



POTENTIAL BLENDING OF SHORT RESIDUES, AUTOMOTIVE DIESEL OIL (ADO) AND KEROSENE FOR MARINE FUEL OIL (MFO) LOW SULPHUR 180 EXPORT QUALITY AT PT. XYZ USING H-CAMS SIMULATION

Agung Aldi Saputra¹⁾, Samhani Mahendra Wijaya²⁾, Erna Astuti^{1)*} dan Aster Rahayu¹⁾

¹⁾Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan

Jl Jend.Ahmad Yani, Tamanan Banguntapan, Bantul, Yogyakarta.

²⁾PT. Kilang Pertamina International

Jl. Medan Merdeka Timur, Jakarta, 10110

ARTICLE INFO

Article history:

Received 05 Aug 2023,

Revised 13 Nov 2023,

Accepted 16 Nov 2023

Available online 30 Jan 2024

Keywords:

- ✓ MFO Low Sulfur,
- ✓ Short Residue,
- ✓ Kerosene,
- ✓ Automotive Diesel Oil (ADO),
- ✓ Export

*corresponding author:

erna.astuti@che.uad.ac.id

phone: +62812-2645-980

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v14i1.595)

[14i1.595](https://doi.org/10.31938/jsn.v14i1.595)

ABSTRACT

Marine Fuel Oil (MFO) Low Sulfur is a ship fuel for engines that have an rpm <300, which has a maximum sulfur content of 0.5% wt and a Kinematic Viscosity limit at a temperature of 50 °C with a maximum of 180 CSt. Blending MFO products has the potential to meet international market demand and optimize sales of MFO products in domestic and international markets. The change in specifications requested by PIMD (P International Marketing & Distribution) refers to the Decree of the Director General of Oil and Gas No. 0179.K/10/DJM.S/2019. This research aims to meet international market demand so that MFO (Marine Fuel Oil) products with new specifications are needed. This research uses a blending optimization method using Short Residue (SR), Automotive Diesel Oil (ADO), and Kerosene (KR) using simulation using H-CAMS software. This research focuses more on the critical values of MFO products, namely Density, Kinematic Viscosity, Flash Point, and Pour Point analysis. The blending simulation process has 12 variations between SR: ADO: KR. As the composition of ADO and Kerosene increases in the blending ratio, it causes a decrease in the Density, Flash Point, Kinematic Viscosity, and Pour Point values. In this research, the most optimum blending formula was found, namely formulas 4, 5, 10, and 11, all critical specifications in the manufacture of the MFO 180 LS product were met except for the Pour Point parameter, so this research needs to be continued by reducing the pour point value.

Potensi Blending Short Residue, ADO dan Kerosene untuk MFO Low Sulphur 180 Kualitas Export di PT. XYZ menggunakan Simulasi H-CAMS

ABSTRAK

Marine Fuel Oil (MFO) Low Sulfur (LS) merupakan bahan bakar kapal dengan jenis mesin yang mempunyai rpm <300, yang memiliki kandungan sulfur dengan kadar maksimal 0,5%wt dan batasan viskositas kinematik di suhu 50 °C maksimum 180 CSt. Produk MFO dengan cara *blending* diharapkan dapat memenuhi permintaan dan mengoptimalkan penjualan produk MFO di pasar domestik dan internasional. Spesifikasi yang diusulkan terdapat perubahan dari pihak marketing yang merujuk pada SK Dirjen Migas No. 0179.K/10/DJM.S/2019. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan produk MFO untuk memenuhi permintaan pasar internasional dan sesuai dengan spesifikasi MFO baru. Penelitian ini menggunakan metode optimasi *blending* dengan Short Residue (SR), Automotive Diesel Oil (ADO) dan Kerosene (KR) dengan cara simulasi menggunakan software H-CAMS. Penelitian ini fokus kepada nilai kritis pada produk MFO yaitu analisis densitas, *viscosity kinematic*, *flash point* dan *pour point*. Proses simulasi *blending* terdapat 12 variasi antara SR: ADO:KR. Komposisi ADO dan KR yang bertambah dalam rasio *blending* menyebabkan penurunan nilai densitas, *flash point*, *viscosity kinematic* dan *pour point*. Dalam penelitian ini didapatkan formula *blending* optimum yaitu pada formula 4,5,10 dan 11. Semua spesifikasi kritikal produk MFO 180 LS dapat terpenuhi, kecuali parameter *Pour Point*, sehingga penelitian ini perlu dilanjutkan dengan fokus penurunan nilai *pour point*.

