EVALUASI MUTU SAMPEL TURUNAN MINYAK BUMI BERDASARKAN STANDAR INTERNASIONAL

Annisa Aulia Sikam[1*], Haris Nu'man Aulia[1], Rinzan Akhirjulima[2]
[1]Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, PEM Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Mentul, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315
[2]*Technology Innovation & Implementation* (TI&I), Jl. Raya Bekasi No.13920, RT.1/RW.2, Rw. Terate, Kec. Cakung, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13920
**E-mail*: *annisasikam123@gmail.com*

ABSTRAK

Minyak bumi merupakan sumber energi utama yang menghasilkan berbagai produk turunan seperti bahan bakar, pelumas, dan bahan kimia dengan karakteristik berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi mutu tiga sampel turunan minyak bumi, yaitu *base fluid,* avtur, dan *gasoil,* berdasarkan parameter fisika dan kimia sesuai standar internasional ASTM dan SMS. Parameter yang diuji meliputi *Pour Point, Aniline Point, Copper Strip Corrosion, Aromatic* UV-Vis, analisis BTX dengan GC-MS*, Refractive Index,* dan Residu Karbon. Hasil menunjukkan bahwa Avtur memiliki *pour point* terendah yaitu <–60°C, menunjukkan kestabilan tinggi pada suhu rendah, sedangkan *base fluid* dan *gasoil* masing-masing –21°C dan –3°C. *Aniline point* tertinggi diperoleh pada *base fluid(76,40°C),* menandakan dominasi parafinik, sementara *gasoil* memiliki kandungan aromatik tertinggi. Uji *Copper Strip* menunjukkan *base fluid* dan avtur tidak korosif (1a), sedangkan *gasoil* sedikit korosif (1b). Nilai *Refractive Index* meningkat seiring berat fraksi, dengan *gasoil* tertinggi (1,47750). Hasil residu karbon menunjukkan kualitas pembakaran yang baik. Penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam pengendalian mutu produk turunan minyak bumi agar sesuai standar dan mendukung efisiensi proses pengolahan.

Kata kunci: ASTM, Avtur, *Base Fluid, Gasoil,* Minyak Bumi

1. PENDAHULUAN

Minyak bumi tetap menjadi salah satu sumber utama pemenuhan energi global, dimana dari proses pengolahannya diperoleh produk-produk seperti bahan bakar cair, pelumas, aspal, dan bahan petrokimia, yang masing-masing memiliki sifat fisika dan kimia unik. Karena variasi komposisi unsur, tingkat volatilitas, kandungan pengotor (seperti sulfur, air, atau logam berat), dan struktur molekuler, maka pengujian karakteristik fisika (misalnya viskositas, densitas, titik tuang, volatilitas) serta sifat kimia (seperti kandungan sulfur, kandungan aromatik, kestabilan oksidatif) diperlukan untuk memastikan bahwa produk tersebut memenuhi standar mutu dan regulasi lingkungan yang berlaku. Misalnya, standar-standar terkini seperti ASTM menyediakan metode-metode pengujian untuk pengukuran densitas, viskositas, titik tuang, dan kandungan heteroatom dalam bahan bakar dan pelumas [1].

Selain sebagai sumber energi, minyak bumi juga berfungsi sebagai bahan baku utama dalam industri petrokimia. Dari minyak bumi diperoleh berbagai fraksi yang menjadi bahan bakar seperti bensin, solar, avtur, pelumas, aspal, serta bahan baku kimia seperti nafta, olefin, dan aromatik. Karakteristik fisika dan kimia minyak bumi sangat bervariasi tergantung pada asal *crude*-nya, sehingga memengaruhi proses pengolahan (*refining*) maupun mutu produk akhirnya. Perbedaan densitas (*API gravity*), kandungan sulfur, dan viskositas adalah beberapa parameter kunci yang menentukan apakah suatu minyak dikategorikan sebagai *crude* ringan (*light*),

sedang (*medium*), atau berat (*heavy*). Misalnya, *crude* yang *API gravity* tinggi dan kandungan sulfur rendah cenderung menghasilkan lebih banyak fraksi ringan dan aromatik yang cocok untuk produksi bensin atau nafta, sementara *crude* berat dengan viskositas tinggi dan sulfur tinggi lebih menantang dalam pengolahan dan cenderung menghasilkan residu serta produk berat [2].

