



PENGEMBANGAN METODE IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK MINYAK BERAT HASIL EKSTRAKSI *OIL SAND* ILIRAN *HIGH* DENGAN FORMULA PERHITUNGAN BERDASARKAN KOMPOSISI ELEMENTER

Muhammad Fuad, Dwi Endah Rachmawati, Leni Herlina, Daliya Indra Setiawant
dan Rezky Iriansyah Anugrah

Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS

Jl. Ciledug Raya, Kav. 109 Cipulir, Kebayoran Lama, 12230, Jakarta Selatan, Indonesia

ABSTRAK

Artikel Info:

Naskah Diterima:
24 Februari 2022

Diterima setelah
perbaikan:
04 April 2022

Disetujui terbit:
26 Agustus 2022

Kata Kunci:

Minyak Iliran High
Komposisi Elementer
Sifat Fisika
Sifat Kimia
Oil Sands
Iliran High Crude Oil
Elementary Composition
Characteristic Simulation
Physical Properties
Chemical Properties

Sampai saat ini, minyak bumi masih memiliki peran strategis sebagai sumber energi bagi aktivitas kehidupan manusia. Akan tetapi, kebutuhan minyak bumi tidak diimbangi dengan cadangan yang ada. Oleh karena itu, minyak non-konvensional seperti minyak berat Iliran *High* perlu dikembangkan lebih jauh sebagai salah satu sumber cadangan minyak masa depan. Identifikasi sifat karakteristik minyak ini sangat penting karena menjadi tolok ukur mutu dan potensi umpan kilang minyak bumi. Namun identifikasi minyak hasil ekstraksi *oil sand* tidak mudah, karena sifatnya yang berat, sulit mengalir serta hasil (*yield*) yang sedikit. Minyak Iliran *High* diperoleh dengan mengekstrak *oil sand* menggunakan berbagai pelarut organik. Larutan hasil ekstraksi lalu dipisahkan dengan proses filtrasi (penyaringan). Untuk merecoveri minyak dari pelarut dilakukan proses evaporasi sehingga diperoleh ekstrak berupa minyak berat dan rafinat (pelarut yang sudah tidak mengandung minyak) yang dapat digunakan kembali (diregenerasi) untuk proses ekstraksi selanjutnya. Kemudian dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui *specific gravity*, *gross heat value* dan komposisi elementer. Berdasarkan data tersebut, dapat dilakukan identifikasi minyak berat Iliran High dengan pendekatan rumus perhitungan untuk menentukan sifat karakteristik minyak berat seperti: rasio H/C, nilai kalor, bobot molekul, titik didih rerata, nilai faktor KUOP, titik anilin, titik tuang, viskositas, residu karbon, kandungan aspalten dan kadar aromatik. Karakterisasi minyak Iliran High menunjukkan komposisi elementer C, H, O, N dan S masing-masing sebesar 85,39 – 88,12%wt, 11,34 – 12,26%wt, 0,10 – 0,12%wt, 0 – 2,55%wt, dan >0,01%wt. Minyak Iliran *High* merupakan minyak berat, *sweet crude* dan dikategorikan sebagai minyak naftenik, dengan kadar aromatik ~40%.

ABSTRACT

Up to now, petroleum still has a strategic role as energy resources for human activity in many sectors. However, the oil need is not supported by existing reserves. Therefore, non-conventional oil such as Iliran High heavy oil has to be developed further as a source of Indonesia's oil reserves in the future. Identification of oil characteristics is very important, because it can be a base for the quality of the petroleum refinery feedstock quality. Nevertheless, it is not easy to identify the extracted oil from the oil sand, because

Korespondensi:

E-mail: muhammad.fuad@esdm.go.id (Muhammad Fuad)

it has high density, hard to flow and the yield is low. Study was performed by extracting the oil from the rock containing oil with the variation of solvent ration. The extracted solution was separated from the solid by filtration. To recover the oil from the solution, evaporation was done to obtain the extract as a heavy oil and the raffinate (the solution that has no more oil) which could be regenerated to the subsequent extraction. Then laboratory tests are carried out to determine the specific gravity, gross heat value and elementary composition. Based on these data, it is possible to identify Iliran High heavy oil with a calculation formula approach to determine the characteristics of heavy oil such as: H/C ratio, calorific value, molecular weight, average boiling point, KUOP factor value, aniline point, pour point, viscosity, carbon residue, asphaltene content and aromatic content. The characterization of Iliran High oil shows the elementary compositions C, H, O, N and S respectively 85.39 – 88.12%wt, 11.34 – 12.26%wt, 0.10 – 0.12%wt, 0 – 2.55%wt, and >0.01%wt.

© LPMGB - 2022

PENDAHULUAN

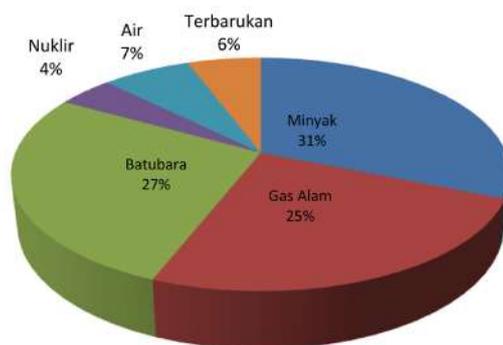
Kebutuhan energi terus tumbuh secara global, didorong oleh pertumbuhan penduduk, peningkatan standar hidup, dan meningkatnya urbanisasi di perkotaan serta pertumbuhan ekonomi dan industri di berbagai negara. Sampai saat ini, merujuk data *BP Statistical Review of World Energy 2021*, kebutuhan energi fosil, termasuk minyak bumi, masih menempati posisi pertama sebagai energi yang banyak dikonsumsi di dunia. Pada tahun 2020, sekitar 31% konsumsi energi dunia masih menggunakan minyak bumi (*British Petroleum 2021*). Artinya minyak bumi masih memiliki peran strategis bagi kebutuhan energi dunia. Terlebih lagi saat ini, potensi pemanfaatan minyak bumi dan senyawa hidrokarbon semakin strategis, karena selain digunakan sebagai sumber energi juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan dan produksi petrokimia.