Kata kunci: MFO 180 Rendah Sulfur, *Short Residue*, *Kerosene*, *Automotive Diesel Oil (ADO)*, Ekspor.



PENDAHULUAN

Marine Fuel Oil (MFO) adalah produk penyulingan minyak bumi, yang dihasilkan setelah residu dan sebelum aspal, yaitu minyak bakar yang bukan merupakan produk hasil distilasi tetapi hasil dari jenis residu yang berwarna hitam. Minyak jenis ini memiliki tingkat kekentalan yang tinggi dibandingkan minyak diesel. Pemakaian minyak bakar atau MFO ini umumnya untuk pembakaran langsung pada industri besar dan digunakan sebagai bahan bakar untuk *Steam Power Station*. Selain itu, bahan bakar MFO juga dipakai sebagian besar untuk bahan bakar mesin kapal (Hasna & Salsabila, 2019). Bahan bakar kapal diperoleh dengan mencampurkan produk minyak berat dari hasil *primary process* maupun *secondary process*. Produk yang mempunyai kandungan sulfur rendah lebih diutamakan dalam proses pencampuran (Nelyubov et al., 2023). Jenis bahan bakar MFO dengan kualitas yang baik harus memiliki sifat-sifat tertentu dalam segala keadaan. Sifat-sifat inilah yang menjadi keunggulan dari MFO. Beberapa sifat yang harus dipenuhi adalah sifat kekentalan, sifat kestabilan, sifat kebersihan, sifat keselamatan dan sifat korosifitas (Saleh & Darmana, 2021).

PT XYZ saat ini telah memproduksi MFO *Low Sulfur* domestik dengan permintaan saat ini sebesar 260 MB/bulan dari hasil *blending* beberapa komponen residu yang bernilai jual rendah. Oleh karena itu, formulasi *blending* dalam pembuatan produk MFO *Low Sulfur* untuk ekspor dengan spesifikasi yang lebih tinggi dibandingkan untuk domestik dan permintaan pasar yang lebih tinggi sekitar 6.900 MB/bulan diharapkan mampu meningkatkan margin PT XYZ.

Sekitar 50% proses minyak mentah menghasilkan fraksi minyak berat. Namun, dengan meningkatnya permintaan minyak ringan dan menurunnya permintaan minyak berat, proses pengolahan minyak bumi yang rumit sering disesuaikan untuk menghasilkan minyak ringan. *Marine Fuel* merupakan percampuran dari bahan bakar seperti minyak *diesel*, *kerosene*, *light and heavy gasoil*, dan *long residue* (Van et al., 2019). Rata-rata 95% perdagangan internasional dunia diangkut dengan kapal. Kekayaan industri perkapalan sangat terkait dengan dunia perdagangan. Bahan bakar laut menyumbang sekitar 20% dari total permintaan bahan bakar minyak, sehingga pengembangan pasar ini menjadi penting bagi industri pengolahan minyak.