Dalam konteks global, minyak bumi bukan hanya sekadar komoditas energi, melainkan juga memiliki peran strategis dalam pembangunan ekonomi dan ketahanan energi suatu negara. Menurut laporan *International Energy Agency* (IEA), minyak bumi menyumbang lebih dari sepertiga konsumsi energi dunia, terutama di sektor transportasi dan industri. Ketergantungan yang tinggi terhadap minyak bumi menjadikan komoditas ini sangat berpengaruh terhadap dinamika pasar energi, stabilitas geopolitik, serta arah kebijakan energi di berbagai negara. Dengan demikian, pengertian minyak bumi dapat dimaknai secara luas, mencakup aspek geologi, kimia, teknologi, serta dimensi ekonomi dan politik [3].

Pengujian terhadap sampel produk turunan minyak bumi dilakukan agar dapat mengetahui secara akurat sifat fisika dan kimia dari produk tersebut. Parameter-parameter penting yang sering diuji mencakup viskositas (kinematik atau dinamik) pada temperatur tertentu, titik nyala (*flash point*), titik tuang (*pour point*) dan karakteristik komposisi kimia menggunakan instrumen modern seperti *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan terkadang dikombinasikan dengan metode *chemometric*. Hasil pengujian tersebut penting untuk menilai performa (misalnya fluiditas, stabilitas termal), kestabilan kimia (termasuk kecenderungan korosi atau oksidasi), serta keamanan penggunaan produk dalam aplikasi tertentu (misalnya dalam mesin, otomotif, atau pemanasan [4].

Pengujian sampel turunan minyak bumi juga berkaitan dengan aspek regulasi dan lingkungan. Produk yang tidak sesuai spesifikasi berpotensi menimbulkan kerugian teknis, ekonomi, bahkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, standar internasional seperti *American Society for Testing and Materials* (ASTM), *American Petroleum Institute* (API), serta Standar Nasional Indonesia (SNI) digunakan sebagai acuan untuk menjamin mutu produk. Dengan adanya standar ini, kualitas produk dapat dijaga serta daya saing di pasar global dapat ditingkatkan [5].

Aviation Turbine Fuel (Avtur) merupakan bahan bakar utama untuk pesawat terbang dengan mesin turbin gas, seperti jet dan helikopter, yang dirancang memiliki karakteristik khusus untuk menjamin performa optimal pada suhu dan tekanan ekstrem di ketinggian tinggi. Bahan bakar ini termasuk dalam fraksi menengah hasil distilasi minyak bumi dengan rentang hidrokarbon sekitar C8–C16, sehingga memiliki sifat volatilitas dan kestabilan termal yang baik. Selain itu, avtur harus memenuhi standar internasional seperti ASTM D1655 untuk menjamin keamanan penerbangan melalui parameter mutu seperti densitas, titik nyala, titik beku, viskositas, dan kandungan aromatik. Stabilitas oksidatif dan kemurnian avtur juga menjadi aspek penting dalam mencegah pembentukan deposit serta menjaga efisiensi pembakaran di ruang turbin [6].

Base fluid merupakan hasil pengolahan minyak bumi melalui proses *hydrocracking* dengan karakteristik ramah lingkungan. Proses *hydrocracking* berperan penting dalam mengurangi kandungan aromatik, sulfur, dan senyawa berat sehingga menghasilkan fluida dengan kestabilan termal yang baik, viskositas sesuai, serta titik nyala yang tinggi [7]. Dalam konteks aplikasinya, *base fluid* di gunakan sebagai *base oil* pada sistem lumpur pengeboran sintetik (*synthetic based mud*), karena sifatnya yang lebih bersih dan aman dibandingkan minyak mineral tradisional. Pemilihan SF sebagai *base fluid* juga didorong oleh kemampuan produk ini dalam memenuhi persyaratan keselamatan, khususnya pada parameter *flash point* yang tinggi, sehingga dapat meminimalisasi risiko kebakaran ketika diaplikasikan pada operasi pengeboran dengan temperatur ekstrem [8].

Gasoil merupakan salah satu fraksi hasil pengolahan minyak bumi yang termasuk dalam kelompok distilat menengah dengan rentang titik didih sekitar 180-370°C. Bahan bakar ini banyak dimanfaatkan pada mesin diesel karena memiliki densitas energi tinggi serta efisiensi konversi panas yang baik pada sistem pembakaran dengan rasio kompresi tinggi. Keunggulan utama gasoil terletak pada sifat pembakarannya yang stabil, sehingga cocok digunakan dalam berbagai sektor, mulai dari transportasi darat, alat berat, hingga pembangkit tenaga listrik. Mutu *gasoil* sangat erat kaitannya dengan angka setana (*cetane number*), yang menjadi indikator kemudahan bahan bakar untuk menyala akibat tekanan kompresi [9].

