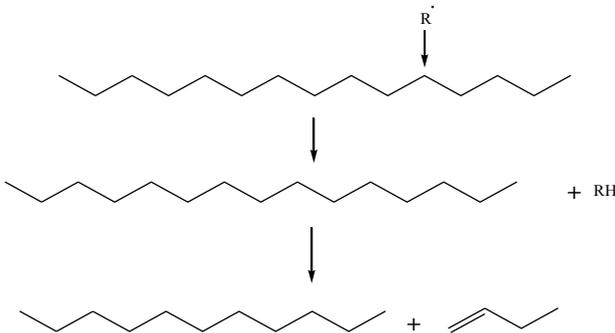


Gambar 4.22 Spektrum massa n-ikosana  $C_{20}H_{42}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Fragmen ion yang dihasilkan pada spektrum massa gambar 4.19 yaitu  $m/z$  43, 57 (puncak dasar), 71, 85, 99, dan 113 memberikan pola linier ciri khas dari senyawa alkana. Senyawa pada spektrum tersebut adalah n-dekana  $C_{10}H_{22}$  (32) dengan berat molekul 142. Spektrum massa pada gambar 4.20, 4.21, dan 4.22 memiliki pola fragmentasi yang sama, namun memiliki berat molekul yang berbeda-beda. Senyawa-senyawa yang

teridentifikasi pada spektrum massa gambar 4.20, 4.21 dan 4.22 secara berturut-turut adalah n-undekana  $C_{11}H_{24}$  (33) dengan berat molekul 156, n-nonadekana  $C_{19}H_{40}$  (34) dengan berat molekul 268, dan n-ikosana  $C_{20}H_{42}$  (35) dengan berat molekul 282.

Elusidasi senyawa-senyawa yang diketahui menunjukkan sebaran homolog n-alkana  $C_{10}$ - $C_{21}$  dalam fraksi *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur. Produk senyawa n-alkan rantai pendek dari hasil pencairan batubara pit bintang BD-MD disebabkan oleh *thermocracking* senyawa n-alkana rantai panjang ( $C_{17}$ - $C_{33}$ ), hal ini dibuktikan oleh penelitian Burkle (2011) yang menyatakan bahwa n-alkana rantai pendek merupakan salah satu produk pirolisa senyawa campuran n-alkana  $C_1$ - $C_{32}$ . Tidak hanya dalam minyak bumi senyawa n-alkana rantai pendek ( $C_6$ - $C_9$ ) adalah hasil dari *thermocracking* senyawa alkana rantai panjang ( $C_{22}H_{46}$ ) yang dikemukakan oleh Kissin (1987), namun beberapa bagian n-alkana produk pencairan juga merupakan hasil reduksi asam lemak (Dong, 1987). Pernyataan tersebut mengindikasikan bahwa n-alkana rantai panjang menjadi prekursor terbentuknya n-alkana rantai pendek dalam produk pencairan batubara dan minyak bumi melalui proses *thermocracking*. Mekanisme *thermocracking* n-alkana ditunjukkan pada gambar 4.23.

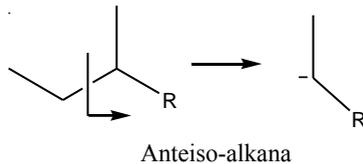


Gambar 4.23 Mekanisme *thermocracking* n-alkana rantai panjang

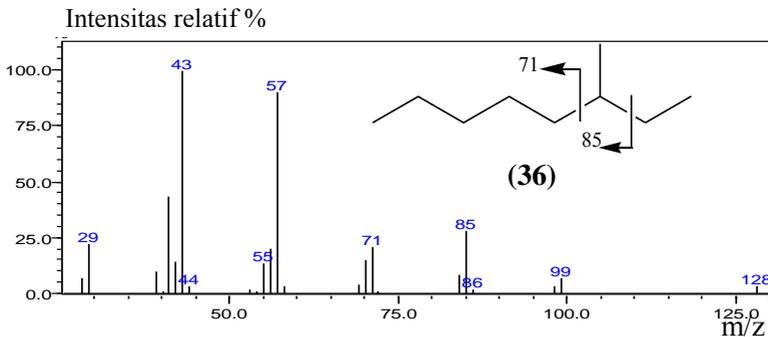
Kesamaan komposisi senyawa n-alkana dalam produk pencairan batubara dengan minyak bumi menunjukkan potensi dari produk pencairan batubara sebagai bahan penyusun bahan bakar. Fraksi light oil produk pencairan batubara pit bintang dengan rentang  $C_{10}$ - $C_{20}$  dapat digunakan sebagai komponen penyusun bahan bakar solar (Collins,2007).

### Senyawa Alkana Bercabang

Hasil interpretasi terhadap fragmentogram  $m/z$  57 ditemukan spektrum massa dengan pola fragmen khas alkana namun terdapat peningkatan intensitas pada fragmen  $M^+ -29$ . Fragmen ini menunjukkan adanya cabang metil pada posisi C nomer 3 (anteiso).



Ketika fragmen-fragmen ion tertentu terjadi peningkatan intensitas sehingga membentuk pola isoprenoid dan penurunan puncak yang tidak teratur, menandakan adanya percabangan dan membentuk fragmen-fragmen terpilih pada percabangan (Philp,1985). Elusidasi terhadap fragmentogram  $m/z$  57 teridentifikasi spektrum massa alkana bercabang yang ditunjukkan dalam gambar 4.24.



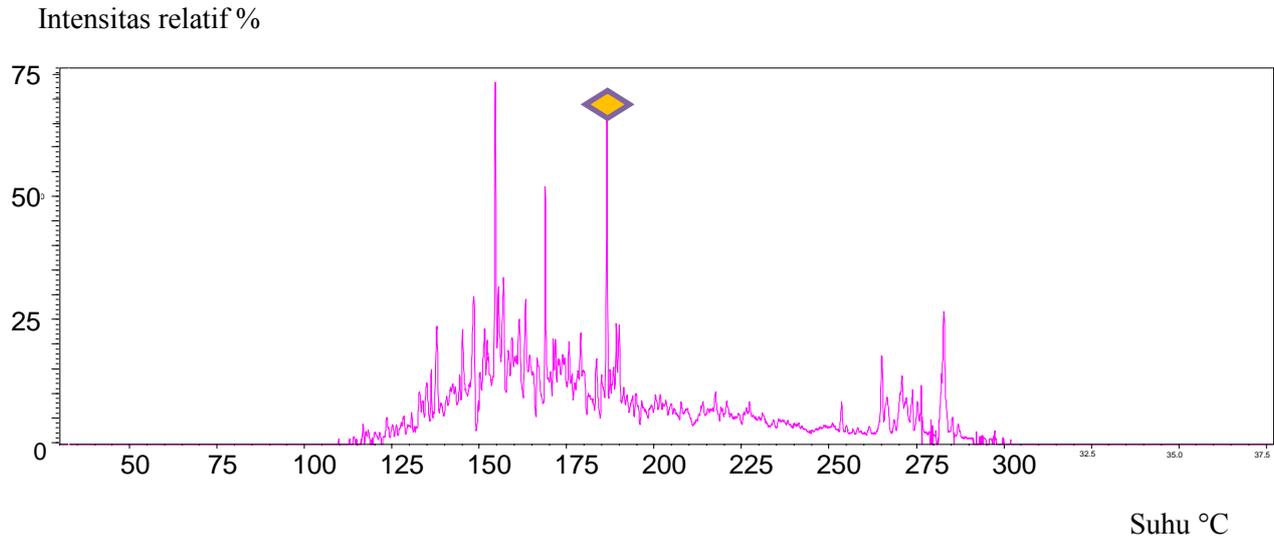
Gambar 4.24 Spektrum massa 3-metiloktan  $C_9H_{20}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Spektrum massa gambar 4.24 merupakan anteiso-alkana, karena adanya peningkatan intensitas pada fragmen ion  $m/z$  85 ( $M^+ - 29$ ) yang mengindikasikan cabang metil pada C nomor 3. Diketahui berat molekul dari spektrum tersebut sebesar 128, sehingga senyawanya adalah 3-metiloktan,  $C_9H_{20}$  (36). Senyawa iso dan anteiso-alkana merupakan senyawa yang sering ditemukan dalam produk pencairan batubara, minyak bumi dan sedimen (Kissin, 1993).

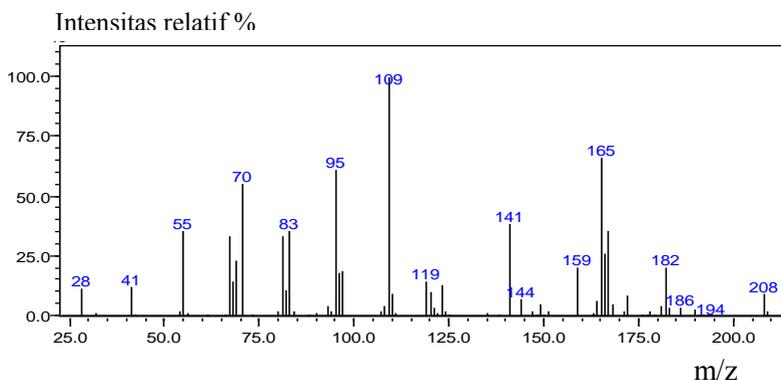
### Senyawa Seskuiterpen

Senyawa bisiklik seskuiterpen diidentifikasi berdasarkan fragmentogram  $m/z$  109. Hasil interpretasi fragmentogram  $m/z$  109 fraksi hidrokarbon alifatik *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur ditunjukkan dalam gambar 4.25.

