

# KAJIAN GEOKIMIA ORGANIK FRAKSI NAFTA DAN LIGHT OIL PRODUK PENCAIRAN BATUBARA BITUMINUS, SUMATERA SELATAN

Setiya Anggreawan, Prof. Dr. R. Y. Perry Burhan, M. Sc.

Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email : [pburhan@chem.its.ac.id](mailto:pburhan@chem.its.ac.id)

**Abstrak**-Pencairan batubara Bituminus, Sumatera Selatan dengan nilai kalor sebesar 6400.58 Kkal/Kg dilakukan menggunakan metode NEDOL dalam autoclave 1L pada tekanan 12 MPa dan temperatur 450°C selama 60 menit. Pada proses pencairan dihasilkan produk cair sebesar 63.85 gram (85.14%), yang meliputi fraksi nafta, *light oil*, *middle oil* dan *heavy oil* serta produk gas yang meliputi CO, CO<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> sebesar 11.09 gram (14.79%w/w). Fraksi minyak *light oil* dipisahkan kembali untuk memisahkan fraksi minyak alifatik, aromatik dan polar menggunakan kromatografi kolom silica gel dengan eluen *n*-hexan, *n*-hexan:DCM (9:1 v/v) dan metanol secara berturut-turut. Karakterisasi senyawa penyusun fraksi minyak nafta dan *light oil* dilakukan menggunakan KG-SM SHIMADZU QP2010S. Komposisi senyawa pada fraksi minyak nafta meliputi *n*-alkana (C<sub>9</sub>-C<sub>13</sub>), alkil sikloheksana (C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>), metil alkilsikloheksana (C<sub>9</sub>-C<sub>12</sub>), transkadinan, alkil benzena (C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub>), metil alkilbenzena (C<sub>10</sub>-C<sub>11</sub>), dimetil-etilbenzena dan naftalena. Sedangkan pada fraksi minyak *light oil* batubara Bituminus, Sumatera Selatan terdiri dari *n*-alkana (C<sub>10</sub>-C<sub>23</sub>), alkil sikloheksana (C<sub>9</sub>-C<sub>16</sub>), metil-pentilsikloheksana dan transkadinan serta fraksi aromatik yang mengandung senyawa metil-naftalena, etil-naftalena, dimetil-naftalena dan etil-fenantrena. Berdasarkan senyawa-senyawa yang dihasilkan tersebut, maka fraksi nafta dan *light oil* pada batubara Bituminus, Sumatera Selatan berpotensi sebagai bahan bakar alternatif pengganti kerosin dan solar secara berturut-turut.

**Kata kunci** : Pencairan batubara, batubara Bituminus, batubara Penambangan PT. Bukit Asam Sumatera Selatan, bahan bakar, pencairan NEDO, biomarka minyak

## I. PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas transportasi dan industri di Indonesia menyebabkan kenaikan permintaan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM). Kegiatan eksplorasi minyak bumi terus dilakukan sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan energi nasional terhadap BBM sebagai bahan bakar pokok. Peningkatan permintaan pasar terhadap

BBM yang tidak sebanding dengan jumlah produksi minyak bumi dapat menyebabkan terjadinya krisis energi nasional. Hal ini menuntut adanya inovasi baru bahan bakar alternatif untuk menggantikan fungsi minyak bumi sebagai sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Krisis energi di Indonesia telah terjadi sejak tahun 2004, yakni kesenjangan negatif antara jumlah konsumsi bahan bakar nasional dengan jumlah produksi minyak bumi mencapai 5.3 juta ton (banyaknya produksi minyak mentah sebesar 55.2 juta ton sedangkan angka konsumsi bahan bakar mencapai 60.5 juta ton). Angka kesenjangan ini mencapai 18.8 juta ton pada tahun 2011 [2] [6].

Salah satu energi alternatif yang dapat diekplorasi sebagai pengganti minyak bumi adalah batubara. Ketersediaan batubara sebagai salah satu sumber energi di Indonesia sangat melimpah, jumlahnya mencapai dua kali lebih besar dibandingkan dengan minyak bumi. Jumlah ketersediaan batubara di Indonesia sebesar 104.8 miliar ton dengan cadangan sebesar 20.98 miliar ton [7]. Pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar masih terbatas dalam bentuk padatan seperti yang ditemukan dalam skala rumah tangga dan industri. Problem utama penggunaan padatan batubara adalah tidak sesuai jika digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor karena kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar dalam bentuk cair. Salah satu ide inovasi penelitian di bidang energi yaitu konversi batubara menjadi batubara cair sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi melalui proses pencairan (*coal liquefaction*) [19].