Dari segi komposisi, *gasoil* tersusun atas campuran hidrokarbon dengan jumlah atom karbon antara C15 hingga C22, yang mencakup parafin, isoparafin, naften, dan aromatik. Kandungan parafin dan isoparafin cenderung memberikan performa pembakaran yang lebih baik dan emisi yang lebih rendah, sedangkan aromatik biasanya dibatasi karena dapat menurunkan angka setana serta meningkatkan emisi partikulat. Selain itu, keberadaan sulfur dalam jumlah kecil juga masih mungkin ditemukan pada *gasoil*, sehingga perlu dikendalikan dengan pengolahan tambahan untuk menghasilkan bahan bakar rendah sulfur. Kompleksitas kandungan ini menunjukkan bahwa *gasoil* merupakan bahan bakar yang tidak hanya penting secara energi, tetapi juga membutuhkan pengendalian mutu ketat agar sesuai dengan standar keselamatan, efisiensi, dan keberlanjutan [10].

2. METODE

Tabel 1 menyajikan ringkasan metode analisis yang digunakan dalam pengujian beberapa sampel minyak bumi. Setiap parameter uji merujuk pada standar internasional tertentu, seperti ASTM maupun SMS, yang dipilih sesuai dengan karakteristik produk yang diuji. Melalui tabel 2 dapat dilihat kesesuaian metode analisis dengan jenis sampel, sehingga memudahkan dalam menentukan pendekatan pengujian yang relevan dan memastikan hasil analisis yang akurat.

Parameter pengujian ini mencakup serangkaian pengujian laboratorium terhadap tiga jenis sampel, yaitu *base fluid*, avtur, dan *gasoil*. Pengujian yang dilakukan meliputi *Pour Point* (ASTM D97), *Aniline Point* (ASTM D611), *Copper Strip Corrosion* (ASTM D130), *Total Acid Number* atau TAN (ASTM D664), *Aromatic UV-Vis* (SMS 2728), BTX menggunakan GC- MS, *Refractive Index* (ASTM D1218), dan Residu Karbon (ASTM D4530). Setiap metode uji diterapkan sesuai standar yang berlaku pada masing-masing sampel sesuai tabel parameter pengujian.

Tabel 1. Parameter Pengujian Sampel

Parameter Pengujian	*Base Fluid*	*Avtur*	*GasOil*
Pour point ASTM D97	√	√	√
Aniline point ASTM D611	√	√	√
Copper Strip ASTM D130	√	√	√
Aromatic uv-vis SMS 2728	√	√	√
BTX GC-MS	√	√	√
Refractive Index ASTM D1218	√	√	√
Residu Carbon ASTM D4530	-	-	√

3. PEMBAHASAN

Tabel 2 – 4 merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sampel Avtur

Properties		Unit	Metode	Hasil
Pour point ASTM D97		°C	ASTM D97	<-60
Aniline point ASTM D611		°C	ASTM D611	53,80
Copper Strip ASTM D130		-	ASTM D130	1a
Aromatic uv-vis SMS 2728		%	SMS 2728	18,9894
BTX GC-MS	Benzene	ppm	262,6	262,6
	Toluene	ppm	1.682,70	1.682,70
	Xylene	ppm	GC-MS	13.702,3
	Total	ppm	GC-MS	15.647,6
Refractive Index ASTM D1218		-	ASTM D1218	1,44924

Tabel 3. Hasil Pengujian Sampel *Base Fluid*

Properties		Unit	Metode	Hasil
Pour point ASTM D97		°C	ASTM D97	-21
Aniline point ASTM D611		°C	ASTM D611	76,40
Copper Strip ASTM D130		-	ASTM D130	1a
Aromatic uv-vis SMS 2728		%	SMS 2728	1,5451
BTX GC-MS	Benzene	ppm	GC-MS	<0,5
	Toluene	ppm	GC-MS	0,90
	Xylene	ppm	GC-MS	4,60
	Total	ppm	GC-MS	5,50
Refractive Index ASTM D1218		-	ASTM D1218	1,46011

Tabel 4. Hasil Pengujian Sampel *Gas Oil*

Properties		Unit	Metode	Hasil
Pour point ASTM D97		°C	ASTM D97	-3
Aniline point ASTM D611		°C	ASTM D611	63,35
Copper Strip ASTM D130		-	ASTM D130	1b
Aromatic uv-vis SMS 2728		%	SMS 2728	35,53
BTX GC-MS	Benzene	ppm	GC-MS	45,8
	Toluene	ppm	GC-MS	149,70
	Xylene	ppm	GC-MS	852,2
	Total	ppm	GC-MS	1.048,0
Refractive Index ASTM D1218		-	ASTM D1218	1,47750
Residu Carbon		ppm	ASTM D4530	100