64

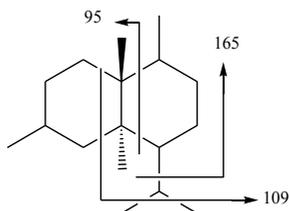


Gambar 4.25 Framentogram  $m/z$  109 senyawa hidrokarbon fraksi alifatik produk *light oil* hasil pencairan batubara Pit Bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur



Gambar 4.26 Spektrum massa transkadinan,  $C_{15}H_{28}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

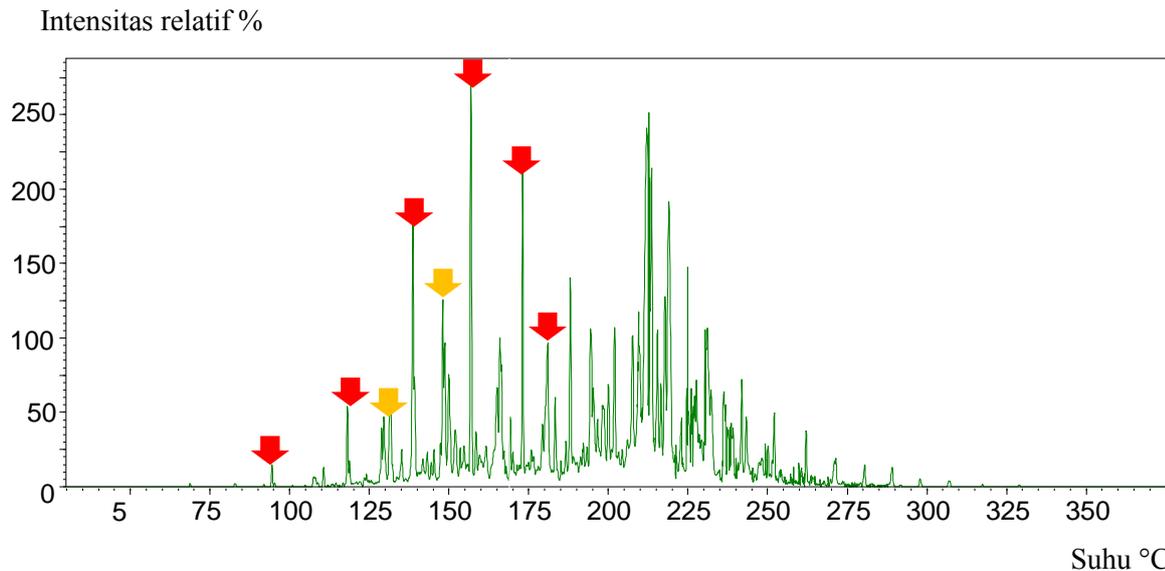
Elusidasi spektrum massa gambar 4.26 menghasilkan fragmen ion  $m/z$  95, 109 (puncak dasar), 165, dan 208 yang merupakan ciri khas dari fragmentasi senyawa bisiklik seskuiterpen. Senyawa yang cocok dengan penjelasan diatas adalah trans kadinan,  $C_{15}H_{28}$  (37). Senyawa kadinan banyak ditemukan pada minyak mentah dan sedimen Asia Tenggara yang dianalisa dengan pirolisis fosil dan resin. Senyawa kadinan diidentifikasi sebagai produk dari hidrogenasi katalitik senyawa  $C_{15}$  hasil pirolisa resin tumbuhan damar (Van Aarssen, 1990). Keberadaan senyawa transkadinan dalam produk pencairan batubara pit bintang BD-MD berpotensi sebagai bahan bakar cair.



(37)

### **Senyawa Alkilsikloheksan**

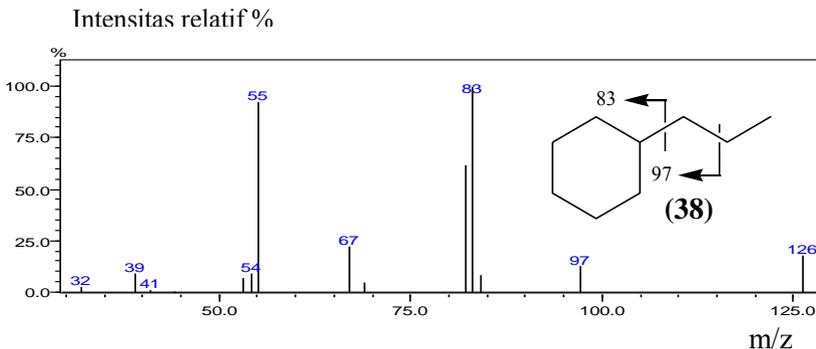
Analisa distribusi senyawa alkilsikloheksana dalam fraksi hidrokarbon alifatik dari *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur dilakukan pengamatan pada fragmentogram  $m/z$  83 yang dapat dilihat pada gambar 4.27.



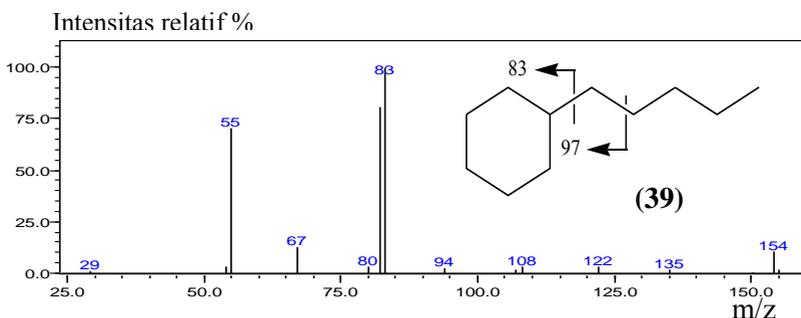
Gambar 4.27 Fragmentogram  $m/z$  83 senyawa hidrokarbon fraksi alifatik produk *light oil* hasil pencairan batubara Pit Bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Fragmentogram m/z 83 (gambar 4.27) menunjukkan adanya senyawa alkilsikloheksan dalam *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BD-MD. Senyawa alkilsikloheksan terbentuk selama proses pencairan batubara dan berpotensi sebagai bahan bakar cair.

Elusidasi spektrum massa dari puncak-puncak fragmentogram m/z 83 dihasilkan fragmen ion m/z 55, 69, 83 (puncak dasar), dan 97. Fragmen ion tersebut merupakan ciri khas dari senyawa alkilsikloheksan. Fragmen ion m/z 83 mengindikasikan terlepasnya gugus  $(C_6H_{11})^+$ . Fragmen ion m/z 97, 111, dan seterusnya dengan kelipatan 14 satuan menunjukkan penambahan gugus metilen  $(-CH_2-)$  membentuk pola linier. Identifikasi senyawa alkilsikloheksan hasil elusidasi spektrum massa fragmentogram m/z 83 ditunjukkan dalam gambar 4.28 dan 4.29.



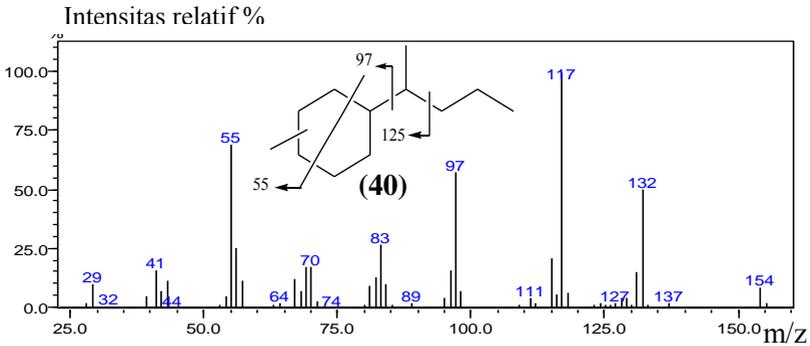
Gambar 4.28 Spektrum massa propilsikloheksana,  $C_9H_{18}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur



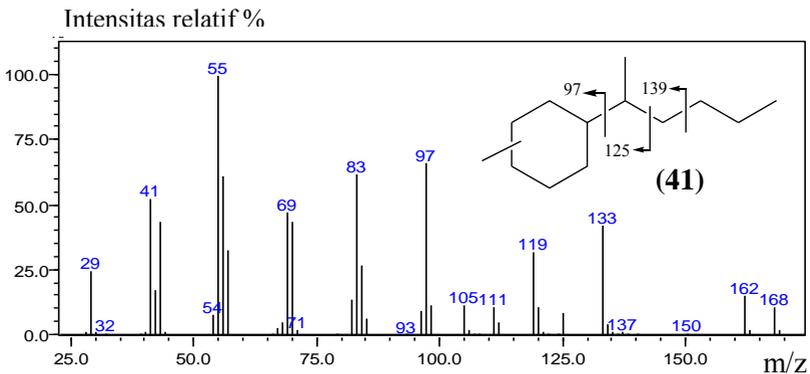
Gambar 4.29 Spektrum massa pentilsikloheksana  $C_{11}H_{22}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Spektrum massa pada gambar 4.28 menghasilkan fragmen ion  $m/z$  55, 69, 83 (puncak dasar), 97 dan berat molekul 126. Senyawa dengan spektrum massa tersebut adalah propilsikloheksan,  $C_9H_{18}$  (38). Pola fragmentasi seperti pada gambar 4.28 terjadi pula pada spektrum massa gambar 4.29 akan tetapi berat molekul yang dimilikinya berbeda. Spektrum massa 4.29 memiliki berat molekul 154, maka senyawa yang teridentifikasi adalah pentilsikloheksan  $C_{11}H_{22}$  (39).

Intepretasi fragmentogram  $m/z$  83 secara menyeluruh, dihasilkan spektrum massa dengan fragmen ion 55 (puncak dasar), 69,83, dan 97 yang merupakan fragmen ion khas dari metilalkilsikloheksan. Spektrum massa yang menunjukkan adanya senyawa metilalkilsikloheksan ditunjukkan dalam gambar 4.30 dan 4.31.



Gambar 4.30 Spektrum massa (pentan-2-il)sikloheksan  $C_{11}H_{22}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur



Gambar 4.31 Spektrum massa (heksan-2-il)sikloheksan  $C_{12}H_{24}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

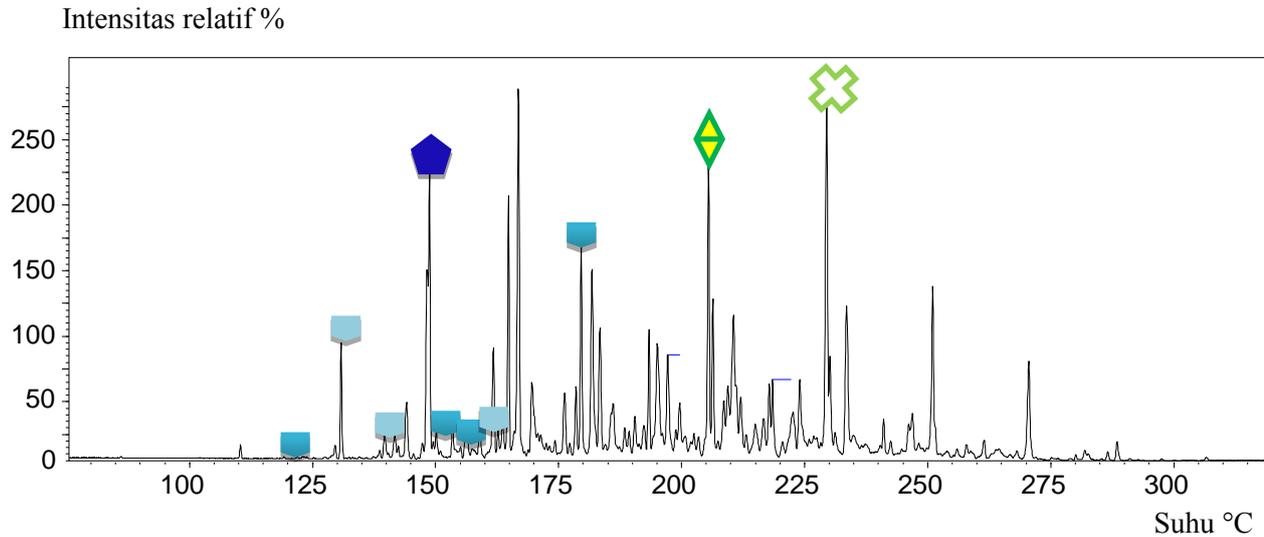
Spektrum massa pada gambar 4.30 menghasilkan fragmen ion m/z 55 (puncak dasar), 69, 83, 97 dan memiliki berat molekul 154, maka senyawa pada spektrum tersebut yaitu (pentan-2-il)sikloheksan  $C_{11}H_{22}$  (40). Analisa spektrum massa pada gambar

4.31 juga menghasilkan fragmen ion yang sama dengan spektrum massa gambar 4.30, namun keduanya berbeda dalam berat molekul yang dimilikinya. Berat molekul pada spektrum massa 4.31 sebesar 168, maka senyawanya adalah (heksan-2-il)sikloheksan  $C_{12}H_{24}$  (41).