Minyak bumi memiliki densitas energi yang lebih dominan dibandingkan sumber energi lainnya sehingga dijadikan pilihan strategis. Densitas energi adalah parameter potensi kandungan energi dan fleksibilitas yang dimiliki suatu jenis energi bila

dimanfaatkan sebagai sumber energi, misalnya untuk bahan bakar sarana transportasi jarak jauh dan beban berat. Semakin besar densitas energi suatu sumber energi, maka semakin besar potensinya serta efisien bila dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam aplikasinya.

Seperti terlihat pada tabel di gambar 2, minyak hidrokarbon cair masih menempati posisi teratas sebagai sumber energi dengan densitas energi tertinggi yakni 35 GJ/m³. Umumnya senyawa hidrokarbon seperti bensin, solar, *green diesel* memiliki nilai densitas energi antara 34-35 GJ/m³. Nilai densitas energi senyawa hidrokarbon hampir 2 kali lipat energi *bioethanol* yang memiliki densitas energi sekitar 21 GJ/m³. Bila dibandingkan dengan sumber energi gas dan padat, energi hidrokarbon cair masih tetap tinggi. Pemanfaatan energi gas sebagai sumber energi masih terkendala dengan kompleksnya teknik penyimpanan dan sistem distribusinya. Sementara itu energi dari bahan bakar padat seperti logam litium, dibatasi oleh kemampuan daya jangkauan dan langkanya sumber bahan baku logam yang digunakan.

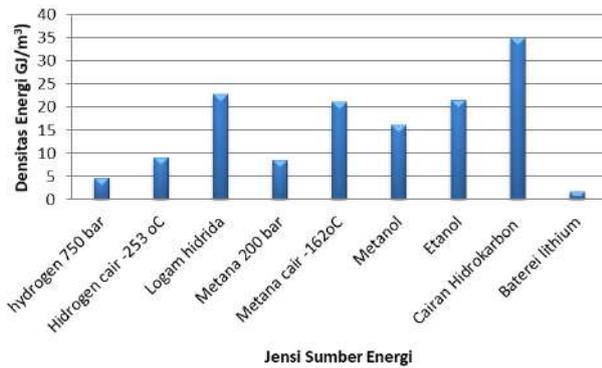
Konsumsi Jenis Energi Dunia Tahun 2020



Gambar 1

Konsumsi jenis energi dunia tahun 2020 (Sumber: British Petroleum 2021)

Pengembangan Metode Identifikasi Karakteristik Minyak Berat Hasil Ekstraksi *Oil Sand* Iliran *High* Dengan Formula Perhitungan Berdasarkan Komposisi Elementer (Muhammad Fuad, dkk.)



Gambar 2

Densitas energi berbagai jenis sumber energi
(Sumber: Augustin, Willner, and Sievers 2014)

Kontribusi minyak berat diperkirakan meningkat beberapa tahun ke depan dari proporsi saat ini sekitar ~ 10%. Pakar perminyakan, Profesor Emeritus Peter Odell, memperkirakan bahwa pada tahun 2100, industri minyak akan lebih besar dari tahun 2000, yaitu sekitar 90% tergantung pada minyak berat atau minyak konvensional, yakni minyak dengan kandungan asam tinggi, bitumen, dan minyak oil sand (Augustin, Willner, and Sievers 2014).

Demikian pula di Indonesia, minyak bumi masih memiliki peran strategis bagi pemenuhan kebutuhan energi di berbagai sektor. Namun masalahnya, saat ini sebagian besar kebutuhan energi minyak bumi di Indonesia berasal dari luar negeri. Indonesia sudah menjadi negara net importir minyak bumi sejak tahun 2012. Oleh sebab itu, berbagai upaya dilakukan termasuk eksplorasi untuk menemukan lapangan minyak baru serta mengembangkan peluang dan potensi jenis minyak lain seperti oil sand untuk menambah cadangan minyak dalam negeri.

Oil sand yang merupakan salah satu cadangan minyak bumi potensial di Indonesia, saat ini mendapat perhatian serius untuk dimanfaatkan lebih optimal. Salah satu cadangan *oil sand* potensial di Indonesia berada di Iliran *High*, Sumatera Selatan. Pengembangan potensi minyak berat di Sumatera Selatan ini, layak menjadi prioritas diperkirakan permintaan minyak global diproyeksikan akan pulih seperti era 2019 pada tahun 2023 nanti (IHS Markit 2021).

Penelitian terkait *oil sand* telah banyak dipublikasikan, salah satunya tentang perilaku pirolisis *oil sand* dari sudut pandang evolusi. Oleh sebab itu, perilaku evolusi dari *volatile pirolisis* dengan dua *oil sand* berbeda diteliti dan dibandingkan melalui teknik insitu EGA (Evolved

Gas Analysis) (Nie dkk., 2018). Dari hasil penelitian tersebut, *oil sand* mentah, bitumen, maltene & fraksi SARA menunjukkan karakteristik volatile yang berbeda-beda dengan naiknya suhu. Volatile yang dihasilkan pada tahap devolatilisasi & thermal cracking ditentukan oleh jenis organik penyusun oil sand. Pada tahap devolatilisasi, *volatile* yang lepas dominan terdiri atas *saturate* yang berasal dari *maltene*. Zat ini (*saturate*) terdiri dari sekian banyak *polycyclic biomarker* & mempengaruhi pelepasan zat-zat yang memiliki berat molekul lebih besar pada rentang 200-350°C. *Thermal cracking* yang merupakan tahap utama, menghasilkan sejumlah produk gas & pirolitik ringan (kebanyakan alkana & olefin). Zat-zat ini dihasilkan dari perengkahan (cracking) resin di dalam maltene & juga asphaltene. Fraksi aromatik dalam **maltene** melepaskan *volatile* pada tahap devolatilisasi & *thermal cracking*.