Pertumbuhan perdagangan internasional akan terus berlanjut di masa mendatang, namun peningkatan permintaan untuk perdagangan kargo curah dan umum kemungkinan besar akan diimbangi oleh kebutuhan kapal tanker yang lebih efisien, karena kapal berlambung ganda yang lebih baru dan lebih efisien menggantikan kapal berlambung tunggal. Penggunaan energi oleh transportasi laut diperkirakan tumbuh sekitar 1,5% per tahun hingga tahun 2020 karena pertumbuhan kebutuhan *Marine Gas Oil* (MGO) yang tinggi dibandingkan *Marine Fuel Oil* (MFO) akibat pembatasan belerang, terutama untuk dunia pelayaran (Pappos & Skjölsvik, 2002).

Pada tanggal 1 Januari 2020, *International Maritime Organization* (IMO) memberlakukan batas sulfur atas global maksimum baru sebesar 0,5% pada bahan bakar laut, menurunkan batas sebelumnya sebesar 3,5%. Perubahan saat ini adalah bagian dari rencana tanggapan IMO terhadap masalah lingkungan yang terus-menerus muncul berasal dari emisi berbahaya dari kapal. Tenggat akhir tahun 2020 telah dikonfirmasi pada pertemuan ke-70 *Marine Environment Protection Committee* (MEPC) IMO, yang berlangsung pada Oktober 2016 (Boviatsis et al., 2022).

Marine Fuel Oil (MFO) *Low Sulfur* merupakan bahan bakar kapal dengan jenis mesin yang mempunyai rpm <300, memiliki kandungan sulfur dengan kadar maksimal 0,5% wt dan batasan viskositas kinematik di suhu 50°C maximum 180 CSt. Pembuatan formulasi *blending* produk MFO bertujuan memenuhi permintaan pasar internasional, sehingga dapat mengoptimalkan penjualan produk MFO di pasar domestik dan internasional. MFO *Low Sulfur* untuk ekspor mempunyai perbedaan spesifikasi viskositas kinematik dan kandungan logam dibandingkan dengan MFO *Low Sulfur domestic*. Perbedaan itu berada pada perubahan spesifikasi parameter viskositas kinematik dan kandungan logam. MFO *Low Sulfur domestic* mempunyai batasan viskositas kinematik minimum 30 Cst dan maksimum 180 Cst, sedangkan parameter kandungan logam mempunyai batasan maximum 60 mg/L, sebelumnya batasan maksimum adalah sebesar 80 mg/L.

Heavy Fuel Oil (HFO) merupakan bahan baku pembuatan MFO. HFO merupakan sisa dari penyulingan minyak mentah. Hal ini berlangsung hingga awal tahun 1970-an, dikarenakan residu yang tidak dapat disuling dari proses distilasi atmosferik. Namun saat ini, sebagian besar proses penyulingan juga menggunakan teknik distilasi vakum yang dapat mengambil produk lebih ringan

yang diinginkan, sehingga menghasilkan residu yang lebih berat yaitu *Short Residue* (Uhler et al., 2016). HFO juga merupakan bahan bakar yang menyumbang 47-66% untuk membuat MFO, disamping sifatnya yang tidak terbatas pada viskositas yang tinggi dan kandungan sulfur tinggi, menjadikan HFO sebagai pilihan karena harganya yang murah (Jin et al., 2022). Beberapa karakteristik penting dari minyak bakar antara lain densitas, titik nyala, titik tuang, kadar air, kadar sulfur, dan viskositas (Yoeswono et al., 2022). Minyak residu merupakan produk bawah dari proses distilasi minyak bumi. Minyak ini merupakan fraksi paling berat dari minyak mentah, biasanya dijual sangat murah dan kadang-kadang hanya dianggap sebagai produk samping dari kilang. Komposisi dari residu dipengaruhi oleh jenis minyak dan jenis proses pemurnian (*refinery*) yang digunakan. Jumlah yang dihasilkan tiap minyak mentah akan berbeda, begitu juga dengan sifat residu yang akan dihasilkan (Billah, t.t.).