Secara keseluruhan spektrum massa dari fragmentogram  $m/z$  83 pada fraksi *light oil* dianalisis sehingga diperoleh sebaran homolog alkilsikloheksan  $C_9-C_{14}$ , dan metilalkilsikloheksan  $C_{11}-C_{12}$ . Penelitian yang dilakukan oleh Gao (2008) ditemukan senyawa alisiklik hidrokarbon seperti alkilsikloheksan dan metilalkilsikloheksan dalam *light oil* dari produk pencairan batubara bituminous Shenhua Shangwan. Komposisi molekul produk pencairan batubara pit bintang menyerupai komposisi molekul produk distilasi minyak bumi. Jumlah atom karbon dalam *light oil* serupa dengan tipe solar yaitu  $C_6-C_{16}$  (Collins,2007).

#### **4.4.3 Kandungan Senyawa Hidrokarbon Aromatik Fraksi *Light Oil***

Analisa KG-SM terhadap senyawa hidrokarbon aromatik dari fraksi *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BD-MD diperoleh kromatogram total. Analisa ini digunakan untuk mengetahui komponen senyawa yang terkandung di dalamnya serta potensialnya sebagai bahan bakar cair. Kromatogram total hasil analisa KG-SM dari fraksi *light oil* yang merupakan produk pencairan batubara pit bintang BD-MD ditunjukkan pada gambar 4.32

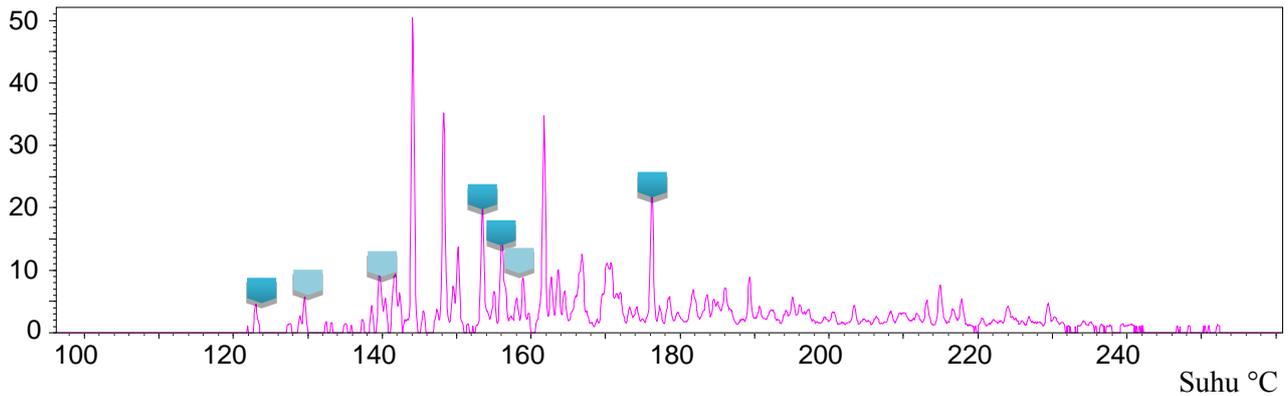


Gambar 4.32 Kromatogram total senyawa hidrokarbon aromatik dari fraksi *light oil* hasil produk pencairan batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur

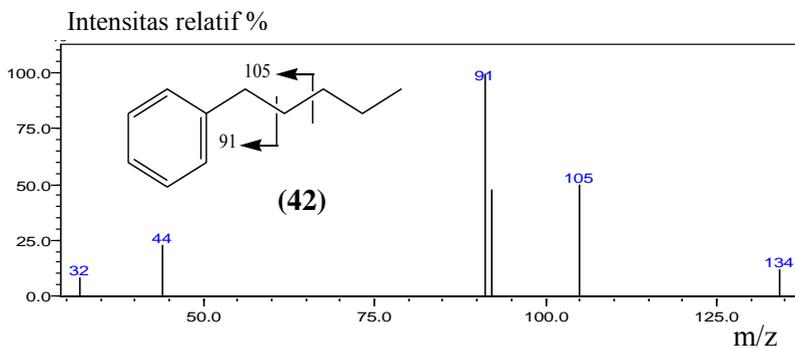
## Senyawa Alkilbenzen

Identifikasi senyawa alkilbenzen yang terdapat pada fraksi hidrokarbon aromatik dari *light oil* berdasarkan fragmentogram m/z 91. Munculnya puncak ion m/z 91 disebabkan oleh terlepasnya gugus  $(C_7H_7)^+$ . Fragmentogram m/z 91 senyawa alkilbenzen dari *light oil* ditunjukkan dalam gambar 4.33

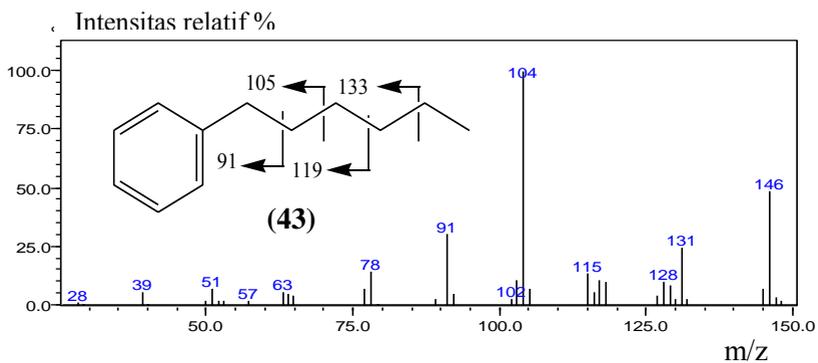
Intensitas relatif %



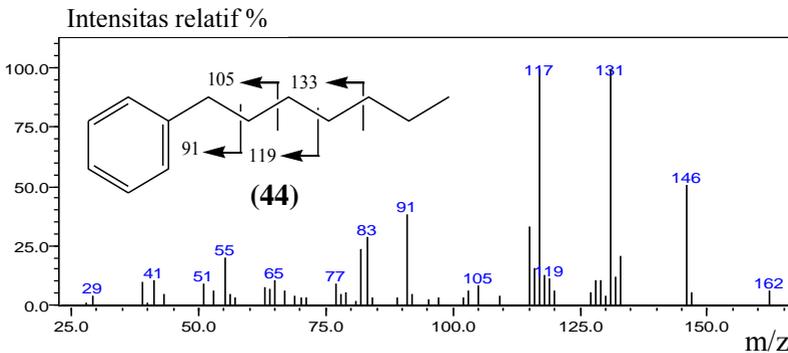
Gambar 4.33 Fragmentogram  $m/z$  91 senyawa hidrokarbon fraksi aromatik produk *light oil* hasil pencairan batubara Pit Bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur



Gambar 4.34 Spektrum massa 1-butylbenzen  $C_{10}H_{14}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur



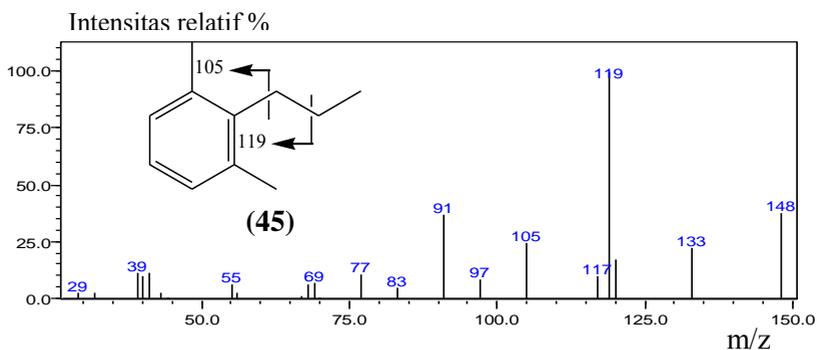
Gambar 4.35 Spektrum massa 1-pentilbenzen  $C_{11}H_{16}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur



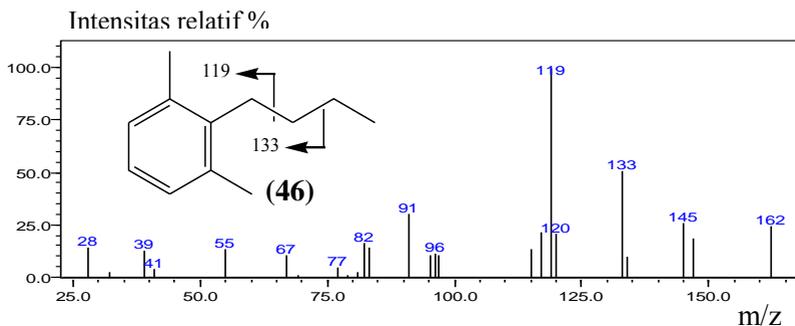
Gambar 4.36 Spektrum massa 1-heksilbenzen  $C_{12}H_{18}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur

Spektrum massa dalam gambar 4.34 menghasilkan fragmen ion m/z 91 (puncak dasar) dan 105 serta berat molekul 134. Maka senyawa dalam spektrum tersebut adalah 1-butylbenzena  $C_{10}H_{14}$  (42). Berdasarkan pola fragmentasi pada masing-masing spektrum massa diketahui pola fragmentasi dari ketiga gambar di atas (4.34, 4.35, dan 4.36) memiliki pola yang sama tetapi berat molekulnya berbeda. Dengan mengidentifikasi dengan cara yang sama, diketahui senyawa dalam spektrum massa gambar 4.35 adalah 1-pentilbenzen  $C_{11}H_{16}$  (43) dan senyawa dalam spektrum massa gambar 4.36 adalah 1-heksilbenzen  $C_{12}H_{18}$  (44).

Turunan senyawa benzen lainnya teridentifikasi sebagai dimetilalkilbenzen dengan fragmentogram m/z 119. Hasil elusidasi spektrum massa dari fragmentogram m/z 119 ditunjukkan dalam gambar 4.37 dan 4.38.