A. *Pour Point*

Nilai *pour point* dari suatu cairan sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia, seperti kandungan lilin, tingkat kejenuhan hidrokarbon, dan keberadaan aditif. Avtur, dengan nilai *pour point* terendah yaitu kurang dari -60°C, dirancang khusus untuk aplikasi penerbangan, sehingga harus tetap cair dan stabil pada suhu ekstrem di ketinggian. Formulasi avtur umumnya minim kandungan lilin yang dapat mencegah pembekuan. *Base fluid* memiliki *pour point* -21°C, yang menunjukkan bahwa cairan ini juga diformulasikan untuk aplikasi suhu rendah misalnya pengaplikasian pada lepas pantai dan digunakan untuk laut dalam. Karakteristiknya yang relatif tahan dingin menjadikannya cocok untuk penggunaan di lingkungan bersuhu menengah hingga

rendah. *Gasoil*, dengan nilai *pour point* -3°C, adalah bahan bakar diesel standar yang biasa digunakan untuk kendaraan dan peralatan industri. Nilai ini cukup umum untuk wilayah dengan suhu rendah. Gasoil (diesel) terdiri dari campuran hidrokarbon dengan jumlah atom karbon berkisar antara C10–C20. Di dalamnya terdapat fraksi parafinik (alkana lurus dan bercabang). Kristalisasi ini menyebabkan bahan bakar kehilangan kemampuan untuk mengalir, yang ditunjukkan oleh *pour point*.

B. *Aniline Point*

Pengujian *Aniline point* terhadap tiga jenis bahan *base fluid*, avtur, dan *gasoil* menunjukkan variasi nilai yang mencerminkan perbedaan tingkat aromatisitas dan karakteristik kimia masing-masing sampel. *Base fluid* memiliki nilai *Aniline point* tertinggi yaitu 76,40°C, yang menandakan bahwa komposisinya sangat dominan parafinik dan nyaris tidak mengandung senyawa aromatik. Hal ini sesuai dengan fungsinya sebagai *base fluid* yang digunakan dalam sistem hidrolik atau aktuator pesawat, di mana kestabilan termal, pelumasan bersih, dan kompatibilitas dengan material menjadi sangat penting. Komposisi parafinik memberikan keunggulan dalam hal oksidasi rendah dan minim pembentukan endapan karbon. Sementara itu, avtur menunjukkan nilai *aniline point* sebesar 53,80°C, yang tergolong sedang dan mengindikasikan adanya kandungan fraksi aromatik yang cukup signifikan.

Kehadiran aromatik ini berperan dalam meningkatkan densitas energi dan stabilitas pembakaran bahan bakar pesawat, meskipun tetap dikontrol agar tidak terlalu tinggi guna mencegah pembentukan jelaga dan emisi berlebih. Di sisi lain, *gasoil* memiliki nilai *aniline point* 63,35°C, yang menunjukkan komposisi campuran antara hidrokarbon parafinik dan aromatik. Nilai ini mencerminkan sifat umum dari diesel, yang membutuhkan keseimbangan antara performa pelumasan dan efisiensi pembakaran. Kandungan aromatik dalam *gasoil* membantu meningkatkan *lubricity*, namun tetap dijaga pada level sedang agar tidak memperburuk emisi gas buang. Secara keseluruhan, perbedaan nilai *aniline point* ini mencerminkan desain dan formulasi bahan yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik aplikasinya, dari fluida teknis yang bersih dan stabil hingga bahan bakar transportasi yang mengandalkan keseimbangan antara efisiensi dan daya pembakaran.

C. *Copper Strip*

Hasil uji *Copper Strip Corrosion* terhadap ketiga sampel menunjukkan variasi tingkat korosifitas terhadap logam tembaga, yang mencerminkan kemurnian dan stabilitas kimia masing-masing bahan. *Base fluid* dan avtur sama-sama memperoleh nilai 1a, yang merupakan hasil terbaik dalam standar ASTM D130. Nilai ini menunjukkan bahwa kedua bahan tersebut tidak mengandung senyawa aktif yang dapat menyebabkan korosi, seperti sulfur reaktif atau asam organik, sehingga tidak menimbulkan perubahan warna atau kerusakan pada strip tembaga setelah pengujian. Hal ini sesuai dengan karakteristik *base fluid* yang dirancang untuk penggunaan pengeboran minyak bumi, serta avtur yang merupakan bahan bakar pesawat dan harus memiliki kestabilan kimia serta non-korosif terhadap komponen logam di sistem bahan bakar dan mesin.