Proses *blending* merupakan proses yang umum digunakan dalam industri perminyakan. *Blending* adalah suatu proses pencampuran untuk mendapatkan produk atau umpan yang memenuhi persyaratan atau spesifikasi yang diperlukan. Proses *blending* melibatkan dua komponen atau lebih dengan spesifikasi yang berbeda, sehingga dapat dihasilkan produk baru dengan spesifikasi yang baru pula. *Blending* dapat dilakukan secara *batch* atau kontinyu (*inline blending*). Sebagian besar kilang menggunakan *inline blending* yang dikendalikan komputer untuk produk gasoline dan produk dengan volume tinggi. Dalam skala industri, pembuatan bahan bakar kapal umumnya menggunakan metode *batch blending*. Hal ini dikarenakan komponen yang digunakan tergolong *middle distillates* dan jumlah komponen yang ditangani cenderung lebih sedikit (Rizqi & Naryono, 2023). Pada proses pembuatan produk MFO *Low Sulphur Export* dipilih bahan *blending* menggunakan *Kerosene* (KR) dan *Automotive Diesel Oil* (ADO). Kedua bahan tersebut dipilih karena mempunyai nilai *Pour Point* dan viskositas kinematik yang cukup rendah, sehingga diharapkan dapat memenuhi spesifikasi produk MFO *Low Sulphur Export*. Selain itu, ketersediaan bahan baku KR dan ADO yang cukup di PT XYZ dapat menjadi solusi dalam pembuatan MFO *Low Sulphur Export*. Proses simulasi *blending* pembuatan produk MFO *Low Sulphur Export* menggunakan *software H-CAMS* (*Crude Assay Management System*). *Software* ini merupakan produk dari *Haverly* yang dapat

dipercaya dan terverifikasi sebagai kalkulator *blending*, *crude assay*, *blend optimizer* dan kegunaan lainnya (Cutting & Haverly, 1995). Penelitian ini fokus kepada observasi komposisi *blending* produk MFO *Low Sulfur* dengan bahan baku *short residue*, *kerosene* dan ADO untuk menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi untuk diekspor. Komposisi *blending* diperoleh dengan cara simulasi menggunakan *software H-CAMS* agar menghasilkan data densitas, viskositas kinematik, *flash point & pour point* yang memenuhi spesifikasi produk MFO *Low Sulfur Export*.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama *blending* yaitu *Short Residue* dari PT.XYZ merupakan produk residu yang berasal dari proses *hydrogenation catalytic cracking* yang bernilai rendah yang belum dapat diolah kembali di PT.XYZ. Residu hasil proses *hydrogenation catalytic cracking* dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan karakteristik bahan bakar laut (Parkhomchuk dkk., 2023). Bahan *blending* lainnya yaitu *Automotive Diesel Oil* (ADO) dan *Kerosene*. Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa *software H-CAMS* (*Crude Assay Management System*) untuk menghitung simulasi *blending* yang paling optimum guna menghasilkan produk.

Metode

Metode yang digunakan adalah simulasi *blending* dengan *software H-CAMS*. Proses simulasi didasarkan pada proses perhitungan *blending*, sehingga didapatkan hasil yang sesuai dengan perhitungan berdasarkan rumus dari masing-masing analisis atau parameter uji sebagai berikut:

Nilai *Specific Gravity* (*SG*) didapatkan dengan persamaan (1) yaitu V_1, V_2, V_n merupakan Volume (%) dari masing – masing komponen *blending* dan SG_1, SG_2, SG_n merupakan hasil nilai *Specific Gravity* (*SG*) dari masing-masing komponen *blending* sehingga diperoleh nilai *SG Blending* (Ginting dkk., 2018).

$$\text{Specific Gravity (SG) blending} = \frac{V_1.SG_1 + V_2.SG_2 + \dots + (V_n.SG_n)}{V_{total}} \quad (1)$$

Nilai *Flash Point* (*FP*) *Blending* didapatkan dengan perhitungan berdasarkan pada persamaan

(2) dimana (Li) merupakan nilai *FP index* dari masing-masing komponen dan (Ti) merupakan nilai dari *FP* masing-masing komponen.