Gambar 4.37 Spektrum massa 1,3-dimetil-2-propilbenzen  $C_{11}H_{16}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur



Gambar 4.38 Spektrum massa 2-butyl-1,3-dimetilbenzen  $C_{12}H_{18}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur

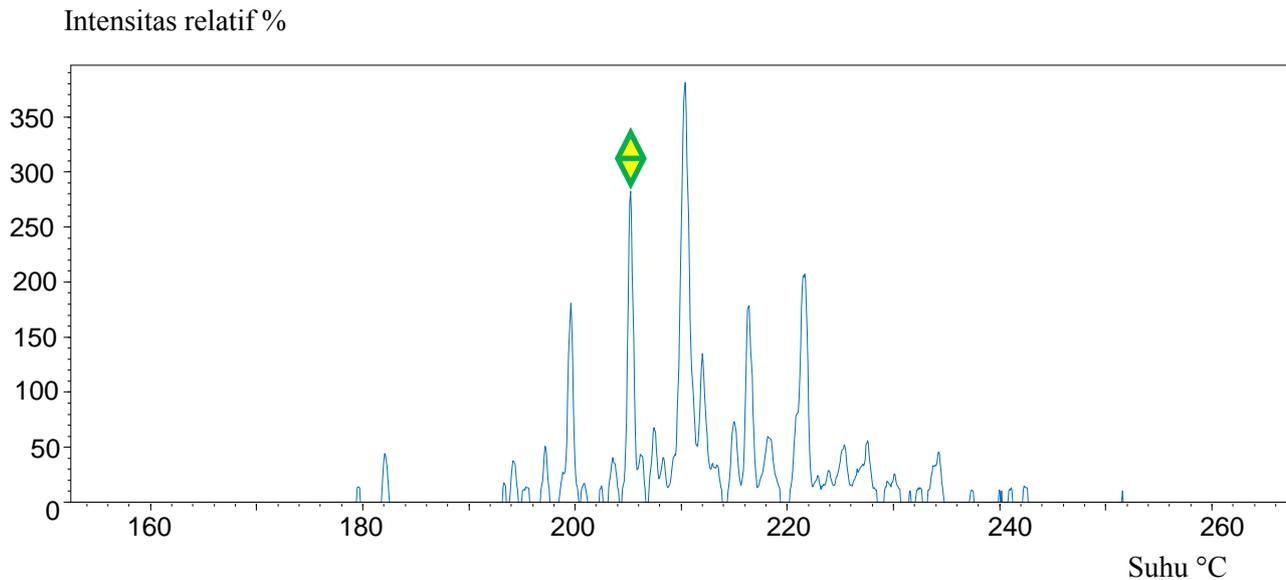
Spektrum massa dalam gambar 4.37 menghasilkan fragmen ion  $m/z$  77, 91, 105, 119 (puncak dasar) dan 133. Fragmen inilah yang merupakan fragmen spesifik dari polialkilbenzen. Spektrum tersebut memiliki berat molekul 148, sehingga senyawanya yaitu 1,3-dimetil-2-propilbenzen  $C_{11}H_{16}$  (45) Sama halnya dengan spektrum massa gambar 4.37, spektrum massa pada gambar 4.38 menghasilkan fragmen ion  $m/z$  77, 91, 105, 119 (puncak dasar),

dan 133 akan tetapi berat molekulnya 162, maka senyawanya adalah 2-butyl-1,3-dimetilbenzen  $C_{12}H_{18}$  (46).

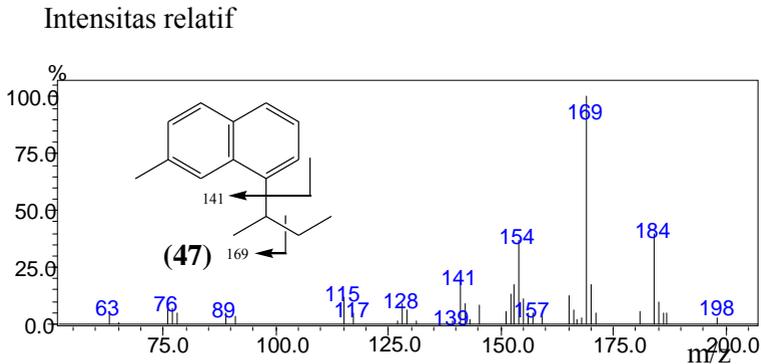
Hasil elusidasi fraksi hidrokarbon aromatik dari *light oil* teridentifikasi alkilbenzen dengan sebaran homolog  $C_{10}$ - $C_{14}$ , dan dimetilalkilbenzen  $C_{10}$ - $C_{12}$ . Senyawa turunan benzen dimana senyawa tersebut merupakan konstituen hidrokarbon dari berbagai sedimen, minyak bumi, batubara, dan produk pencairannya (Basset, 1980). Penelitian dong (1993) menunjukkan bahwa turunan benzena seperti n-alkil-o-toluena merupakan hasil aromatisasi alkilsikloheksan yang berasal dari asam lemak atau alkohol.

### **Senyawa Turunan Kadalen**

Identifikasi senyawa turuna kadalena berdasarkan fragmentogram  $m/z$  169 dari *light oil* produk pencairan batubara pit bintang BD-MD ditunjukkan dalam gambar 4.39.

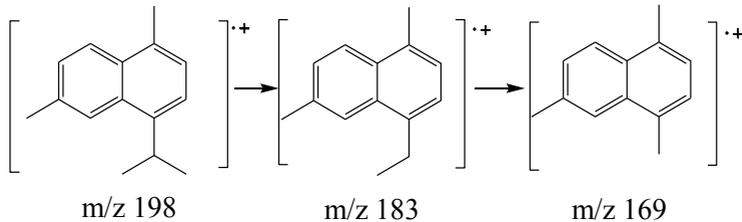


Gambar 4.39 Fragmentogram  $m/z$  169 senyawa turunan kadalen fraksi aromatik produk *light oil* hasil pencairan batubara Pit Bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur



Gambar 4.40 Spektrum massa norkadalena  $C_{15}H_{18}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BDMD Sangatta, Kalimantan Timur

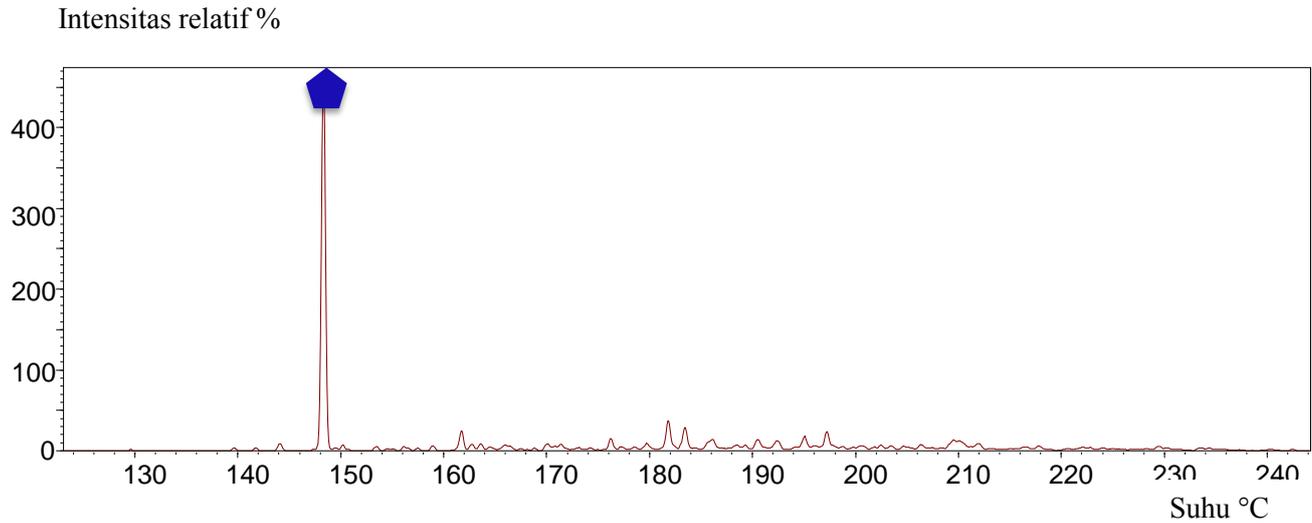
Spektrum massa pada gambar 4.40 menghasilkan fragmen ion  $m/z$  141, 154, dan 169 (pundak dasar) dengan berat molekul 198. Senyawa dari spektrum tersebut adalah norkadalena  $C_{15}H_{18}$  (47). Fragmentasi ion dari norkadalena sebagai berikut :



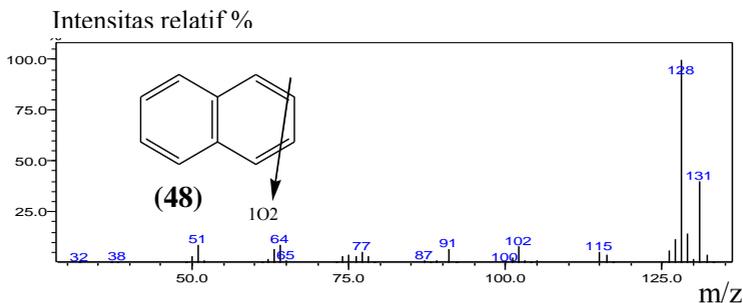
Senyawa aromatik seskiterpen yaitu norkadalena dan kadalena dapat ditemukan dalam fraksi alifatik dan aromatik (Wang dan Simoneit, 1991). Senyawa norkadalena dan kadalena dalam produk pencairan batubara subbituminus Turki terutama *light oil* dan *middle oil* menunjukkan kestabilannya pada suhu tinggi sehingga tetap berada selam proses pencairan.

## Senyawa Naftalena

Identifikasi senyawa naftalena dalam fraksi hidrokarbon aromatik dari *light oil* berdasarkan pengamatan fragmentogram  $m/z$  128 yang ditunjukkan dalam gambar 4.41.