Sementara itu, *gasoil* menunjukkan nilai 1b, yang meskipun masih berada dalam kategori aman, namun menandakan adanya indikasi awal sifat korosif. Nilai ini menunjukkan bahwa *strip* tembaga mengalami sedikit perubahan warna akibat kontak dengan senyawa aktif, kemungkinan berasal dari sisa sulfur atau senyawa polar yang belum sepenuhnya dihilangkan dalam proses pemurnian. Hal ini umum ditemukan pada diesel standar yang belum melalui proses *hydro-treating* tingkat tinggi. Secara keseluruhan, hasil uji ini memperkuat bahwa *base fluid* dan avtur sangat stabil terhadap logam dan cocok untuk aplikasi teknis sensitif, sementara *gasoil* memerlukan perhatian terhadap kemungkinan efek korosif jangka panjang, khususnya da-

lam sistem logam yang tidak dilindungi.

D. *Aromatic Uv-Vis*

Aromatic UV-Vis adalah metode spektroskopi yang digunakan untuk menganalisis senyawa aromatik berdasarkan kemampuan cincin aromatik menyerap radiasi ultraviolet (UV) dan cahaya tampak (Vis). Senyawa aromatik memiliki sistem ikatan rangkap terkonjugasi yang memungkinkan terjadinya transisi elektron dari orbital π ke orbital π* ketika terkena energi cahaya pada panjang gelombang tertentu, biasanya dalam rentang 190 - 400 nm. Intensitas dan posisi puncak serapan pada spektrum UV-Vis dapat memberikan informasi mengenai jumlah, jenis, serta tingkat substitusi cincin aromatik dalam suatu sampel. Selanjutnya, pengujian *aromatic uv-vis* dengan mengacu pada standar SMS 2728. Sampel ditimbang sebanyak 20 gram, lalu di tambahkan H_2SO_4 sebanyak 5 ml. Penambahan H_2SO_4 (asam sulfat) sebelum uji *aromatic uv-vis* bertujuan untuk membantu memisahkan senyawa aromatik dari campuran hidrokarbon. Asam sulfat akan lebih mudah bereaksi atau berinteraksi dengan senyawa aromatik dibandingkan dengan senyawa lain, sehingga aromatik dapat dipisahkan dan terukur dengan lebih jelas. Dengan cara ini, hasil pengujian menggunakan UV-Vis menjadi lebih akurat karena gangguan dari senyawa non-aromatik berkurang.

Singkatnya, H_2SO_4 ditambahkan agar alat dapat membaca kadar aromatik dalam sampel dengan lebih tepat dan tidak tertukar dengan senyawa lain. Setelah membentuk 2 lapisan, lapisan atas akan digunakan untuk pengenceran menggunakan iso-oktan. Banyaknya pengenceran ditentukan dari besarnya nilai abs yang terbaca. Setelah dilakukan pengenceran, sampel dimasukkan ke dalam kuvet dan sampel mulai di running pada peralatan. Sampel nantinya akan membaca 3 titik panjang gelombang (242, 268 dan 290). Nilai ini yang nantinya akan digunakan untuk melakukan perhitungan.

$$Baseline\ Abs\ (A) = A_{268} - [A_{290} + 0.458 \times (A_{242} - A_{290})] \quad (1)$$

$$Aromatic \frac{mg}{kg} = \frac{A \,.\, D}{b \,.\, a \,.\, \rho} \times 10^3 \quad (2)$$

Sehingga diperoleh nilai *aromatic* avtur yaitu 18,9894%. Kandungan aromatik ini tergolong sedang, dan sesuai dengan spesifikasi bahan bakar jet yang mengizinkan kandungan aromatik dalam rentang tertentu untuk menjaga densitas energi dan kelenturan komponen elastomer dalam sistem bahan bakar. Kandungan aromatik yang tidak terlalu tinggi juga membantu mengontrol pembentukan jelaga saat pembakaran.

Sementara itu, diperoleh nilai *aromatic base fluid* yaitu 1,5451%. Kedua nilai tersebut menunjukkan hasil yang konsisten dengan selisih yang relatif kecil, sehingga dapat dikatakan bahwa metode uji dan kondisi sampel memiliki tingkat reliabilitas yang baik. Nilai kandungan aromatik yang rendah (<2%) ini menandakan bahwa *base fluid* memiliki proporsi senyawa aromatik yang sedikit dibandingkan dengan komponen parafinik atau nafteniknya. Jika kandungan aromatik dalam sampel terlalu besar, maka sifat dan kualitas fluida akan cenderung menurun. Senyawa aromatik dikenal lebih reaktif dibandingkan hidrokarbon parafinik maupun naftenik, sehingga fluida dengan kandungan aromatik tinggi akan lebih mudah mengalami oksidasi dan degradasi termal, yang pada akhirnya memperpendek umur pakai. Selain itu, sifat pelarut aromatik yang kuat dapat merusak material elastomer seperti seal dan gasket, karena menyebabkan pembengkakan atau degradasi material.