Zheng dkk. (2018) menentukan parameter struktur molekul beberapa subfraksi *asphaltene* menggunakan *nuclear magnetic resonance* (NMR), *distortionless enhancement by polarization transfer* (DEPT) dan *matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry* (MALDI-TOF) dalam sistem pelarut biner. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi NMR, DEPT & MALDI-TOF dapat menjelaskan struktur kimia *oil sand* dan subfraksinya.

Minyak bumi merupakan senyawa kompleks, terdiri dari berbagai macam senyawa. Komposisi utama minyak bumi merupakan senyawa hidrokarbon, dan sedikit kontaminan senyawa *heterotaaom* seperti oksigen, nitrogen, sulfur serta logam, terutama logam nikel dan vanadium. Oleh sebab itu, identifikasi karakteristik potensi dan mutu minyak bumi memerlukan peralatan dan metode khusus untuk menentukan klasifikasi minyak tersebut.

Tantangan penentuan dan pengujian sifat fisik minyak bumi berat atau non-konvensional, terletak pada karakternya yang memiliki densitas tinggi dan sulit mengalir, memiliki viskositas tinggi, serta hasil (*yield*) minyak relatif yang sedikit. Oleh sebab itu, pengujian untuk mengidentifikasi dan menentukan mutu serta potensi dari minyak oil sand perlu dikembangkan lebih jauh dan memerlukan kajian lebih khusus dan komprehensif. Secara umum, identifikasi dasar untuk klasifikasi minyak bumi ditentukan berdasarkan beberapa parameter seperti berat jenis (SG), berat molekul, suhu titik didih merata, kadar sulfur, nilai faktor karakterisasi *Wattson* atau KUOP (United Oil Product), nilai kalor

GHV (*gross heating Value*), *pour point*, viskositas, *aniline point* dan residu karbon (Fahim, Al-Sahhaf, and Elkilani 2010).

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian pada studi ini dilakukan dengan menggunakan eksperimen di laboratorium basah serta simulasi di laboratorium kering. Sampel ore *oil sand* diperoleh dari area penambangan Lapangan Iliran *High*, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Adapun eksperimen ekstraksi serta pengujian sifat fisika dan kimia dilakukan di Laboratorium Proses PPPTMGB “LEMIGAS” Jakarta.

Bijih *oil sand* hasil *sampling* diekstraksi dengan menggunakan berbagai pelarut, yaitu n-heksana, n-heptana, diklorometana, *xilena*, siklopentana, toluene dan nafta pada berbagai rasio pelarut. Pemilihan pelarut didasarkan pada sifat kelarutan minyak bumi yang bersifat non-polar. Kemudian residu dipisahkan dari campuran minyak dan pelarut melalui metode filtrasi. Selanjutnya dilakukan *recovery* pelarut dengan menggunakan *rotary evaporator* agar dapat digunakan kembali. Hasil ekstraksi minyak mentah Iliran *High* kemudian dipanaskan di dalam oven untuk menguapkan pelarut yang masih tersisa.

Minyak mentah Iliran *High* yang telah bebas pelarut selanjutnya diuji sifat fisik kunci *specific gravity*, *API Gravity* dan uji elementer C, H, O, N dan S serta *gross heat value*. Selanjutnya sifat karakteristik lainnya yang meliputi rasio H/C, *gross heat value*, bobot molekul, titik didih rerata, nilai faktor KUOP, titik anilin, serta viskositas pada suhu 100°F dan 210°F ditentukan berdasarkan simulasi menggunakan pendekatan rumus perhitungan.

HASIL DAN DISKUSI

Seperti telah dijelaskan bahwa minyak bumi merupakan senyawa kompleks yang terdiri dari berbagai macam senyawa. Komposisi utama minyak bumi merupakan senyawa hidrokarbon, dan sedikit kontaminan senyawa hetero atom seperti oksigen, nitrogen, sulfur serta logam. Oleh sebab itu, identifikasi karakteristik, potensi dan mutu minyak bumi memerlukan peralatan dan metode uji khusus

serta jumlah contoh yang memadai.

Di sisi lain, jenis minyak non-konvensional seperti minyak Iliran *high*, memiliki karakter berat, viskositas tinggi, sulit mengalir serta kandungan minyak yang sangat sedikit. Oleh sebab itu, metode estimasi penentuan sifat karakteristik berdasarkan rumus perhitungan ini diharapkan dapat mengatasi kendala tersebut dan menjadi opsi untuk mengidentifikasi minyak berat tanpa harus menguji di laboratorium secara lengkap.