Teknologi pencairan batubara sebagai bahan bakar alternatif sebenarnya telah dikembangkan sejak tahun 1900. Jerman mengawali pengembangan produksi bahan bakar sintesis berbasis batubara menggunakan metode sintesis Fischer-Tropsch pada tahun 1900 dan menggunakan metode Bergius pada tahun 1930 [19]. Penelitian pencairan batubara dikembangkan oleh Jepang menggunakan metode NEDOL yang diuji coba pada tahun 1996 dan operasi penelitian berlangsung dari Maret 1997 hingga September 1998 [9]. Dasar penelitian dan pengembangan produk bahan bakar sintesis berbasis batubara dikembangkan atas dasar bahwa dalam produk hasil pencairan batubara ditemukan kandungan senyawa hidrokarbon alifatik yang memiliki kesamaan dengan hidrokarbon alifatik yang ditemukan di dalam sampel minyak bumi [8].

Sumatera Selatan merupakan daerah yang memiliki cekungan dengan sumberdaya batubara potensial. Kegiatan eksplorasi batubara terbesar di

cekungan Sumatera Selatan dilakukan oleh PT. Tambang Batubara Bukit Asam yang mampu menghasilkan 7 juta ton per tahun. Cekungan batubara tersebut terbentuk sejak zaman Paleogen awal hingga Miosen tengah dalam formasi Muara Enim. Berdasarkan karakteristik petrografik, batubara Sumatera Selatan secara umum didominasi oleh komponen organik yang berasal dari sel dinding ataupun serat-serat kayu dari tumbuhan (*maceral vitrinit*) sebesar 61.2%. Karakteristik lain dari batubara Sumatera Selatan memiliki kandungan sulfat yang rendah yaitu 1.8% dan tidak mengandung karbonat. Kandungan karbon dalam batubara PT. Tambang Batubara Bukit Asam, Sumatera Selatan berkisar antara 75.5 dan 96.8 %wt, dengan indeks derajat kematangan batubara (*vitrinit reflectance*) sebesar 0.33% [1].

Informasi karakteristik batubara sangat diperlukan sebagai data acuan untuk mempertimbangan apakah suatu sampel batubara untuk dikonversi menjadi batubara cair. Karakteristik batubara tersebut dapat diperoleh melalui kajian biomarka. Senyawa-senyawa biomarka dari sampel batubara akan memberikan informasi mengenai senyawa awal pembentuk (prekursor), tingkat kematangan batubara dan lingkungan pengendapan. Kekhasan suatu batubara akan menggambarkan jenis hidrokarbon yang akan dihasilkan apa bila batubara tersebut dicairkan. Senyawa hidrokarbon seperti *n*-alkana (hidrokarbon alifatik), seskiterpenoid (seperti kadalen), etil keton dan asam *n*-oktadenoat yang terkandung pada sampel batubara setelah dicairkan berpotensi menghasilkan produk bahan bakar pengganti minyak bumi [14]. Pada penelitian ini akan mengkaji kelayakan dari batubara Bituminus, Sumatera Selatan untuk dicairkan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM dan korelasi antara komposisi senyawa dalam fraksi nafta dan *light oil* produk pencairan batubara dengan senyawa biomarka batubaranya.

## II. URAIAN PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

#### 2.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah autoclave 1L, Gastec dagger, seperangkat alat distilasi sederhana, sokhletasi, distilasi vakum, hot plate, kertas pH, pengaduk magnetic, KG-SM, dan peralatan gelas lainnya yang mendukung.

#### 2.1.2 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu bara Bituminus, Sumatera Selatan, *n*-heksana p.a, diklorometana p.a, metanol 99.8 % p.a, kloroform p.a, aseton p.a, pasir laut, silika 0.25 nm, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10%, NaOH 10%, NaCl dan aquabides.

### 2.2 Prosedur Kerja

#### 2.2.1 Sampling

Proses sampling dilakukan dengan cara menggali batubara pada kedalaman 3 m dari permukaan tanah. Kemudian diambil batubara antrasit sebanyak 5 kg.