Sampel *gasoil* menunjukkan kandungan aromatik tertinggi dibandingkan dua sampel lainnya, dengan nilai sekitar 35,5%. Kandungan ini menunjukkan bahwa komposisi kimia *gasoil* didominasi oleh fraksi aromatik, yaitu senyawa hidrokarbon yang memiliki cincin benzena atau struktur aromatik terkonjugasi. Senyawa-senyawa ini termasuk mono-aromatik seperti toluena

dan xilena, serta poliaromatik seperti naftalena, fenantrena, dan turunan lainnya. Fraksi aromatik dalam diesel terbentuk terutama dari proses distilasi fraksi berat minyak bumi atau dapat juga berasal dari unit *cracking* dan *reforming* aromatik selama proses kilang.

E. *BTX GC-MS*

Berdasarkan hasil pengujian *Benzene, Toluene, Xylene* (BTX) menggunakan metode GCMS pada tiga sampel yaitu *base fluid*, avtur, dan *gasoil*, diperoleh hasil yang cukup bervariasi. Pada sampel *base fluid*, kandungan aromatik terdeteksi sangat rendah dengan nilai benzene < 0,5 ppm, toluene 0,90 ppm, dan xylene 4,6 ppm, sehingga total aromatik hanya mencapai 5,5 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa *base fluid* memiliki tingkat kemurnian tinggi dengan kandungan BTX yang sangat minimal. Pada sampel Avtur, kandungan aromatik relatif tinggi dengan benzene 262,6 ppm, toluene 1.682,7 ppm, dan xylene mencapai 13.702,3 ppm, sehingga total aromatik sebesar 15.647,6 ppm. Tingginya kadar xylene menjadi komponen dominan dalam Avtur. Sedangkan pada sampel *gasoil*, kandungan aromatik berada pada tingkat menengah dengan benzene 45,8 ppm, toluene 149,7 ppm, dan xylene 852,5 ppm, sehingga total aromatik tercatat 1.048,0 ppm. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa urutan kandungan BTX dari yang terendah ke tertinggi adalah *base fluid* < *gasoil* < avtur, dengan avtur memiliki dominasi *xylene* yang sangat signifikan.

Perbedaan hasil antara pengujian Aromatic UV-Vis dan BTX dengan GC-MS disebabkan oleh perbedaan prinsip analisis serta ruang lingkup senyawa aromatik yang terdeteksi. Metode UV-Vis mengukur serapan cahaya oleh seluruh senyawa aromatik yang terdapat dalam sampel, baik monoaromatik, diaromatik, maupun poliaromatik. Oleh karena itu, nilai kandungan aromatik yang dihasilkan relatif lebih tinggi karena mencakup keseluruhan jenis senyawa dengan ikatan π yang mampu menyerap pada panjang gelombang tertentu. Sebaliknya, metode GC-MS dengan target BTX hanya mendeteksi senyawa aromatik ringan yang tergolong *benzene, toluene,* dan *xylene*, sehingga hasilnya jauh lebih spesifik dan nilainya cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan total aromatik yang terukur melalui UV-Vis.

Seperti yang kita ketahui titik didih dari *benzene, toluene* dan *xylene* secara berturut- turut ialah 80,1°C; 110,6°C; 138,5°C. Dari hasil pengujian BTX yang diperoleh, nilai tertinggi ada di avtur, dimana avtur ini memiliki titik didih berada pada kisaran 150- 300 °C. Sehingga, pada suhu tersebut senyawa BTX lebih dominan dibandingan dengan sampel *base fluid* dan gasoil. Namun demikian, perlu dicatat bahwa pengujian menggunakan *uv-vis* mempresentasikan total keseluruhansenyawa aromatik pada suatu sampelkarena mendeteksi transisi ikatan π pada berbagai gugus aromatik, sedangkan pengujian BTX melalui GC-MS hanya bersifat spesifik terhadap aromatik ringan saja. Oleh karena itu, nilai dari kedua metode ini bisa menunjukkan perbedaan meskipun keduanya sama-sama berkaitan dengan aromatik.

F. *Refractive Index (RI)*

Dari hasil pengujian, avtur memiliki RI paling rendah (1,44924), menandakan dominasi hidrokarbon parafinik dan sangat rendah kandungan aromatik. *Base fluid* memiliki RI sedikit lebih tinggi (1,46011), menunjukkan adanya tambahan kandungan aromatik meski masih dalam jumlah kecil. *Gasoil* (1,47750) menunjukkan peningkatan signifikan, sesuai dengan sifatnya sebagai fraksi minyak bumi yang lebih berat dan kaya aromatik.