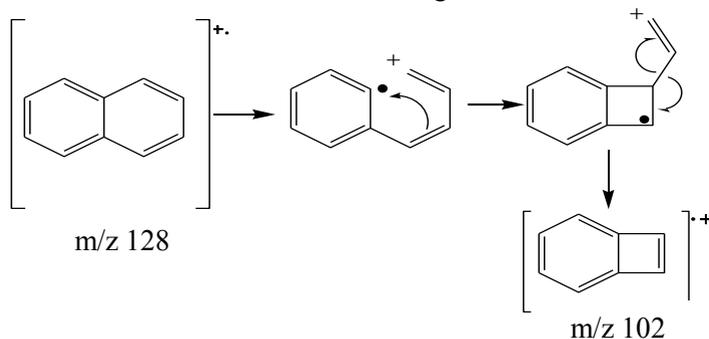


Gambar 4.41 Fragmentogram  $m/z$  128 senyawa naftalena fraksi aromatik produk *light oil* hasil pencairan batubara Pit Bintang KPC Sangatta, Kalimantan Timur

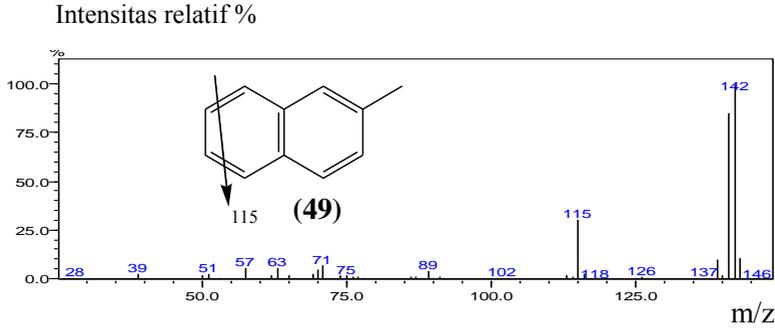


Gambar 4.42 Sepktrum massa naftalena  $C_{10}H_8$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

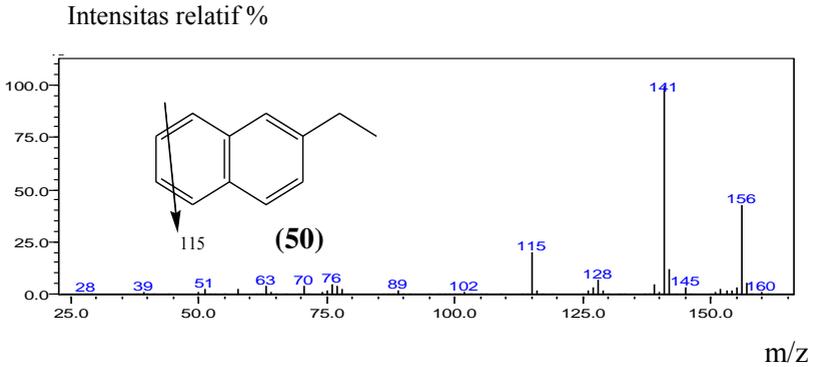
Elusidasi spektrum massa gambar 4.42 menghasilkan fragmen ion  $m/z$  102 dan 128 (puncak dasar) dengan berat molekul 128, Senyawa tersebut adalah naftalena,  $C_{10}H_8$  (48). Fragmentasi ion dari naftalena adalah sebagai berikut :



Turunan naftalena yang terdapat dalam *light oil* diidentifikasi berdasarkan fragmentogram  $m/z$  141. Hasil elusidasi terhadap puncak-puncak fragmentogram  $m/z$  141 ditunjukkan dalam gambar 4.43 dan 4.44.

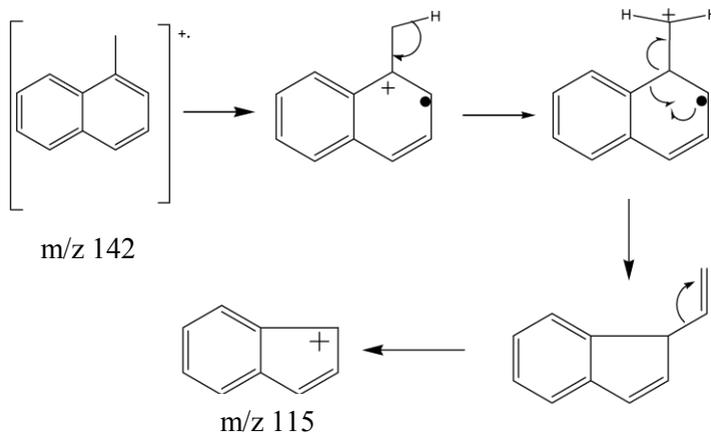


Gambar 4.43 Spektrum massa metilnaftalena  $C_{11}H_{10}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur



Gambar 4.44 spektrum massa etilnaftalena  $C_{12}H_{12}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

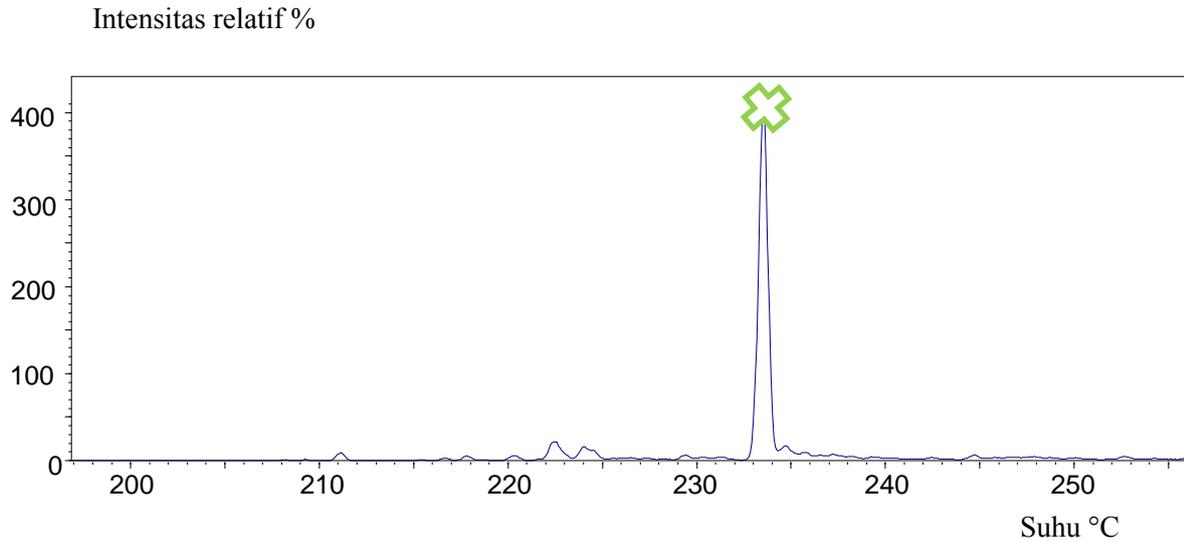
Spektrum massa pada gambar 4.43 menghasilkan fragmen ion  $m/z$  115, 126, dan 142 (puncak dasar). Senyawa dalam spektrum tersebut adalah metilnaftalena  $C_{11}H_{10}$  (49) dengan berat molekul 142. Fragmentasi ion dari senyawa metil naftalena sebagai berikut :



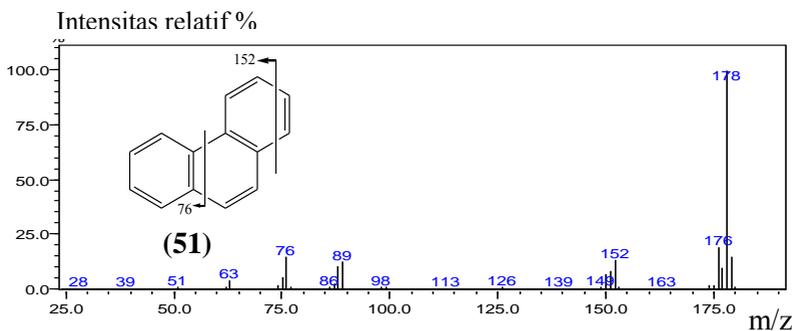
Spektrum massa pada gambar 4.44 menghasilkan fragmen ion  $m/z$  115, 128, 141 (puncak dasar) dan berat molekulnya 156. Maka senyawa yang teridentifikasi dalam spektrum tersebut adalah etilnaftalena  $C_{12}H_{12}$  (50). Senyawa naftalena dan turunannya ditemukan dalam fraksi aromatik *light oil* berasal dari hasil degradasi makromolekul batubara.

### Senyawa Fenantren

Identifikasi senyawa fenantren dalam fraksi hidrokarbon aromatik dari *light oil* berdasarkan fragmentogram  $m/z$  178 yang ditunjukkan dalam gambar 4.45

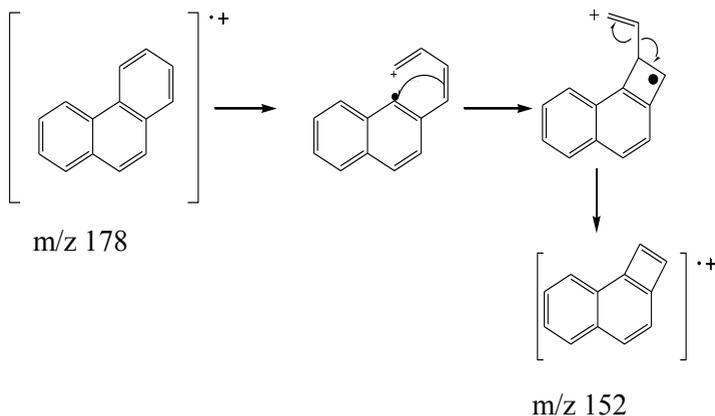


Gambar 4.45 Fragmentogram  $m/z$  128 senyawa naftalena fraksi aromatik produk *light oil* hasil pencairan batubara Pit Bintang KPC Sangatta, Kalimantan Timur

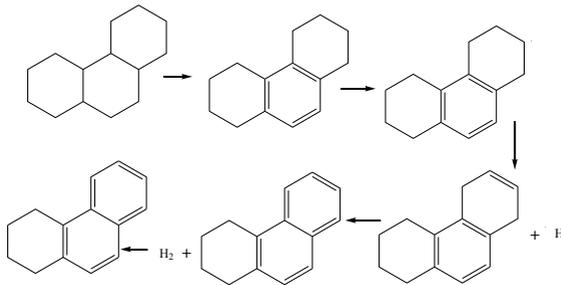


Gambar 4.46 Spektrum massa Fenantrena  $C_{14}H_{10}$  fraksi *light oil* batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur

Elusidasi spektrum massa pada gambar 4.46 memiliki fragmen ion  $m/z$  152 dan 178 sebagai puncak dasar dan berat molekulnya 178. Senyawa pada spektrum tersebut adalah fenantren  $C_{14}H_{10}$  (51). Fragmentasi ion dari fenatren sebagai berikut :



Senyawa polisiklik aromatik terakilasi (fenantren) merupakan komponen yang dominan ditemukan dalam bahan bakar solar (Tancell,1996). Ditemukannya senyawa fenantrena dalam produk pencairan batubara dapat dijadikan sebagai informasi berpotensi sebagai komponen senyawa penyusun bahan bakar. Reaksi radikal bebas yang menunjukkan pembentukan senyawa fenantren digambarkan dalam gambar 4.47



Gambar 4.47 Reaksi radikal bebas pembentukan fenantrena

#### 4.5 Komposisi Kimia Produk Pencairan

Proses pencairan batubara dilakukan pada suhu dan tekanan hidrogen yang tinggi sehingga terjadi degradasi terhadap komponen senyawa batubara pit bintang BD-MD. Proses pencairan ini menghasilkan produk berupa gas dan slurry. Slurry yang didapat dilakukan proses pemisahan agar didapatkan fraksi nafta, *light oil*, *middle*, *heavy oil* dan *coal liquid bottom*. Fraksi *light oil* dilakukan pemisahan dari aspaltenya dan difraksinasi untuk mendapatkan fraksi alifatik dan aromatik sebelum dilakukan analisa menggunakan KG-SM agar diketahui komponen apa saja yang terkandung didalamnya. Sedangkan untuk fraksi nafta langsung di analisa menggunakan KG-SM untuk mengetahui komponen yang terkandung di dalamnya, karena fraksi nafta telah terbebas dari aspalten.