#### 2.2.2 Pencairan Batubara

Batubara dihaluskan hingga berukuran 60, 120, dan 200 mesh. Batubara dengan ukuran 60 mesh dianalisa

proksimat untuk mengetahui kandungan air, abu, material-material yang mudah menguap dan karbon dalam sampel batubara. Batubara dengan luas permukaan 120 mesh dilakukan analisa kalori untuk mengetahui energi batubara, sedangkan batubara dengan luas permukaan 200 mesh digunakan untuk proses pencairan. Berdasarkan hasil analisa pencairan batubara yang telah dilakukan, diperoleh informasi mengenai harga *feed* atau umpan yang meliputi jumlah batubara 75 gram, pelarut 133.6 gram, sulfur 0.82 gram, dan katalis Limonite 5.66 gram yang digunakan pada proses pencairan batubara. *Feed* tersebut dimasukkan kedalam *autoclave* 1L dan direaksikan selama 1 jam pada tekanan 12 Mpa, suhu 450 °C, dalam kecepatan 500 rpm. Produk *Slurry* (larutan) yang dihasilkan dari reaksi tersebut berupa bubur hitam, kemudian difraksinasi dengan menggunakan destilasi vakum dan diperoleh fraksi minyak nafta, *light oil*, *medium oil*, dan *heavy oil*.

### 2.2.3 Persiapan Alat dan Bahan

Seluruh peralatan gelas yang akan digunakan dalam penelitian ini harus dikondisikan dalam keadaan geokimia. Semua pelarut yang digunakan seperti aseton, dichlorometana, kloroform, *n*-heksana dan metanol didistilasi lagi menurut proses pemurnian pelarut organik. Awalnya, semua peralatan gelas dicuci dengan air sabun hingga bersih dan dikeringkan, kemudian dibilas dengan aquabides dan dikeringkan. Selanjutnya dicuci dengan aseton dan diklorometana. Pipet tetes, *sea sand*, kapas dan silika gel dicuci dengan kloroform dengan alat sokhlet selama 36 jam.

### 2.2.4 Isolasi Biomarka Fraksi *light oil*

Fraksi *light oil* dapat dianalisa dengan menggunakan metode Jones, yaitu melalui ekstraksi cair padat untuk mengendapkan kandungan aspalten dalam fraksi minyak *light oil* dengan menggunakan *n*-heksana. Pada tahap selanjutnya dilkakukan ekstraksi cair-cair terhadap hasil minyak tersebut menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% dan NaOH 10% untuk memisahkan mineral-mineral yang terkandung dalam minyak. Fraksi minyak netral yang dihasilkan selanjutnya difraksinasi untuk memisahkan fraksi alifatik, aromatik dan fraksi polar dengan menggunakan metode kromatografi kolom silika gel. Proses pemisahan tersebut dilakukan dengan menggunakan eluen *n*-heksana, *n*-heksana:DCM (9:1) dan methanol secara berturut-turut.

Fraksi nafta, dan fraksi alifatik minyak *light oil* dapat dikarakterisasi secara langsung menggunakan KG-SM. Sedangkan untuk fraksi aromatik dilakukan desulfurisasi terlebih dahulu dengan serbuk Cu, kemudian dikarakterisasi dengan KG-SM.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Pencairan Batubara Bituminus, Sumatera Selatan

Proses pencairan batubara Bituminus dilakukan dalam *autoclave* 1L dengan komposisi umpan yang ditunjukkan pada Tabel 1. Besarnya komposisi umpan yang digunakan pada proses pencairan dihitung berdasarkan karakteristik batubara melalui data analisa proksimat batubara. Kondisi reaksi pencairan dilakukan pada tekanan hidrogen 12 MPa, kecepatan motor

pengaduk sebesar 500 rpm, dan temperatur *liquid* pada 450°C.

**Tabel 1.** Komposisi umpan pencairan batubara Bituminus, Sumatera Selatan

Komposisi	Umpan (g)					Total Umpan (g)
	Batubara Bituminus	Pelarut HO	Katalis Limonit SH	Belerang	Gas H <sub>2</sub>	
H <sub>2</sub> O	6.16		0.57			6.73
Abu	1.19					1.19
Dafc	67.65					67.65
LO		0.93	0.03			0.96
MO		20.90	0.66			21.56
HO		111.77	3.51			115.28
CLB		0.000	0.00			0.00
Fe			0.89			0.89
<b>Total (g)</b>	<b>75.00</b>	<b>133.6</b>	<b>5.66</b>	<b>0.82</b>	<b>4.246</b>	<b>219.306</b>