Nilai pengujian UV-Vis pada sampel avtur lebih tinggi dibandingkan *base fluid* karena avtur memiliki kandungan aromatik yang lebih dominan pada rentang panjang gelombang penyerapannya. Hal ini sesuai dengan sifat avtur yang termasuk fraksi menengah (C8–C16), di mana keberadaan aromatik lebih jelas terdeteksi melalui transisi elektronik ikatan π pada metode UV-Vis. Sebaliknya, pada pengujian RI nilai *base fluid* justru lebih tinggi dibandingkan avtur. Kondisi ini dapat dijelaskan karena fraksi *base fluid* berada di antara rentang avtur dan *gasoil*,

sehingga rantai karbonnya lebih panjang dan struktur molekulnya lebih kompleks dibandingkan avtur. Rantai karbon yang lebih panjang, tingkat kejenuhan, dan interaksi antar molekul pada *base fluid* menyebabkan indeks bias meningkat meskipun kandungan aromatiknya tidak sebanyak avtur. Dengan demikian, kedua metode ini tetap konsisten karena *UV-Vis* lebih sensitif terhadap gugus aromatik, sedangkan RI dipengaruhi oleh panjang rantai hidrokarbon dan densitas optik fraksi, sehingga hasilnya dapat berbeda meskipun sama-sama digunakan untuk memperkirakan kadar aromatik.

G. *Residu Carbon*

Pengujian residu karbon dengan metode ASTM D4530 (*Micro Carbon Residue*) bertujuan untuk menentukan kecenderungan suatu bahan bakar atau fraksi minyak meninggalkan deposit karbon setelah mengalami proses pemanasan dalam kondisi terbatas oksigen. Nilai residu karbon mencerminkan keberadaan senyawa yang sukar menguap atau mudah terdekomposisi termal, seperti asphaltenes, *aromatic* berat, atau kontaminan. Uji ini sangat penting untuk menilai kualitas pembakaran suatu bahan bakar, karena tingginya residu karbon dapat menyebabkan pembentukan deposit pada ruang bakar, *nozzle* injektor, maupun permukaan peralatan mesin.

Sampel *gasoil* menunjukkan nilai residu karbon sebesar 100 ppm atau 0,01% massa, yang tergolong sangat rendah. Hasil ini mengindikasikan bahwa Gas Oil yang diuji memiliki kecenderungan kecil untuk menghasilkan deposit karbon selama proses pembakaran. Nilai ini sejalan dengan karakteristik *gasoil* berkualitas baik yang umumnya rendah kandungan material berat atau aromatik pekat. Dengan residu karbon serendah ini, dapat diperkirakan bahwa bahan bakar tersebut akan memberikan pembakaran yang lebih bersih, efisiensi energi lebih baik, serta meminimalkan risiko *fouling* dan kerak pada peralatan pembakaran.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, pengujian *pour point* menunjukkan bahwa avtur memiliki nilai terendah sehingga sangat stabil pada suhu dingin, diikuti oleh *base fluid* yang masih cukup baik untuk kondisi bersuhu rendah. *Gasoil* memperlihatkan *pour point* lebih tinggi yang membatasi penggunaannya pada iklim dingin. Hasil uji *aniline point* memperlihatkan bahwa avtur memiliki nilai lebih rendah, menandakan kandungan aromatik yang lebih tinggi, sedangkan *base fluid* menunjukkan nilai lebih tinggi akibat dominasi parafinik. *Gasoil* berada di antara keduanya dengan campuran parafin, naftena, dan aromatik. Pada pengujian *copper strip corrosion*, avtur dan *base fluid* termasuk dalam kategori tidak korosif karena kandungan hidrokarbon jenuh yang stabil. Berbeda dengan keduanya, gasoil menunjukkan sedikit indikasi korosi akibat adanya senyawa aktif seperti sulfur. Uji *UV-Vis* menunjukkan bahwa gasoil memiliki kandungan aromatik paling tinggi karena kaya senyawa aromatik berat, avtur berada pada posisi menengah dengan kandungan aromatik ringan, dan *base fluid* sangat rendah aromatiknya karena lebih dominan parafin. Analisis BTX dengan *GC-MS* menunjukkan bahwa avtur mengandung benzena, toluena, dan xilena paling banyak dibandingkan sampel lainnya. *Gasoil* masih mengandung BTX tetapi dalam jumlah lebih sedikit, sementara *base fluid* hampir tidak memiliki kandungan BTX.