Fraksi *light oil* produk pencairan batubara pit bintang mengandung komponen senyawa hidrokarbon alifatik dan aromatik. Senyawa hidrokarbon alifatik yang teridentifikasi meliputi senyawa n-alkana dengan rantai karbon  $C_{10}$ - $C_{21}$ , alkana bercabang yaitu 3-metiloktan,  $C_9H_{20}$ , senyawa transkadinan,  $C_{15}H_{28}$ , senyawa alkilsikloheksan  $C_9$ - $C_{14}$ , senyawa metilsikloheksan  $C_{11}$ - $C_{12}$ . Senyawa hidrokarbon aromatik dari fraksi *light oil* meliputi senyawa alkilbenzen  $C_{10}$ - $C_{14}$ , turunan senyawa alkilbenzen  $C_{10}$ - $C_{12}$ , senyawa norkadalena,  $C_{15}H_{18}$ , senyawa naftalena,  $C_{10}H_8$ , etilnaftalena,  $C_{12}H_{12}$  dan metilnaftalena  $C_{11}$ - $C_{10}$ , serta senyawa fenantren  $C_{14}H_{10}$ . Komponen senyawa fraksi *light oil* mengandung n-alkana  $C_{10}$ - $C_{21}$ , maka lebih sesuai untuk formula bahan bakar solar ( $C_8$ - $C_{21}$ ) (Collins, 2007).

Fraksi nafta produk pencairan batubara pit bintang mengandung komponen senyawa yaitu n-alkana dengan rentang karbon  $C_9$ - $C_{14}$ , alkana bercabang yaitu 3-metilheptan  $C_8$ - $C_9$ , senyawa alkilsikloheksan dengan rentang karbon  $C_8$ - $C_{11}$ , senyawa alkilbenzen  $C_8$ - $C_9$ , metilalkilbenzen  $C_9$ - $C_{10}$ , dimetilalkilbenzen  $C_{11}$ - $C_{12}$ , dan naftalen  $C_{10}H_8$ . Berdasarkan komponen senyawa n-alkana yang dimiliki oleh fraksi nafta, maka nafta tersebut lebih sesuai untuk formula bahan bakar jet atau kerosin ( $C_9$ - $C_{14}$ ).

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Pencairan 75,49 gram batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur menghasilkan destilat yang berpotensi sebagai bahan bakar. Destilat ini terdiri dari 8,71 gram (11,54 % wt) gas (CO, CO<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>), 3,54 gram (4,69 % wt) fraksi *light oil*, 36,77 gram (48,70 % wt) fraksi *middle oil*, dan 13,24 gram (17,53% wt) fraksi *heavy oil*.

Komponen senyawa yang teridentifikasi dari fraksi *light oil* produk pencairan batubara pit bintang mengandung senyawa n-alkana dengan rantai karbon C<sub>10</sub>-C<sub>21</sub>, alkana bercabang yaitu 3-metiloktan, C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>, senyawa transkadinan, C<sub>15</sub>H<sub>28</sub>, senyawa alkilsikloheksan C<sub>9</sub>-C<sub>14</sub>, senyawa metilsikloheksan C<sub>11</sub>-C<sub>12</sub>, senyawa alkilbenzen C<sub>10</sub>-C<sub>14</sub>, turunan senyawa alkilbenzen C<sub>10</sub>-C<sub>12</sub>, senyawa norkadalen, C<sub>15</sub>H<sub>18</sub>, senyawa naftalena, C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>, etilnaftalena, C<sub>12</sub>H<sub>12</sub> dan metilnaftalena C<sub>11</sub>-C<sub>10</sub>, serta senyawa fenantren C<sub>14</sub>H<sub>10</sub>. Fraksi *light oil* memiliki kandungan senyawa alkana dengan rentang karbon C<sub>10</sub>-C<sub>21</sub> sehingga berpotensi sebagai formula bahan bakar solar yang memiliki rentang karbon C<sub>13</sub>-C<sub>20</sub>.

Fraksi nafta produk pencairan batubara pit bintang mengandung komponen senyawa yaitu n-alkana dengan rentang karbon C<sub>9</sub>-C<sub>14</sub>, alkana bercabang yaitu 3-metilheptan C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>, senyawa alkilsikloheksan dengan rentang karbon C<sub>8</sub>-C<sub>11</sub>, senyawa alkilbenzen C<sub>8</sub>-C<sub>9</sub>, metilalkilbenzen C<sub>9</sub>-C<sub>10</sub>, dimetilalkilbenzen C<sub>11</sub>-C<sub>12</sub>, dan naftalen C<sub>10</sub>-H<sub>8</sub>. Berdasarkan komponen senyawa n-alkana yang dimiliki oleh fraksi nafta, maka nafta tersebut lebih sesuai untuk formula bahan bakar jet atau kerosin (C<sub>9</sub>-C<sub>14</sub>).

### 5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan dalam penelitian batubara pit bintang BD-MD Sangatta, Kalimantan Timur selanjutnya adalah melakukan penelitian lebih lanjut terhadap potensial komposisi

produk cair batubara fraksi *middle oil* yang juga merupakan produk pencairan batubara sebagai bahan bakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R., (2004), *Kimia Lingkungan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Artanto, Y., Jackson, W. R. and Redlich, et al, (2000),—*Iquefaction Studies of Some Indonesian Low Rank Coals*”, *Fuel*, **79**, 1333-1340.
- Baset, Z.H., Pancirov, R.J., dan Ashe, T.R., (1980), *—The pyrolytic Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Styrene, Phenylacetylene, and n-decane in Relation to Fossil Fuels Utilization*”, *Fuel Processing Technology*, **18**, 213-236.
- Budiarti, A., (2009), *Karakterisasi Biomarka Hidrokarbon Alifatik Batubara Coklat (Brown Coal) dari Samarinda, Kalimantan Timur*, Jurusan Kimia FMIPA ITS, Surabaya.
- Budiono, (2007), *—Produksi Minyak Mutlak Harus Ditingkatkan* (Online), (<http://kompas.com>).
- Carlson, R.E., Critchfield, S., Vorkink, W.P., Dong, J.Z., Pugmire, R.J., Lee, M.L., Zhang, Y., Shabtai, J. Dan Bartle K.D., (1992), *”High Resolution Chromatographic Characterization of Depolymerized Coals of Different Rank: Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons*”, *Fuels*. 71.
- Collins, C., (2007), *Implementing Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbons*, *Methods in Biotechnology*, **23**, 99-108. Humana Press. ISBN 1588295419
- Dechamps, G., (2010), *Crude Oil and Refining*, Lecture handout: Petroleum.

- Didyk, B. M., Simoneit, B. R. I., Brassell, S. C. dan Eglinton, G., (1978), Organic geochemical indicators of paleoenvironmental conditions of sedimentation. *Nature*, 272, 216-222.
- Dong, J.Z., Katoh, T., Itoh, H. dan Ouchi, K., (1987), Origin of Alkenes in Coal Extract and Liquefaction Product, *Fuel*, **66**, 1336-1346
- Dong, J.Z., Vorkink, W.P. dan Lee, M.I., (1993), Origin of Long Chain Alkylcyclohexanes and alkylbenzenes in a Coal-bed Wax, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **57**, 837-849.
- Dooley, S., dkk, (2010), "A Jet Fuel Surrogate Formulated by Real Fuel Properties", *Combustion and Flame*, **157**, 2333– 2339
- Duran, B, (2003), A history of organic geochemistry, Oil and gas science and technology, vol 55
- Fergusson A., McClay K., (1997), Structural modelling within the Sanga Sanga PSC, Kutai Basin, Kalimantan: Its Application to Paleochannel Orientation Studies and Timing of Hydrocarbon Entrapment, Indonesian Petroleum Association.
- Gao, Z., Liu, L., Zhu, X. dan Li, W., (2008), The Composition Analysis of Coal-derived Light Oil, *Journal of Science & Engineering*, **14(1)**, 136-139.
- Hardjono, S., (1991), Kromatografi , Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.

- Herod, A.A., Hellenbrand, R., Xu, B., Zang, S. dan Kandiyoti, R., (1995), Alkanes and Solvent Dimers in Successive Extract Fractions Released from Coal During Liquefaction in a Flowing-solvent Reactor, *Fuel*, **74**, 1739-1752.
- Hirano, K., (2000), —Outline of NEDOL Coal Liquefaction Process Development (Pilot Plant Program)”, *Fuel Processing Technology*, **62**, 109-118.
- Huo, Y., Zeng, F. and Wang, G., (1998), An organic petrological research on Rock Eval pyrolysis parameters of coal from the Jurrasic in Sangtanghu Basin, Xianjiang, Northwest China, *International Journal of Coal Geology*, **34**, 801 – 806.
- Jauhary, M., (2007), *Potency of Coal Liquefaction Industry, Beyond Pteroleum*, Jakarta.
- Jones, D., (1982), —Cyclic Alkanes as Geochemical Markers in Coal Liquefaction Products”, *Fuel*, **61**.
- Katzer, J., (2007), *The Future of Coal*, Massachusetts Institute of Technology, USA.
- Kenig, F., (2000), C16-C29 Series of Monomethylalkanes in the Pyrolysis Products of a Holocene Microvial Mat, *Organic Geochemistry*, **31**, 237-379.
- Kent, A.J.,(1993), *Riegel’s Handbook of Industrial Chemistry*. 9th edition. USA: Springer.
- Khopkar, (2002), *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Universitas Indonesia, Jakarta.

- Killops, S. D., dan Killops, V. J., (1993). An Introduction to Organic Geochemistry, John Willey & Sons, Inc. New York.
- Kissin, Y.V., (1987), Catagenesis ad composition of petroleum: Origin of n-alkanes and isoalkanes in petroleum crudes, *Geochmica et Cosmochimica Acta*, 51, 2445-2451.
- Kissin, Y.V., (1993), Catagenesis of light acyclic isoprenoid in petroleum. *Organic Geochemistry*. 20. 1077-1090.
- Kvenvolden, K.E., (2008), Origin of organic geochemistry, Elsevier Science Publisher, USA
- Logan, S., (2008), Coal, Ohio Geological Survey, Ohio.
- McNair, H. M. dan E. J. Bonelli, (1988), Dasar Kromatografi Gas. ITB Bandung Press, Bandung.
- Miller, B., (2005), *Coal Energy System*, California University, USA
- Miller, B., (2005), Coal Energy System, California University, USA
- Osuma, O., (2000), —“Iquefaction Process with Bottom Recycling for Complete Conversion of Brown Coal”, *Fuel*, **79**, 355- 364
- Pavia, D., (2009), Introduction to Spectroscopy, Fifth Edition, Western Washington University, Washington
- Pereira, R.C.C. dan Pasa, V.M.D., (2006), Effect of Mono-Olefins and Diolefins on the Stability of Automotive Gasoline, *Fuel*, **85**, 1860-1865.