**Tabel 2.** Produk Pencairan Batubara Bituminus, Sumatera Selatan

Produk Pencairan		Berat (g)	% wt
<b>Produk cair:</b>			
a.	H <sub>2</sub> O	1.56	2.08
b.	Naptha	2.03	2.71
c.	LO	10.44	13.92
d.	MO	64.22	85.62
e.	HO	-42.15	-56.2
f.	CLB	27.75	37
<b>Sub Total</b>		<b>63.85</b>	<b>85.14</b>
<b>Produk Gas:</b>			
a.	CO+CO <sub>2</sub>	1.17	1.56
b.	C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	9.92	13.23
<b>Sub Total</b>		<b>11.09</b>	<b>14.79</b>
<b>Total</b>		<b>74.94</b>	<b>99.92</b>
<b>Berat yang tidak terukur</b>		<b>0.06</b>	<b>0.08</b>
<b>Total sample</b>		<b>75.00</b>	<b>100</b>

Pada proses pencairan batubara Bituminus, Sumatera Selatan dihasilkan produk cair dan gas sebanyak 74.94 gram (99.92% w/w) dengan produk yang tidak terukur mencapai 0.06 gram (0.08% w/w). Distilat total yang dihasilkan dari proses pencairan batubara terdiri dari fraksi naptha sebanyak 2.03 gram (2.71% w/w), *light oil* (LO) sebanyak 10.44 gram (13.92% w/w), *middle oil* (MO) sebanyak 64.22 gram (85.62% w/w) dan fraksi *heavy oil* (HO) sebanyak -42.15 gram (-56.2% w/w). Produk gas yang dihasilkan berupa senyawa CO, CO<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> mencapai 11.09 gram (14.79% w/w).

Berdasarkan data tersebut, fraksi minyak MO merupakan fraksi mayor, sedangkan naptha adalah fraksi minor yang dihasilkan dalam proses pencairan batubara Bituminus. Fraksi *heavy oil* yang dihasilkan tercatat dalam jumlah minus karena pada temperatur tinggi membuat fraksi tersebut terkonversi ke dalam fraksi minyak yang lebih ringan (*middle oil*). Peningkatan temperatur selama proses pencairan batubara mengakibatkan terputusnya ikatan-ikatan eter atau gugus karboksil dari lipid pada organisme penyusun batubara sehingga menghasilkan produk hidrokarbon cair seperti yang terkandung dalam minyak bumi [18].

### 3.2 Pemisahan Fraksi Minyak *light Oil* Produk Pencairan Batubara Bituminus

Fraksi naptha merupakan fraksi minyak ringan yang dihasilkan pada proses pencairan batubara, dimana pada

fraksi tersebut tidak terkandung aspalten sebagai residu minyak, sehingga dapat dilakukan analisa komposisi senyawa yang terkandung dengan KG-MS secara langsung. Berbeda dengan fraksi naptha, pada fraksi *light oil* perlu dilakukan pemisahan lebih lanjut untuk memisahkan kandungan aspaltenya serta memisahkan fraksi alifatik, aromatik dan polar. Proses fraksinasi fraksi minyak *light oil* dilakukan menggunakan metode fraksinasi kolom silika gel.

Proses pemisahan fraksi minyak *light oil* dimulai dengan pemisahan kandungan aspalten dengan metode ekstraksi padat-cair menggunakan eluen *n*-heksana. Selanjutnya dilakukan pemisahan kandungan mineral-mineral terlarut dalam minyak dengan metode ekstraksi cair-cair menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% hingga pH 2 dan NaOH 10% hingga pH 12. Pada proses tersebut dihasilkan fraksi minyak netral sebanyak 1.578 gram, yang kemudian difraksinasi melalui kromatografi kolom silika gel dengan eluen *n*-heksana, *n*-heksana:DCM (9:1) dan methanol untuk memisahkan fraksi alifatik, aromatik dan polar secara berturut-turut.

Masing-masing fraksi yang diperoleh diuapkan pelarutnya dengan evaporator sehingga didapatkan fraksi kering. Pada fraksi aromatik dilakukan de-belerangisasi terlebih dahulu menggunakan serbuk Cu, kemudian diuapkan pelarutnya dengan cara yang sama. Fraksi alifatik, aromatik dan polar yang diperoleh dari proses fraksinasi tersebut adalah 0.583, 0.876 dan 0.1904 gram secara berturut-turut.