Dari hasil pengujian komposisi elementer dan pendekatan rumus perhitungan diperoleh data minyak berat Iliran *High* sebagai berikut:

Tabel 1

Perbandingan karakteristik minyak iliran *high* dan minyak lain (Sumber: Meyer, Attanasi, dan Freeman 2007)

Elemen	Komposisi Minyak Iliran High	Minyak Brent	Minyak Berat Dunia (avg.)	Bitumen (avg.)
Karbon, %wt	85,39 – 88,12	86,0	85,1	82,1
Hidrogen, %wt	11,34 – 12,26	13,6	11,3	10,3
Nitrogen, %wt	0,10 – 0,12	0,0898	0,4	0,6
Oksigen, %wt	0 – 2,55	0,3102	1,6	2,5
Sulfur, %wt	<0,01	0,347	2,9	4,4
API Gravity	19,8	40,1	16,9	32
GHV, MJ/Kg	44,0	46,0	43,0	40,0

Tabel 1 menampilkan rangkuman hasil uji laboratorium minyak Iliran *High* pada berbagai pelarut yang digunakan yaitu n-heksana, n-hepatana, dikloro metana, siklo pentana, *xylene*, *toluene*, nafta, dan kerosin. Kandungan elementer C, H, N dan O minyak Iliran *High* berada pada rentang nilai komposisi elementer Minyak *Brent*, Minyak Berat Dunia maupun Bitumen. Akan tetapi nilai sulfurnya sangat kecil yang menandakan bahwa minyak Iliran *High* merupakan *sweet crude oil*. Selain itu, terlihat bahwa karakteristik sifat elementer Minyak Iliran *High* sesuai dengan komposisi minyak bumi konvensional seperti yang tercantum pada Tabel 2.

Karbon dan hidrogen merupakan penyusun utama minyak bumi atau hidrokarbon. Sementara itu, elemen nitrogen, oksigen dan sulfur merupakan senyawa kontaminan yang ada dalam minyak bumi. Secara umum, semakin tinggi kandungan elemen hidrokarbon, semakin baik mutu minyak bumi. Sebaliknya, semakin tinggi kandungan elemen

nitrogen, oksigen dan sulfur, semakin rendah mutu minyak bumi. Hal ini disebabkan unsur O, N dan S berperan sebagai pengotor dan racun, terutama untuk katalis pada proses peningkatan dan pemurnian minyak menjadi produk bahan bakar minyak di kilang minyak. Kandungan sulfur dan nitrogen tinggi juga dapat menimbulkan emisi gas beracun pada hasil pembuangan proses pembakaran produk bahan bakar di mesin kendaraan. Minyak Iliran *High* layak disebut sebagai minyak *sweet crude* karena memiliki kadar sulfur rendah yakni <0,01%. Minyak *sweet crude* merupakan kategori jenis minyak yang memiliki kadar sulfur <0,5%.

Tabel 2
Komposisi elementer minyak bumi konvensional
(Sumber: Fahim, Al-Sahhaf, dan Elkilani 2010)

Elemen	Komposisi
Karbon, %wt	83,0 – 87,0
Hidrogen, %wt	10,0 – 14,0
Nitrogen, %wt	0,1 – 0,2
Oksigen, %wt	0,05 – 2,0
Sulfur, %wt	0,05 – 6,0

Bila komposisi elementer minyak Iliran *High* dibandingkan dengan Minyak *Brent*, salah satu jenis minyak yang dijadikan acuan penentuan harga minyak dunia, komposisinya tidak jauh berbeda. Bahkan kandungan elemen pengotor seperti nitrogen, oksigen dan sulfur, minyak Iliran *High* lebih rendah dibandingkan minyak *Brent*. Meskipun begitu, hal ini belum bisa dikatakan bahwa Minyak Iliran *High* memiliki mutu lebih baik dibandingkan minyak *Brent*. Hal ini dikarenakan komposisi elementer hanya salah satu indikator dalam penentuan karakteristik dan mutu suatu minyak bumi.

Indikator lain dalam menentukan karakteristik minyak bumi yaitu API *gravity*, yang dapat menggambarkan secara umum kandungan fraksi dalam minyak bumi. Hasil uji menunjukkan bahwa minyak Iliran *High* memiliki nilai specific gravity (SG) 60/60 sebesar 0,9351 atau grade API sebesar 19,8. Nilai ini menunjukkan bahwa minyak Iliran *High* termasuk jenis minyak berat. Dibandingkan dengan minyak *Brent* yang memiliki nilai API *gravity* 40,1, yang termasuk jenis minyak ringan dan memiliki kandungan fraksi ringan relatif besar.

Sebenarnya ada beberapa klasifikasi jenis minyak yang ditetapkan oleh beberapa lembaga minyak dunia. Berdasarkan *World Petroleum Conference*, minyak berat didefinisikan sebagai minyak bumi cair

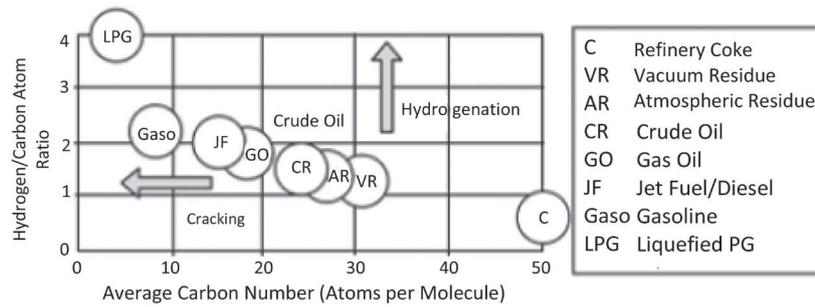
dengan API *gravity* 10 – 22,3. Namun mengacu pada lembaga API (*American Petroleum Institute*), minyak bumi berat adalah minyak bumi dengan API *gravity* ≤ 20 . Oleh sebab itu, minyak Iliran *High* memiliki sifat karakteristik yang relatif lebih mendekati profil minyak medium karena memiliki API *gravity* 19,8.