- Peters, K. E dan Moldowan, S. M,(1993), —  
The Biomarkers Guide Interpreting Molecular Fossil in  
Petroleum and Ancient Sediment” Prentice Hall Inc.,  
New Jersey.
- Philp, P.R., (1985), Fossil Fuel Biomarkers: Application and  
Spectra. New York: Elsevier.
- Purwono, S., (2008), Peranan Sumber Daya Alam Berbasis  
Fosil Bagi Kehidupan Manusia dan Cara Mengatasi  
Kekurangannya dengan *Enhanced Oil Recovery*. Pidato  
Penguhan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas  
Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rouessac, F., (2007), Chemical Analysis: Modern  
Instrumentation Methods and Techniques, 2nd Edition,  
John Willey & Son, France.
- Rudnick, L.R., dan Teuting, D. (1984),”Investigation of free  
radicals produced during coal liquefaction using ESR”,  
Fuel, 82.
- Silverstein, R. M. dan Webster, F. X., (1998), *Spectrometric  
Identification of Organic Compounds*, Sixth Edition,  
John Willey and Sons, Inc., New York.
- Silverstein, R. M. dan Webster, F. X., (1998), Spectrometric  
Identification of Organic Compounds, Sixth Edition,  
John Willey and Sons, Inc., New York
- Speight, J.G., 1991, The Chemistry and Technology of  
Petroleum, Second Edition, Marcel Dekker, Inc., New  
York.

- Strachan, M.G., Alexander, R., dan Kagi R.I., (1989), —A Comparison of Selected Biological Marker Compunds in Some Natural and Synthetic Liquid Fuels”, *Fuels*, 68.
- Sukandarrumidi, (1995), —Batbara dan Gambut”, Gadjah Mada University Press., Yogyakarta.
- Tancell, P.J., Rhead, M.M., Pemberton, R.D., dan Braven, J., (1996), Diessel Combution of an Alkylated Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, *Fuel*, **75**, 717-723.
- Tissot, P.B. dan Welte, H.D., 1984. Petroleum Formation and Occurrence. 2nd ed, Springer-Verlag, Berlin.
- Van Aarssen, B.G.K., Cox H.C., Hoogendoorn, P. dan De Leeuw, J.W., 1990. A Cadinene Biopolymer Present in Fossil and Extant Dammar Resins as aSource for Cadinanes and Bicadinanes in Crude Oils from Southeast Asia, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **54**, 3021-3031.
- Walker, R., Mastalerz, M., 2004. Functional Group and Individual Maceral Chemistry of High Volatile Bituminous Coals from Southern Indiana : *Controls on Coking. International Journal of Coal Geology*, **58**, 181–191.
- Wang, T. G. dan Simoneit, B. R. T., 1990. Organic geochemistry and coal petrology of tertiary brown coal in the Zhouying mine, Baise basin, South China. 2. Biomarker assemblage and significance, *Fuel*, **69**, 12-20.

- Wang, T.-G., Simoneit, B.R.T., 1991. Organic geochemistry and coal petrology of Tertiary brown coal in the Zhoujing mine, Baise Basin, South China—3. Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Fuel*, **70**, 819–829.
- Yoshida, T., Tokihashi, K. Dan Meekawa, Y., (1995), —“Liquefaction Reaction of Coal I. Depolymerization of Coal by Cleavage of Ether and Methylene Bridges”, *Fuels*, **64**, 890-901
- Zhou, P.Z, Marano, J.J. dan Winschel, R.A., 1992. Strategic considerations of coal liquid refining. *American Chemical Society. Division of fuel Chemistry Preprint*. **37**. 1847-1854.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BIODATA PENULIS

Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang lahir pada tanggal 11 Juli 1991 serta diberi nama lengkap Mirna Hapsari Priyanti. Penulis yang biasa dipanggil Mirna ini telah menamatkan pendidikan di TK. Pertiwi Teladan, SMP Al-Hikmah Surabaya, serta SMAN 15 Surabaya, dan melanjutkan pendidikan S1 di jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya pada tahun 2009 melalui tes SNMPTN dan terdaftar NRP 1409100083.



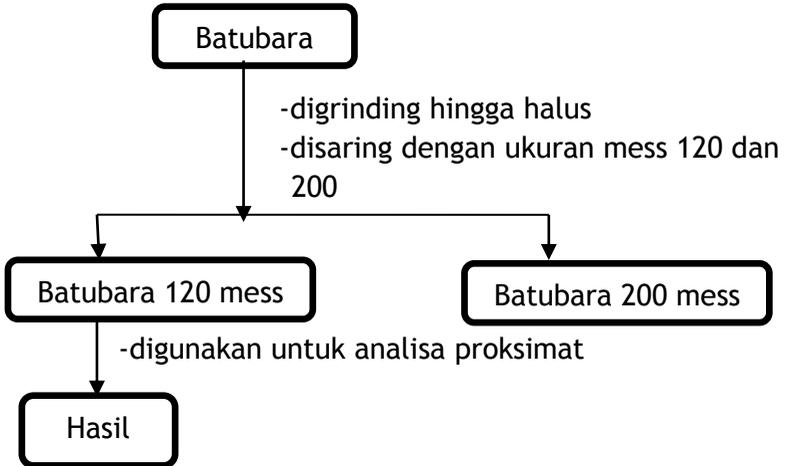
Di jurusan Kimia FMIPA ITS ini, penulis mengambil bidang studi Geokimia Molekuler di bawah bimbingan Dra. Yulfi Zetra, MS. dan Prof. Dr. R. Y. Perry Burhan, M.Sc. Penulis sempat menempuh kerja praktek di Laboratorium Forensik Polda Jatim. Selama menempuh pendidikan S-1, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) sebagai staf Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa periode 2010/2011 dan Bendahara Umum HIMKA periode 2011/2012. Penulis dapat dihubungi melalui email [mirnahpsr@gmail.com](mailto:mirnahpsr@gmail.com) untuk informasi lebih lanjut.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