### 3.3 Identifikasi Senyawa Penyusun Produk Hasil Pencairan Batubara Bituminus

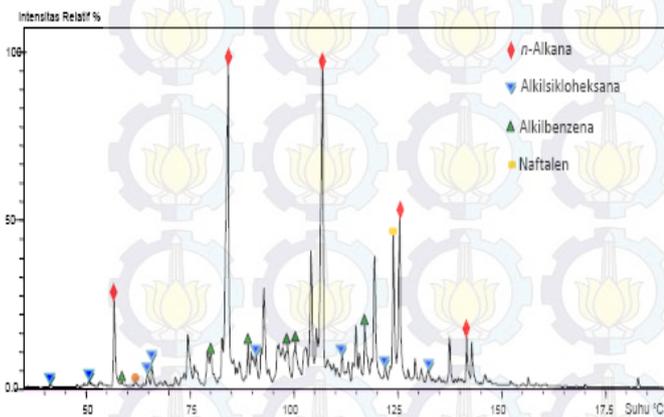
Komposisi senyawa penyusun fraksi alifatik dan aromatik pada minyak *light oil* serta minyak naptha produk hasil pencairan batubara dikarakterisasi menggunakan Kromatografi Gas - Spektroskopi Massa (KG-SM) SHIMADZU QP2010S dengan kolom semi polar tipe RTX® 5MS (0.25 mm id x 30 m x 0.25 µm). Kondisi operasi alat KG-SM dijalankan pada program temperatur oven 50°C (ditahan 5 menit), 50-300°C (10 °C/menit), dan temperatur isothermal pada 290°C selama 25 menit menggunakan gas He sebagai gas pembawa. Hasil analisa KG-SM diperoleh berupa kromatogram selanjutnya dielusidasi untuk mengetahui komponen penyusunnya.

#### 3.3.1 Komposisi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Minyak Naptha Batubara Bituminus

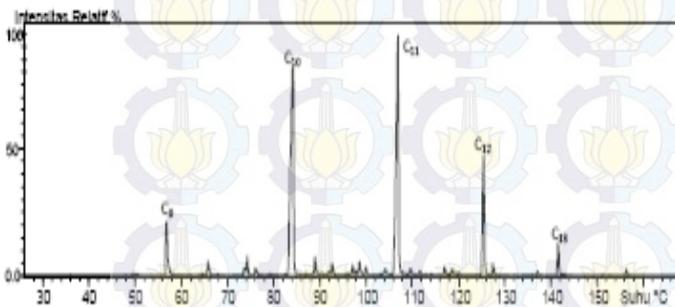
Komposisi senyawa penyusun fraksi minyak naptha batubara Bituminus, Sumatera Selatan ditunjukkan melalui kromatogram total hasil KG-SM pada Gambar 1. Data kromatogram tersebut selanjutnya dielusidasi berdasarkan puncak-puncak spesifik senyawa kandungan bahan bakar sintetik produk pencairan batubara. Kandungan senyawa-senyawa dalam fraksi minyak naptha batubara Bituminus, Sumatera Selatan meliputi *n*-alkana (C<sub>9</sub>-C<sub>13</sub>), alkil sikloheksana (C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>), metil alkilsikloheksana (C<sub>9</sub>-C<sub>12</sub>), transkadinan, alkil benzena (C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub>), metil alkilbenzena (C<sub>10</sub>-C<sub>11</sub>), dimetil-etilbenzena dan naftalena.

Hasil elusidasi terhadap puncak-puncak senyawa *n*-alkana yang teridentifikasi pada *m/z* 57 (Gambar 2) secara keseluruhan menunjukkan adanya distribusi homolog senyawa tersebut pada rentang C<sub>9</sub>-C<sub>13</sub>. Berdasarkan hasil

identifikasi dan kajian terhadap senyawa *n*-alkana, diketahui bahwa senyawa *n*-alkana dalam fraksi minyak nafta produk pencairan batubara Bituminus, Sumatera Selatan dimungkinkan berasal dari reaksi *thermoc cracking* *n*-alkana rantai panjang penyusun batubara dan fraksi minyak ini berpotensi sebagai bahan bakar kerosin [3] [12]. Senyawa alkil sikloheksana dan turunannya yang teridentifikasi dalam fraksi minyak ini diperkirakan berasal dari *n*-alkana rantai panjang yang mengalami reaksi siklisasi pada temperatur dan tekanan tinggi selama proses pencairan. Senyawa tersebut merupakan kelompok senyawa *naphthene* yang secara umum terkandung dalam bahan bakar kerosin [13] [15]. Keberadaan senyawa transkadinana, alkil benzene dan turunannya, serta naftalena menunjukkan bahwa fraksi minyak nafta memiliki potensi sebagai bahan bakar cair [6] [10] [16].