Nilai API minyak Iliran *High* yang rendah menjadi indikasi bahwa minyak ini hanya sedikit mengandung fraksi ringan. Minyak bumi yang memiliki komposisi fraksi ringan tinggi memiliki nilai ekonomi tinggi dan akan semakin mahal harganya, karena dapat diolah lebih variatif dan lebih banyak menjadi produk bernilai ekonomis seperti produk bensin, solar, avtur, pelarut dan produk lainnya. Pabon dan Filho (2019) telah menggunakan metode spektroskopi untuk menentukan jejak spektrum dan model empiris untuk mendapatkan API *gravity*. Metode ini dinilai memiliki keuntungan yang lebih banyak daripada metode ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dan API (*American Petroleum Institute*). Keuntungan dari metode spektroskopi adalah metode yang tidak merusak dan tidak membutuhkan preparasi yang intensif di laboratorium.

Minyak Iliran *High* relatif memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan sifat karakteristik minyak berat di dunia pada umumnya. Minyak Iliran *High* memiliki kadar impuritis N, O dan S lebih rendah dibandingkan minyak berat dunia. Senyawa pengotor N, O dan S merupakan senyawa racun pada katalis dan pengganggu proses pengolahan di kilang minyak. Selain itu, minyak Iliran *High* juga memiliki kadar rasio H/C lebih tinggi dibandingkan rata-rata minyak berat dunia. Rasio H/C yang tinggi menunjukkan sifat minyak yang memiliki energi kalor tinggi dan lebih sedikit penggunaan hidrogen saat peningkatan mutunya di kilang pada proses *hydrocracking* ataupun *hydrotreating*. Hal ini tercermin seperti pada gambar di bawah ini.

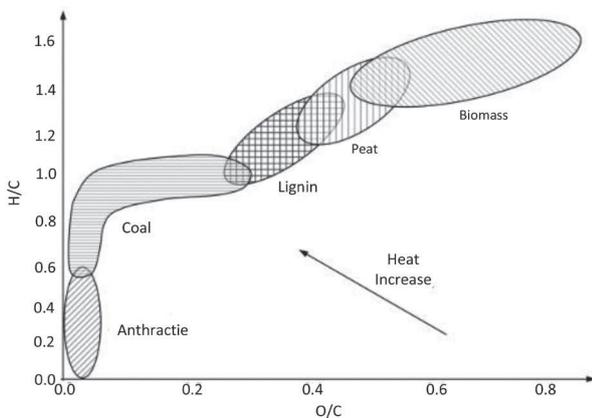
Rasio H/C

Minyak Iliran *High* memiliki nilai rasio H/C sekitar 1,69 dan O/C $\sim 0,01$. Jika mengacu tabel diagram Van Kralen, minyak ini cenderung berada di antara batasan minyak berat dan minyak medium. Batas minyak medium dan berat berada pada nilai rasio H/C $\sim 1,6$. Rasio H/C adalah indikator tingkat aromatisasi suatu minyak. Semakin tinggi nilai H/C, cenderung memiliki kadar senyawa aromatisasi sedikit. Sementara itu semakin kecil nilai rasio O/C, menandakan suatu minyak yang relatif stabil, yang tidak mudah teroksidasi.



Gambar 3

Komposisi atom karbon dan hidrogen dalam produk minyak bumi (Sumber: Speight, 1999)



Gambar 4

Rasio atom O/C pada diagram van krevelen (Sumber: Ribeiro et al. 2018)

Tabel hasil uji sifat karakteristik berdasarkan pendekatan rumus sebagai berikut.

Tabel 3

Hasil Simulasi Karakteristik Sifat Fisika dan Kimia Minyak Iliran High

Sifat Karakteristik	Hasil Simulasi Perhitungan
GHV, MJ/Kg	44,0
Titik Didih Rerata, °R	666,46
Bobot molekul	299,55
Aniline Point, °C	67,5
Pour Point, °C	11,15
Viskositas	
100°F	29,43
210°F	4,8487
Kuop	11,33
Karbon residu	9,564
Aspalten	3,17
Klasifikasi	Naftenik
Kadar aromatik, %	40

GHV (Gross Heating Value)

Hasil perhitungan nilai kalor minyak berat Iliran High berada pada kisaran 42 – 45 MJ/kg. Hal ini sesuai dengan hasil uji GHV minyak Iliran High di laboratorium sebesar 44,0 MJ/kg yang ditunjukkan oleh Tabel 3. Nilai GHV minyak Iliran High lebih tinggi dibandingkan nilai kalor minyak berat rata-rata di dunia dan nilai kalor bitumen, namun sedikit dibawah nilai kalor minyak Brent.

GHV diperoleh berdasarkan perhitungan dengan 3 rumus sebagai berikut.

- Persamaan Chaniwwala & Parikh: (1)

$$GHV = 0,3491C + 1,1783H + 0,1005O - 0,0151N - 0,10340$$
- Persamaan Boie General: (2)

$$GHV = 0,3483C + 1,1591H - 0,1080S + 0,108S + 0,0628N$$
- Persamaan Vondracek: (3)

$$GHV = 0,3559C + 1,1304H - 0,1130S + 0,1047S$$

Keterangan:

- C = %wt karbon
- H = %wt hidrogen
- O = %wt oksigen
- S = %wt sulfur
- N = %wt nitrogen

Ketiga rumus di atas telah banyak digunakan untuk menentukan GHV bahan bakar cair dengan tingkat kesalahan relatif antara 0,5 – 1,3% (Augustin, Willner, and Sievers 2014).

GHV dikenal juga sebagai GCV (Gross Calorific Value). GCV atau GHV juga digunakan dalam penentuan nilai kalor yang dilepaskan dalam pembakaran batubara (Huda, 2014).