Nilai *refractive index* menunjukkan kecenderungan meningkat sesuai dengan berat fraksi. Avtur memiliki nilai terendah karena dominasi hidrokarbon ringan, *base fluid* lebih tinggi karena adanya hidrokarbon rantai menengah, *gasoil* lebih tinggi lagi karena kandungan hidrokarbon berat dan aromatik. Pada pengujian residu karbon, hanya *gasoil* yang diuji dan hasilnya menunjukkan kandungan residu karbon yang rendah, sehingga kecenderungan pembakarannya relatif bersih.

Apabila dilihat dari hasil pengujian *aromatic uv-vis* diperoleh hasil yaitu, *gasoil* > avtur > *base fluid*. Sedangkan pada pengujian BTX diperoleh hasil yaitu, avtur > *gasoil* > *base fluid*. Hal

ini dikarenakan bahwa pada pengujian *aromatic uv-vis* pembacaan dilakukan pada total nilai *aromatic* pada masing-masing sampel. Sedangkan, pada pengujian BTX nilai *aromatic* yang dibaca memiliki Batasan yaitu *benzene, toluene* dan *xylene* nya saja. Sehingga nilai pengujian BTX pada sampel avtur lebih tinggi, karena titik didih BTX berada pada *range* fraksi avtur. Nilai UV-Vis pada avtur lebih tinggi dibandingkan *base fluid* karena avtur memiliki kandungan aromatik lebih dominan yang terdeteksi melalui transisi ikatan π. Sebaliknya, nilai RI *base fluid* lebih tinggi karena fraksinya berada di antara avtur dan gasoil dengan rantai karbon lebih panjang serta struktur molekul lebih kompleks. Panjang rantai hidrokarbon dan tingkat kejenuhan pada *base fluid* meningkatkan indeks bias meskipun kandungan aromatiknya rendah. Dengan demikian, UV-Vis lebih sensitif terhadap aromatik, sedangkan RI lebih dipengaruhi oleh panjang rantai karbon dan densitas optik.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap sampel, diperoleh bahwa seluruh parameter uji menunjukkan nilai yang berada dalam rentang spesifikasi yang dipersyaratkan sesuai dengan standar acuan (ASTM/ SNI/ spesifikasi internal). Hal ini menunjukkan bahwa sampel tersebut telah memenuhi kriteria mutu yang ditetapkan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kualitas sampel baik dan layak untuk digunakan dalam proses selanjutnya atau diaplikasikan sesuai tujuan penggunaannya.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Shiskova, I., Stratiev, D., Sotirov, S., Sotirova, E., Dinkov, R., & Kolev, I. *Predicting Petroleum SARA Composition from Density, Sulfur Content, Flash Point, and Simulated Distillation Data Using Regression and Artificial Neural Network Techniques. Processes*, 12(8), 1755. 2023

[2] Wan Jusoh, W. N. L., Omar, M. B., Sami, A., Bingi, K., & Ibrahim, R. *Crude Oil Yield Estimation: Recent Advances and Technological Progress in the Oil Refining Industry. Sensors*, 25(17), 5511. 2025. https://doi.org/10.3390/s25175511.

[3] BP *Statistical Review of World Energy*. *Statistical Review of World Energy 2023*. BP / *The Energy Institute.* 2023.

[4] Seeley, M. E., *et al. Ramped pyrolysis-GC-MS-MS–MS for environmental/petroleum sample analysis. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 134, 1–11. 2018

[5] ASTM International. *ASTM Petroleum Standards.* ASTM International: ASTM. 2017.

[6] Hoffmann, E., & Stroobant, V. *Mass Spectrometry: Principles and Applications*, 4th ed. New York: Wiley, 2019

[7] Sampurno, J., Pratama, R., & Hidayat, A. *Development of Alternative Fuels from Renewable Feedstocks: Challenges in Oil and Gas Transition. International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 29(2), 145–158. 2022. https://doi.org/10.1504/IJOGCT.2022.100456.

[8] Saragih, R. A., & Yudhatama, Y. *Analisis performa katalis dalam proses hidrocracking fraksi minyak bumi. Jurnal Teknologi Energi*, 12(3), 201–210. 2021. https://doi.org/ 10.22146/jte.2021.12034

[9] Speight, J. G. *The Chemistry and Technology of Petroleum*, 5th ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

[10] Fayad, M. A. *Reducing the Effect of High Sulfur Content in Diesel Fuel on Emissions. ACS Omega.* 2022.

Daftar Simbol

A	=	Nilai absorbance yang terhitung
D	=	Faktor Pengenceran
a	=	2.34 (ketetapan)
b	=	1.00 (ketetapan)
ρ	=	*Density* Sampel (g/ml)