**Gambar 1** Kromatogram total senyawa hidrokarbon alifatik fraksi nafta produk pencairan batubara Bituminus, Sumatera Selatan.



**Gambar 2** Fragmentogram senyawa *n*-alkana fraksi nafta produk pencairan batubara Bituminus, Sumatera Selatan.

Komposisi penyusun hidrokarbon aromatik dalam fraksi minyak tersebut adalah alkil benzene, metil alkilbenzen, senyawa nor kadalaen, kadalaen, senyawa naftalen dan turunannya (metilnaftalen, dan dimetilnaftalen) dan senyawa fenantren.

### 3.3.2 Komposisi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Alifatik dan Aromatik Minyak *Light Oil*

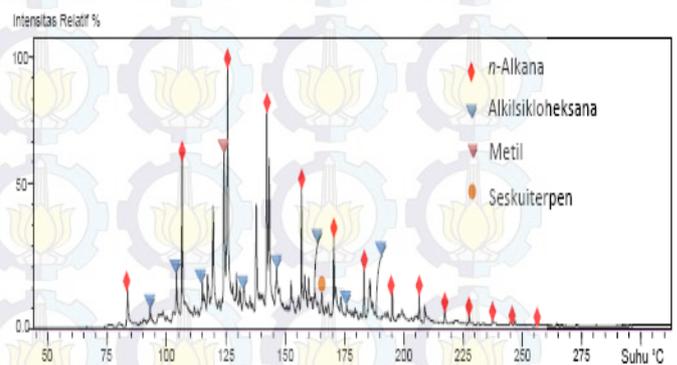
Komposisi senyawa penyusun fraksi minyak *light oil* batubara Bituminus, Sumatera Selatan ditunjukkan melalui kromatogram total hasil KG-SM pada Gambar 3 dan 4. Data kromatogram tersebut selanjutnya dielusidasi

berdasarkan puncak-puncak spesifik senyawa kandungan bahan bakar sintetik produk pencairan batubara. Kandungan senyawa-senyawa dalam fraksi minyak *light oil* batubara Bituminus, Sumatera Selatan terdiri dari fraksi alifatik yang mengandung senyawa *n*-alkana (C<sub>10</sub>-C<sub>23</sub>), alkil sikloheksana (C<sub>9</sub>-C<sub>16</sub>), metil-pentilsikloheksana dan transkadinan, serta fraksi aromatik yang mengandung senyawa metil-naftalena, etil-naftalena, dimetil-naftalena dan etil-fenantrena.

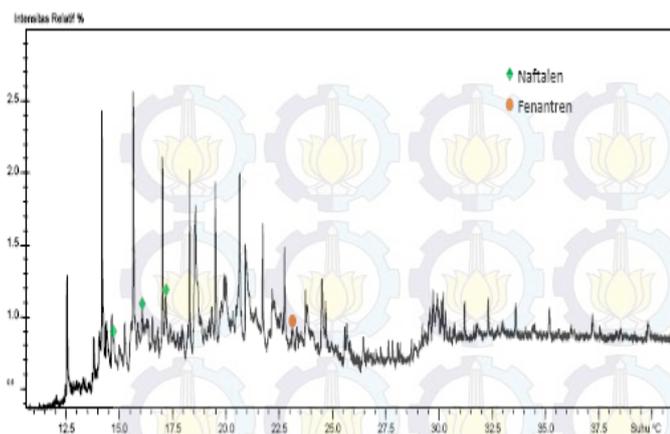
Hasil elusidasi terhadap puncak-puncak senyawa *n*-alkana yang teridentifikasi pada *m/z* 57 (Gambar 5) secara keseluruhan menunjukkan adanya distribusi homolog senyawa tersebut pada rentang C<sub>10</sub>-C<sub>23</sub>. Berdasarkan hasil identifikasi dan kajian terhadap senyawa *n*-alkana, diketahui bahwa senyawa *n*-alkana dalam fraksi alifatikminyak *light oil* produk pencairan batubara Bituminus, Sumatera Selatan dimungkinkan berasal dari reaksi *thermoc cracking* Fraksi minyak ini berpotensi sebagai bahan bakar solar [3] [11].