Bobot Molekul

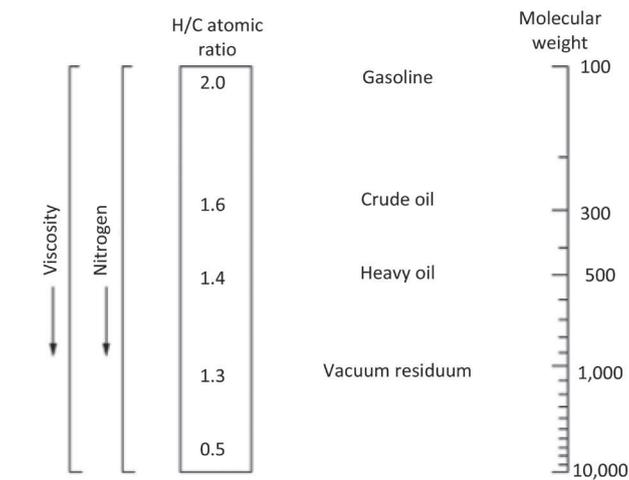
Minyak bumi umumnya memiliki bobot molekul antara 100 – 500 tergantung dari jenis minyak bumi tersebut. Minyak jenis parafin umumnya memiliki bobot molekul lebih ringan dibandingkan minyak bumi jenis aromatik. Dari hasil perhitungan dan diperkuat dari tabel yang ada, minyak Iliran *High* memiliki nilai bobot molekul sebesar 299,55. Hal ini berdasarkan perhitungan dari rumus korelasi *Cragoe* sebagai berikut (Ahmed, 2016).

$$MW = \frac{6084}{API - 5,9} \quad (4)$$

Keterangan:

MW = Bobot molekul

API = 19,8



Gambar 5
Rasio atom H/C dan bobot molekul umpan (Sumber: Speight, 2016)

Berdasarkan tabel di atas, estimasi bobot molekul menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda. Dengan nilai rasio H/C 1,6, maka bila diplot garis lurus horizontal, maka diperoleh nilai bobot molekul ~300. Artinya nilai bobot molekul dari persamaan diatas relatif tidak jauh berbeda dengan grafik di atas.

ABP (*Average Boiling Point*)

Nilai ABP diperoleh dengan menggunakan Persamaan *Riazy Duabert Extended* sebagai berikut.

$$ABP = 9,3369 \times e^{(1,651410^{-4} \times MW + 1,4103 \times SG - 7,5152 \times 10^{-4} \times MW \times SG)} \times MW^{0,5369} \times SG^{-0,7276} \quad (5)$$

Keterangan:

ABP = *Average Boiling Point*, K

MW = Bobot molekul = 299,55

SG = *Specific Gravity* = 0,9351

Umumnya ABP dihitung berdasarkan profil sifat penguapan dengan alat distilasi ASTM D86 atau

Engler di laboratorium. Nilai ABP merupakan suhu rerata perolehan persentase volume distilat 10%vol – 90%vol. Berdasarkan perhitungan, nilai ABP yang diperoleh yaitu 666,5 K atau 393°C. Hal ini wajar mengingat minyak ini termasuk golongan minyak dengan SG tinggi yakni 0,9350. Rannaveski dan Oja (2020) dalam artikelnya menulis bahwa *average boiling point* pada senyawa multikomponen kontiyu dapat diperoleh dari rumus:

$$T_b = \sum_{i=1}^n T_{bi} X_i \quad (6)$$

dimana T_b dapat merupakan salah satu dari tiga titik didih (*boiling point*) rata-rata massa, rata-rata volume atau rata-rata molar dalam suatu senyawa, x_i adalah fraksi massa, volume atau molar suatu komponen i dalam senyawa, dan T_{bi} adalah titik didih suatu kompoen i .

Faktor Karakteristik Watson (Kw atau K_{uop})

Nilai angka Faktor karakteristik Watson (Kw atau Kuop), dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut.

$$Kw = \frac{(ABP)^{1/3}}{SG} \tag{7}$$

Keterangan:

ABP = *Average Boiling Point*, K

SG = *Specific Gravity*

Dari rumus di atas, diperoleh nilai faktor Kw = 11,3. Nilai ini menunjukkan bahwa minyak berat Iliran High hasil ekstraksi, merupakan jenis minyak naftenik. Sementara itu, berdasarkan data nilai Kw minyak Iliran High hasil uji laboratorium menghasilkan angka Kw = 11,5. Hal ini menunjukkan bahwa hasil simulasi perhitungan dengan uji laboratorium tidak jauh berbeda.

Aniline Point

Penentuan nilai *aniline point* dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut.

$$AP = (-1253,7 - 0,139 ABP + 107,8 Kw + 868,7 SG) - 460 \tag{8}$$

Keterangan:

ABP = *Average Boiling Point*, K

Kw = Faktor Karakteristik Watson

SG = *Specific Gravity* 60/60°F

Nilai AP (*aniline point*) digunakan sebagai petunjuk atau indikator kadar aromatik pada senyawa hidrokarbon (Albahri, 2012). Nilai AP antara 32,2 – 48,9°C mengindikasikan minyak jenis aromatik dengan kadar ~75%. Untuk minyak naftenik dengan aromatik sekitar 40%, nilai AP antara 65,6 – 76,7°C. Untuk parafinik dengan kandungan 15% aromatik, nilai AP antara 93,3 – 126,7°C. Iliran *High* memiliki nilai AP 67,8°C yang artinya termasuk jenis minyak naftenik dengan kadar aromatik ~40%. Hal ini juga sesuai dengan nilai karakterisasi faktor Kw 11,3, yang merupakan rentang nilai Kw untuk minyak naftenik.