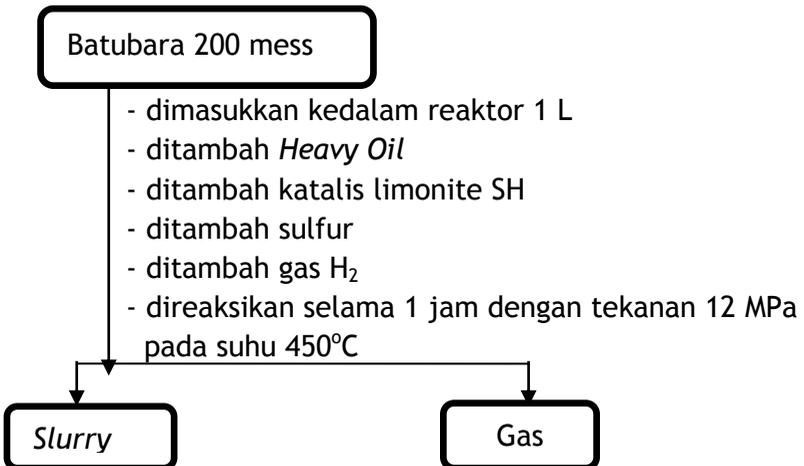
## LAMPIRAN A

### DIAGRAM SKEMATIK PENELITIAN

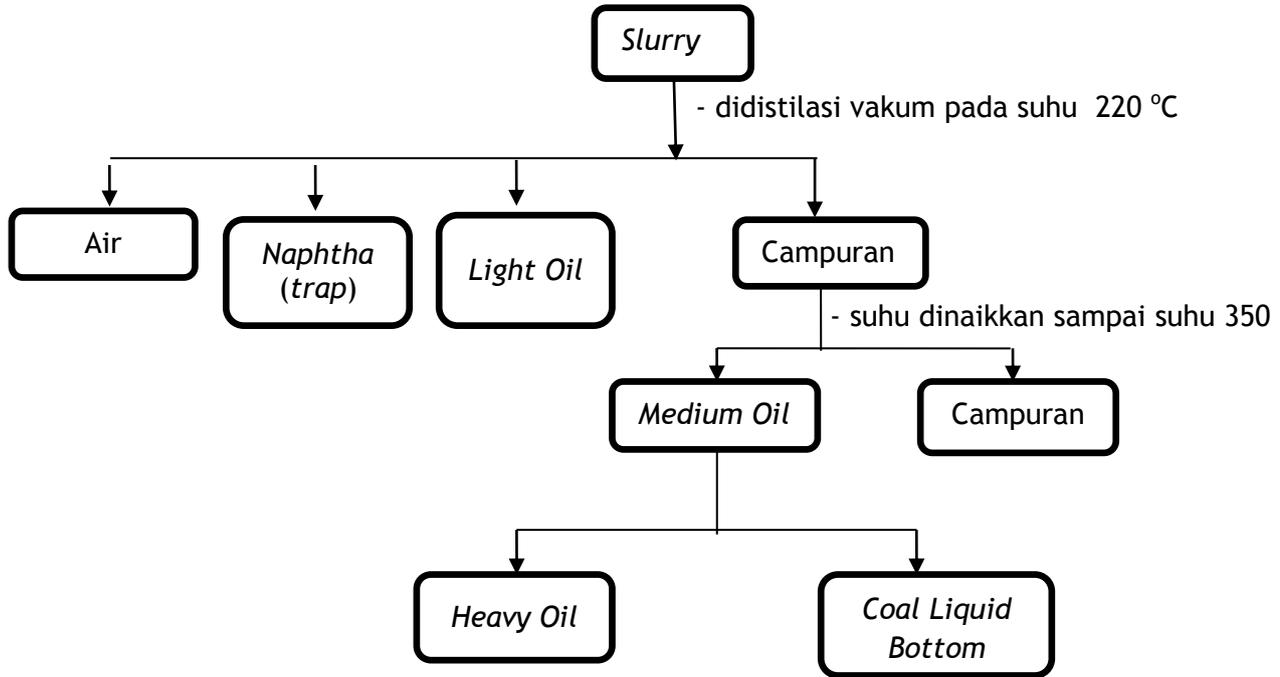
#### A. Persiapan Proses Pencairan



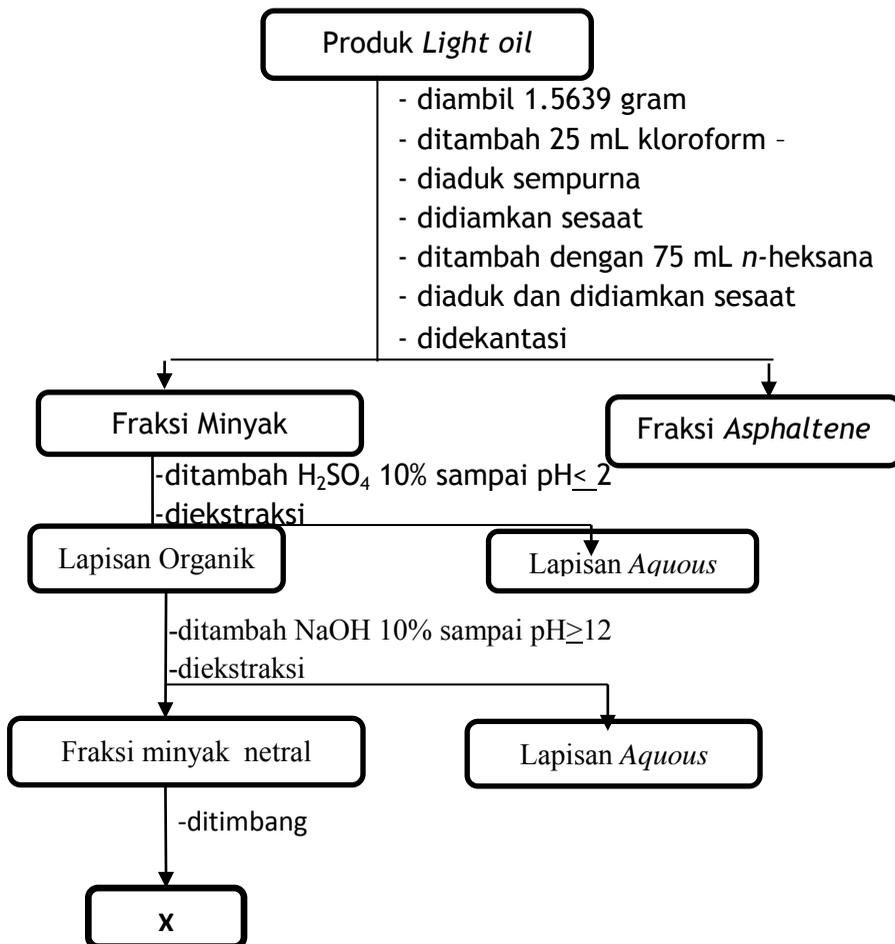
#### B. Pencairan Batubara

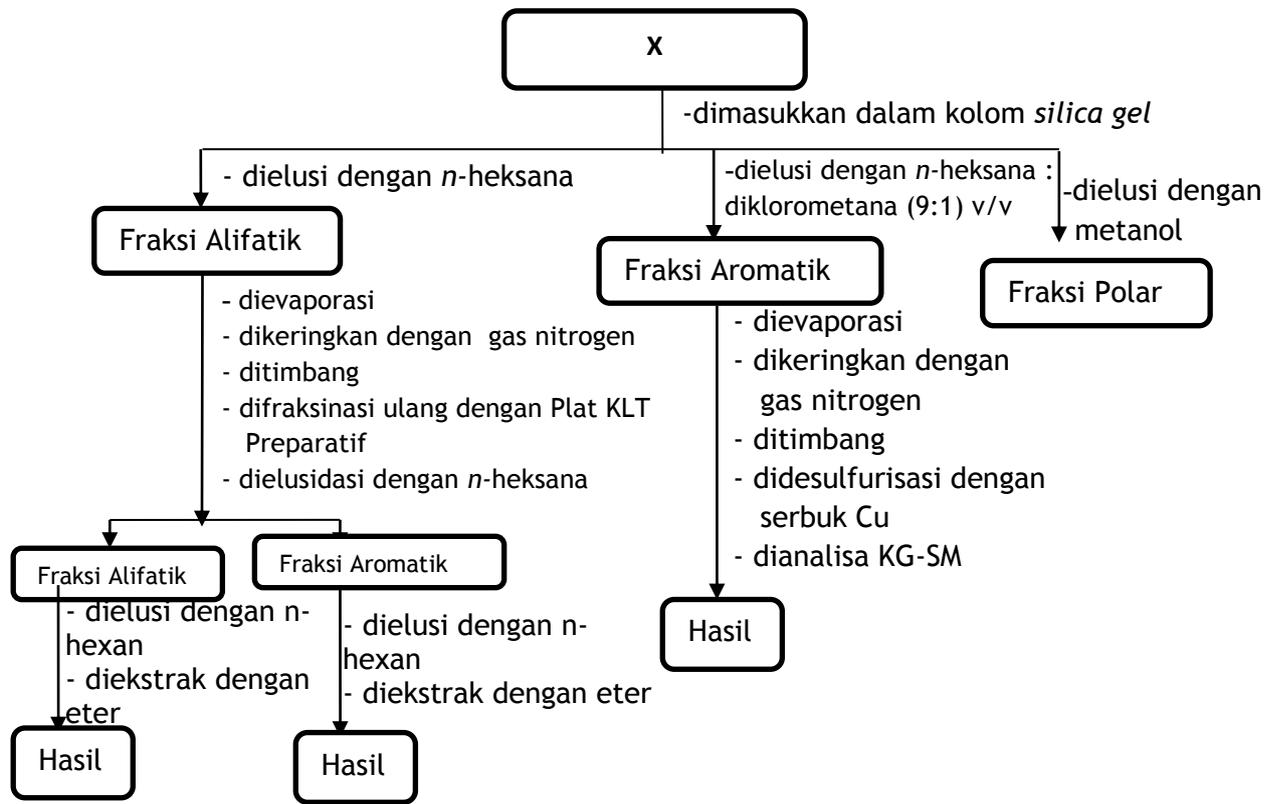


### C. Fraksinasi Produk Pencairan Batubara



#### D. Ekstraksi Fraksi *Light Oil* Produk Pencairan Batubara Sangatta





## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN PRODUK PENCAIRAN BATUBARA PIT KANCIL KPC SANGATTA

#### 1. Perhitungan konsumsi gas H<sub>2</sub> dalam proses pencairan

Keterangan	Hasil
	29,75
Kecepatan Alir (L)	109,880
Volume Reaktor pengganti gas (L)	0.928
Jumlah H <sub>2</sub> gas dalam AC (NL)	99,9

$$\text{Umpan Hidrogen} = \frac{\text{kecepatan alir} \times 273}{273 + \text{temperatur kamar}} + \text{volum gas dalam AC}$$

$$= \frac{109,88 \times 273}{273 + 29,75} + 0.928$$

$$= \frac{29997,24}{302,75} + 0.928$$

$$= 99,9 \text{ NL}$$

$$\text{Massa gas hidrogen} = \frac{\text{umpan hidrogen} \times \text{BM } H_2}{22.4}$$

$$= \frac{99,9 \times 2.0158}{22.4}$$

$$= 8,9 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ H}_2 \text{ dalam berat daf} &= \frac{\text{massa H}_2}{\text{massa daf}} \times 100\% \\ &= \frac{8,9}{69,59} \times 100\% \\ &= 12,7 \% \end{aligned}$$

### Gas hasil analisa GC

<b>Type Gas</b>	<b>Data GC (% vol)</b>	<b>Prosentase (Vol)</b>	<b>Volume (NL)</b>	<b>Berat (g)</b>
H <sub>2</sub>	82,83	81,44%	49,289	4,436
CO	0,423	0,42%	0,252	0,315
CO <sub>2</sub>	0,383	0,38%	0,228	0,448
CH <sub>4</sub>	16,363	16,09%	9,737	6,974
N <sub>2</sub>	1,312	1,29%	0,781	0,978
H <sub>2</sub> S	0,4	0,38%	0,238	0,362
Total	101,712	100,00%	60,525	13,512

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi gas H}_2 &= \text{umpan H}_2 - \text{H}_2 \text{ pada GC} \\ &= 8,9 - 4,4 \\ &= 4,5 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produk gas dari batubara} \\ &= \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{C}_1 + \text{N}_2 \\ &= 0,315 + 0,448 + 6,974 + 0,978 \\ &= 8,71 \text{ gram} \end{aligned}$$

**2. Jumlah umpan yang dimasukkan dalam *autoclave* 1L adalah:**

Komposisi	Umpan (g)					
	Batubara	Pelarut HO	Katalis Limonit SH	Belerang	Gas H <sub>2</sub>	Total Umpan (g)
H <sub>2</sub> O	5,36		0,47			5,83
Abu	0,55					0,55
Dafc	69,59					69,59
LO		1,04	0,02			1,06
MO		23,33	0,54			23,87
HO		124,78	2,86			127,64
CLB						
Fe			0,73			0,73
<b>Total (g)</b>	<b>75,5</b>	<b>149,15</b>	<b>4,62</b>	<b>0,8</b>	<b>4,5</b>	<b>234,57</b>

$$\begin{aligned} \text{Berat } \textit{slurry} \text{ total setelah tes} &= \text{umpan total} - \text{gas total} \\ &= 234,57 - 13,51 \\ &= 221,06 \text{ gram} \\ &(\text{secara teoritis}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produk cair (} \textit{slurry} \text{) terukur} &= 204,2 \text{ gram} \\ &(\textit{eksperimen}) \end{aligned}$$

$$\text{Produk cair (} \textit{slurry} \text{) tertampung} = 202,3 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Rendemen} &= \frac{\text{berat } \textit{slurry} \text{ eksperimen}}{\text{berat } \textit{slurry} \text{ teoritis}} \times 100\% \\ &= \frac{204,2}{221,06} \times 100\% \\ &= 92,37\% \end{aligned}$$

### 3. Produk cair hasil distilasi vakum pada tekanan 12 MPa dari total batubara

Produk Fraksinasi	Jumlah	
	Berat (g)	% wt
H <sub>2</sub> O	8,1	4,00
Naptha	3,3	1,63
LO	4,2	2,08
MO	55,5	27,43
HO	104,7	51,75
CLB	26,5	13,10
<b>Total</b>	<b>202,3</b>	<b>100,00</b>

- a. Persen berat hasil distilasi *slurry*:

$$\%W \text{ H}_2\text{O} = \frac{8,1}{202,3} \times 100\% = 2,08\%$$

Harga persen berat dari naptha, LO, Mo, Ho dan CLB dihitung dengan cara yang sama.

- b. Berat (w) hasil destilasi *slurry* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Produk fraksinasi} = \frac{\% \text{ wt} \times \text{berat slurry total setelah tes secara teoritis}}{100} - \text{total produk dalam umpan}$$

$$\begin{aligned} - \text{ H}_2\text{O} &= \frac{4 \times 221,06}{100} - 5,83 \\ &= 3,01 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$- \text{ Naptha} = 3,3 \text{ gram}$$

$$- \text{ LO} = \frac{2,08 \times 221,06}{100} - 1,06$$

$$= 3,54 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} - \text{ MO} &= \frac{27,43 \times 221,06}{100} - 23,87 \\ &= 36,77 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ HO} &= \frac{51,75 \times 221,06}{100} - 127,64 \\ &= -13,24 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ CLB} &= \frac{13,70 \times 221,06}{100} - 0,00 \\ &= 30,28 \text{ gram} \end{aligned}$$

<b>Produk Pencairan</b>	<b>Berat (g)</b>	<b>% wt</b>
Produk cair:		
a. H <sub>2</sub> O	3,01	3,99
b. Naptha	3,3	4,37
c. LO	3,54	4,69
d. MO	36,77	48,70
e. HO	-13,24	-17,53
f. CLB	30,28	40,11
<b>Sub Total</b>	<b>63,66</b>	<b>83,35</b>
Produk Gas:		
CO+CO <sub>2</sub> + C1-C4	8,71	11,54
<b>Berat yang tidak terukur</b>	<b>3,13</b>	<b>4,15</b>
<b>Total sample</b>	<b>75,5</b>	<b>100</b>

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***