Senyawa alkil sikloheksana dan turunannya yang teridentifikasi dalam fraksi minyak ini diperkirakan berasal dari *n*-alkana rantai panjang yang mengalami reaksi siklisasi pada temperatur dan tekanan tinggi selama proses pencairan. Senyawa alkil sikloheksana dalam fraksi alifatik minyak ini, khususnya C<sub>12</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>15</sub> merupakan penyusun bahan bakar solar [3] [15].

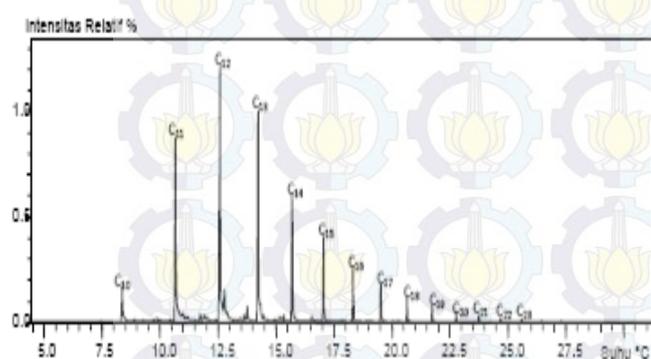
Teridentifikasinya senyawa turunan naftalena (Gambar 6) khususnya senyawa metil naftalena dalam fraksi aromatik minyak *light oil* mengindikasikan bahwa fraksi minyak tersebut berpotensi sebagai bahan bakar solar sebab senyawa naftalen dan turunannya secara umum ditemukan dalam bahan bakar solar [17]. Senyawa metil naftalena dalam bahan bakar solar berguna untuk meningkatkan angka *setan* [4]. Keberadaan senyawa tersebut diperkirakan berasal dari degradasi makromolekul batubara atau dari proses pencairan batubara yang melibatkan serangkaian reaksi radikal bebas [11]. Hal tersebut diperkuat oleh teridentifikasinya senyawa trans kadinana dan fenantrena, kedua senyawa tersebut secara umum berada dalam bahan bakar solar [17].



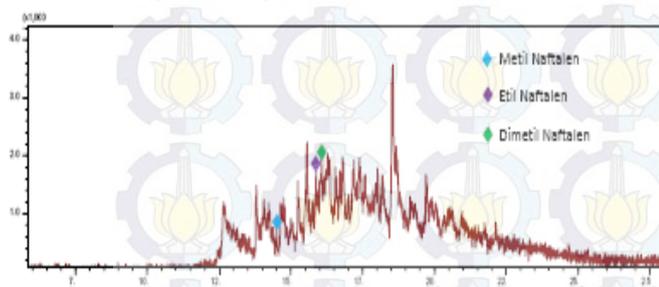
**Gambar 3** Kromatogram total senyawa hidrokarbon Alifatik fraksi *light oil* produk pencairan batubara Bituminus, Sumatera Selatan.



**Gambar 4** Kromatogram total senyawa hidrokarbon Aromatik fraksi *light oil* produk pencairan batubara Bituminus, Sumatera Selatan.



**Gambar 5** Fragmentogram senyawa *n*-alkana fraksi alifatik produk *light oil* Batubara Bituminus, Sumatera Selatan.



**Gambar 6** Fragmentogram senyawa turunan naftalena fraksi aromatik produk *light oil* Batubara Bituminus, Sumatera Selatan.

#### IV. KESIMPULAN

Pada proses pencairan 75 gram batubara Bituminus, Sumatera Selatan diperoleh produk total pencairan batubara sebesar 74.94 gram (99.92% w/w), dengan produk yang tak terukur sebesar 0.06 gram (0.08% w/w). Destilat total yang dihasilkan pada pencairan tersebut adalah 45.63 gram (60.85% w/w), yang terdiri dari fraksi minyak nafta 2.03 gram (2.71% w/w), LO 10.44 gram (13.92% w/w), MO 64.22 gram (85.62% w/w) dan fraksi minyak HO -42.15 gram (-56.2% w/w) serta produk gas yang meliputi CO+CO<sub>2</sub> dan C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> sebesar 11.09 gram (14.79% w/w).