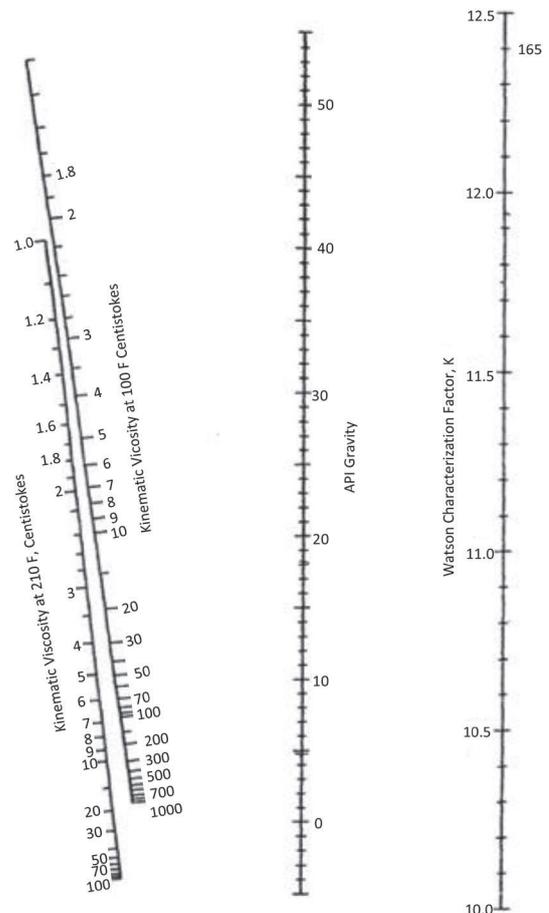
Viskositas pada Suhu 100°F dan 210°F

Nilai viskositas 100°F dan 210°F, ditentukan dengan rumus korelasi Abbott sebagai berikut.

$$\log V_{100^\circ F} = 4,39371 - 1,94733 Kw + 0,12769 Kw^2 + 3,2629 \times 10^{-4} API^2 - 1,18246 \times 10^{-2} Kw API + ((0,171617 Kw^2 + 10,9943 API + 9,50663 \times 10^{-2} API^2 - 0,860218 * Kw * API) / (API + 50,3642 - 4,78231 Kw)) \tag{9}$$

$$\log V_{210^\circ F} = - 0,463634 - 0,166532 API + 5,13447 \times 10^{-4} API^2 - 8,48995 \times 10^{-3} Kw API + ((0,171617 Kw^2 + 10,9943 API + 9,50663 \times 10^{-2} API^2 - 0,860218 Kw API) / (API + 50,3642 - 4,78231 Kw)) \tag{10}$$

Perhitungan ini juga diperkuat dengan cara penentuan viskositas dengan menggunakan Nomograph, korelasi viskositas 100°F dan 210°F dengan nilai API dan Kw.



Gambar 6 Penentuan viskositas dengan *nomograph* (Sumber: Riazi 2005)

Pour Point

Penentuan nilai *pour point* dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut.

$$PP = 234,85 \times (SG^{2,970566}) \times BM^{((0,61235 - (0,473575 SG) \times D15 \times (0,310311 - (0,32834 SG))))} \quad (11)$$

Keterangan:

BM = Bobot Molekul

SG = *Specific Gravity* 60/60°F

Nilai *pour point* minyak Iliran *High* relatif rendah, yakni 11,15°C. Artinya walaupun minyak ini berat, masih bisa mengalir pada suhu ruang. Ini merupakan karakter khas minyak aromatik. Berbeda dengan minyak berat lainnya seperti jenis minyak parafin yang cenderung padat pada suhu kamar, karena memiliki nilai PP yang tinggi.

Residu Karbon

Residu karbon dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut.

$$CCR = 148,7 - (86,96 \times H/C) \quad (12)$$

Keterangan:

H/C = Rasio atom hidrogen dan karbon

Minyak Iliran *High* memiliki rasio hidrokarbon (H/C) ~1,6. Nilai CCR minyak Iliran *High* relatif tinggi, yakni 9,5%. Hal ini dapat disebabkan karena minyak Iliran *high* merupakan minyak berat jenis aromatik dan memiliki nilai rata-rata titik didih tinggi serta bobot molekul besar. Minyak jenis aromatik relatif mudah membentuk residu karbon, karena memiliki kadar hidrogen relatif sedikit dan relatif banyak kadar atom karbon.

Aspalten

Kadar aspalten dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut.

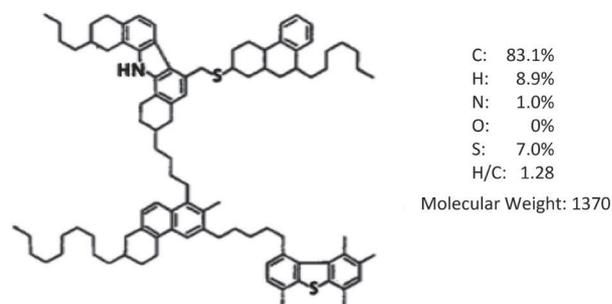
$$Aspalten = 0,385 \times ((0,74195 CCR) + (0,01271 CCR^2)) \quad (13)$$

Keterangan:

CCR = Kadar Residu Karbon

Aspalten merupakan senyawa kompleks poliaromatik yang memiliki bobot molekul tinggi, yakni 1370. Senyawa ini berperan sebagai pemicu terbentuknya deposit karbon pada proses pembakaran. Kadar aspalten turut mempengaruhi

viskositas minyak berat (Mansour dkk., 2018). Gambar 7 di bawah ini menunjukkan kompleksitas komposisi molekul senyawa aspalten.



Gambar 7
Contoh senyawa aspalten (Sumber: Riazi, 2005)

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uji sifat fisika dan kimia hasil ekstraksi minyak mentah Iliran *High* dengan berbagai pelarut, diperoleh karakteristik nilai *specific gravity* sebesar 0,9350, GHV sebesar 44,0 MJ/Kg serta komposisi elemen C, H, O, N dan S masing-masing sebesar 85,39 – 88,12%wt, 11,34 – 12,26%wt, 0,10 – 0,12%wt, 0 – 2,55%wt dan >0,01%wt. Berdasarkan hasil eksperimen tersebut, diperoleh karakteristik lain melalui simulasi yang mencakup rasio H/C, bobot molekul, GHV, titik didih rerata, nilai faktor KUOP, titik anilin, titik tuang, viskositas, residu karbon, kandungan aspalten, dan kadar aromatik.

Hasil eksperimen laboratorium serta simulasi menggunakan pendekatan rumus perhitungan berdasarkan parameter kunci dengan dasar komposisi elementer diperoleh kesimpulan bahwa Minyak Iliran *High* merupakan minyak berat, *sweet crude* dan dikategorikan sebagai minyak naftenik, dengan kisaran kadar aromatik ~40%. Minyak berat aromatik memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber bahan baku pembuatan petrokimia karena memiliki kadar aromatik dan residu tinggi.

Selain itu, metode pengujian dengan pendekatan rumus persamaan untuk minyak berat, perlu dikembangkan lebih jauh, mengingat cara ini lebih efisien dan murah, karena dilakukan tanpa harus melakukan pengujian di laboratorium secara lengkap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang telah memberikan dana penelitian melalui program Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Tahun 2021. Terima kasih pula kepada Kelompok Pelaksanaan Penelitian dan Pengembangan (KPPP) Teknologi Proses BBPMGB LEMIGAS yang telah memfasilitasi baik tempat maupun peralatan eksperimen serta pengujian laboratorium.

DAFTAR ISTILAH / SINGKATAN

Simbol	Definisi	Satuan
ABP	Average Boiling Point	K
AP	Aniline Point	°C
API	American Petroleum Association	
BM	Bobot Molekul	
CCR	Carbon Conradson Residue	%wt
GHV	Gross Heat Value	MJ/Kg
H/C	Ratio of Hidrogen to Carbon	
MW	Molecular Weight	
KUOP	Universal Oil Products Characterization Factor	
KW	Watson Characterization Factor	
SG	Specific Gravity	

KEPUSTAKAAN

- Augustin, C., Thomas Willner, and Anika Sievers.** 2014. "Estimating the Higher Heating Value of Biomass Fuels of CVO and HCVO Fuels from Elemental Analysis." In *European Biomass Conference and Exhibition*, 1187–91. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2004.11.008>.
- Albahri, T.** 2012. "Prediction of the aniline point temperature of pure hydrocarbon liquids and their mixture from molecular structure". *Journal of Molecular Liquids*, 174, 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2012.07.012>.
- British Petroleum.** 2021. "BP Statistical Review of World Energy 2021." *BP Energy Outlook 2021*. Vol. 70.
- Fahim, M.A., T.A. Al-Sahhaf, and A.S. El-kilani.** 2010. *Fundamentals of Petroleum Refining*. Elsevier.
- Huda, M.** 2014. "Development of new equations for estimating gross calorific value of Indonesian coals". *Indonesian Mining Journal*, Vol. 17 No. 1, 10-19. <http://dx.doi.org/10.30556/imj.Vol17.No1.2014.340>.
- IHS Markit.** 2021. "Energy Chemical Economics Handbook." 2021. <https://ihsmarkit.com/products/energy-chemical-economics-handbook.html>.
- Mansour, E. M., Desouky, S. M., El Aily, M., and Helmi, M. E.** 2018. "The effect of asphaltene content on predicting heavy dead oils viscosity: experimental and modeling study". *Journal of Fuel*, 212, 405-411. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.10.024>.
- Meyer, Richard F., Emil D. Attanasi, and Philip A. Freeman.** 2007. "Heavy Oil and Natural Bitumen Resources in Geological Basins of the World." *US Geological Survey*. Vol. 1084. <http://pubs.usgs.gov/of/2007/>.
- Nie, F., He, D., Guan, J., Li, X., Hong, Y., Wang, L., Zheng, H., and Zhang Q,** 2018. "Oil sand pyrolysis: evolution of volatiles and contributions from mineral, bitumen, maltene, and SARA fractions". *Fuel*, 224, 726-739.
- Pabon, R. E. C. and Filho, C. R de Souza.** 2019. "Crude oil spectral signatures and empirical models to derive API gravity". *Journal of Fuel*, 237, 1119-1131. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.09.098>.
- Rannaveski, R. and Oja, V.** 2020. "A new thermogravimetric application of vapour

pressure curve corresponding to average boiling points of oil fractions with narrow boiling ranges”. *Journal of Thermochemica Acta*, 683, 178468. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2019.178468>.

Riazi, M. R. 2005. *Characterization and Properties of Petroleum Fractions*. Barr Harbor: ASTM International.

Ribeiro, Jorge Miguel Carneiro, Radu Godina, João Carlos de Oliveira Matias, and Leonel Jorge Ribeiro Nunes. 2018. “Future Perspectives of Biomass Torrefaction: Review of the Current State of the Art and Research Development.” *Sustainability* 10 (7). <https://doi.org/10.3390/su10072323>.

Speight, James G. 1999. *The Chemistry and Technology of Petroleum*. CRC Press.

Speight, James G. 2016. *Handbook of Petroleum Refining*. London: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315374079-5>.

Zheng, C., Zhu, M., Zarere, R, and Zhang, D. 2018. “Characterisation of subfractions of asphaltenes extracted from an oil sand using NMR, DEPT and MALDI-TOF”. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 168, 148-155.