Komposisi senyawa penyusun fraksi minyak nafta pada batubara Bituminus, Sumatera Selatan meliputi *n*-

alkana (C<sub>9</sub>-C<sub>13</sub>), alkil sikloheksana (C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>), metil alkilsikloheksana (C<sub>9</sub>-C<sub>12</sub>), transkadinan, alkil benzena (C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub>), metil alkilbenzena (C<sub>10</sub>-C<sub>11</sub>), dimetil-etilbenzena dan naftalena. Sedangkan pada fraksi minyak *light oil* batubara Bituminus, Sumatera Selatan terdiri dari *n*-alkana (C<sub>10</sub>-C<sub>23</sub>), alkil sikloheksana (C<sub>9</sub>-C<sub>16</sub>), metil-pentilsikloheksana dan transkadinan serta fraksi aromatic yang mengandung senyawa metil-naftalena, etil-naftalena, dimetil-naftalena dan etil-fenantrena. Berdasarkan senyawa-senyawa yang dihasilkan tersebut, maka fraksi minyak nafta batubara Bituminus, Sumatera Selatan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternative pengganti kerosin dan fraksi minyak *light oil* batubara Bituminus, Sumatera Selatan sebagai bahan bakar pengganti solar.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. R. Y. Perry Burhan, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat serta pengetahuan dan segenap keluarga super tim riset Geokimia Molekuler atas kerjasama, dukungan dan masukan-masukan yang bermanfaat serta semua pihak baik secara langsung atau tidak langsung turut berperan dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Belkin, E.H., Tewalt, S.J., Hower, J.C., Stucker, J.D. and O'Keefe, J.M.K., 2009. Geochemistry and Petrology of Selected Coal Samples from Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, and Papua, Indonesia, *Coal Geology*, **77**, 260-268.
- [2] Boediono, 2007. Produksi Minyak Mutlak Harus Ditingkatkan (online), (<http://kompas.com>, diakses 8 Agustus 2008).
- [3] Collins, C., 2007. Implementing Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbons, *Methods in Biotechnology*, **23**, 99-108. Humana Press. ISBN 1588295419.
- [4] Dechamps, G., 2010. *Crude Oil and Refining*, Lecture handout: Petroleum.
- [5] Dooley, S., Won, S. H., Chaos, M., Heyne, J., Ju, Y., Dryer, F. L., Kumar, K., Sung, C., Wang, H., Oehlschlaeger, M. A., Santoro, R. J. dan Litzinger, T. A., 2010. A Jet Fuel Surrogate Formulated by Real Fuel Properties, *Combustion and Flame*, **15**, 2333-2339.
- [6] Dudley B., 2012. Energy in 2011-disruptios and continuity, *BP Statistical Review of World Energy*.
- [7] Girriana, M., 2012. Percepatan Pembangunan Industri Gas Bumi, *Badan Perencanaan Pembangunan Nasional*, Laporan Akhir Kajian.
- [8] 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.
- [9] Hirano, K., 2000. Outline of NEDOL Coal Liquefaction Process Development Pilot Plant Program. *Fuel Processing Technology*, **62**, 109-118.
- [10] Horsfield, B., Yordy, K.L., dan Crelling, J.C., 1988. Determining the Petroleum Generating Potential of

Coal Using Organic Geochemistry and Organic Petrology, *Organic Geochemistry*, **13**, 121-129.

- [11] Korosi, A., Woebecke, H.N. dan Virk, P.S., 1976. Pyrolysis of a hydrogenated Coal Liquid, *Energy Fuels*, **21**, 190-197.
- [12] Kissin, Y., V., 1990. Acyclic Components in Dewaxed Heavy Distillates, *Fuel*, **59**, 1283-1291
- [13] 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.
- [14] Petersen, H. I. and Nytoft, H. P (2006) Aliphatic chains in coal of different age: controls on ability to generate liquid Hydrocarbons. dalam: *Organik Geochemistry Challenges for the 21<sup>st</sup> Century*, **1**, Gonzalez\_Vila, dkk., (Eds), 22<sup>nd</sup> IMOG Seville, 552-553.
- [15] Soesilowati, M., 2006. *Karakterisasi Biomarka Batubara Bituminous Sumatera Selatan*, Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS Surabaya.
- [16] Speight, J.G., 1991. *The Chemistry and Technology of Petroleum*, Second Edition, Marcel Dekker, Inc., New York.
- [17] 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.
- [18] Yoshida, T., Tokuhashi, K., dan Meekawa, Y., 1985. Liquefaction Reaction of Coal I. Depolymerization of Coal by Cleavage of Ether and Methylene Bridge, *Fuel*, **64**, 890-901.
- [19] Wicks, R., 2005. Sumber Daya Batubara, *Tinjauan Lengkap Mengenai Batubara*, World Coal Institute.