$$\text{Log Li} = \frac{(-6,118 + (4345,2))}{(Ti + 383)} \quad (2)$$

Selanjutnya dihitung menggunakan persamaan (3) dimana nilai *Flash Point Index* campuran dimana (L1,L2, dst) merupakan nilai *FP i* dari masing-masing Komponen dan (V_{total}) merupakan volume dari masing-masing komponen.

$$IB = \frac{(V_1 \cdot L_1 + V_2 \cdot L_2 + \dots + V_n \cdot L_n)}{V_{\text{total}}} \quad (3)$$

Nilai *Flash Point Blending* dihitung dengan menggunakan persamaan (4) dimana (FBP) adalah nilai *Flash Point Blending* dan (IB) adalah nilai *Flash Point Index* Campuran.

$$FPB = \frac{4345,2}{IB+6,1188} - 383 \quad (4)$$

Nilai *Pour Point (PP) Blending* (Tb) didapatkan dengan persamaan (5), nilai (Ti): Nilai *PP* pada masing-masing komponen dan (x): Nilai konstanta 0,08.

$$(Tb)^{1/x} = \sum (Ti)^{1/x} \quad (5)$$

Nilai *Viscosity Kinematic* hasil *Blending* didapatkan dengan menggunakan acuan metode *ASTM D-341* dimana menggunakan metode *viscosity chart temperature* (ASTM D341-03, 2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT XYZ sebelumnya telah memproduksi MFO LS 180 untuk pasar domestik dengan formulasi yang berbeda dengan menggunakan

bahan baku *Long Residue*. Untuk memenuhi kebutuhan ekspor *MFO LS 180* dengan spesifikasi yang baru, maka dilakukan re-formulasi dengan menggunakan bahan baku yang mempunyai nilai jual yang sangat rendah (*Short Residue*), sehingga diharapkan dapat menambah nilai margin yang di dapatkan oleh PT XYZ. Simulasi *blending* pembuatan *MFO LS 180* dengan bahan *blending short residue, kerosene dan ADO* telah dilakukan dengan berbagai variasi formulasi pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Formulasi

Formulasi	Variasi		
	<i>Short Residue</i> (%)	<i>Kerosene</i> (%)	<i>ADO</i> (%)
1	90	-	10
2	80	-	20
3	70	-	30
4	60	-	40
5	50	-	50
6	85	15	-
7	75	25	-
8	70	30	-
9	65	35	-
10	70	20	10
11	65	25	10
12	65	15	20

Dari beberapa formula pada Tabel 1 diharapkan dapat mewakili untuk mendapatkan hasil simulasi yang sesuai, sehingga dapat memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh *PIMD* untuk produk *MFO Low Sulphur* untuk ekspor. Data hasil spesifikasi *MFO Low Sulphur* kualitas ekspor berdasarkan surat spesifikasi permintaan pelanggan melalui *PIMD* terdapat beberapa perbedaan spesifikasi terhadap *SK Dirjen Migas No. 0179.K/10/DJM.S/2019* tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Spesifikasi Dirjen Migas & Ekspor

No	Parameter	Batasan <i>MFO</i>		Unit	Metode
		Domestik	Ekspor		
1	Titik Tuang	Max. 30	Max. 30	°C	ASTM D97
2	Carbon Residue	Max.18	Max.18	% mass	ASTM D189
3	Kandungan Abu	Max.0,1	Max.0,1	% mass	ASTM D482
4	Sediment Total	Max.0,1	Max.0,1	% mass	ASTM D473
5	Densitas @15°C	Max.991	Max.991	kg/m ³	ASTM D1298
6	Vanadium	Max. 350	Max. 350	ppm	ASTM D5708
7	Flash Point	Min. 60	Min. 60	°C	ASTM D93
8	Kinematic Viscosity @50°C	Max.180	30 – 180	mm ² /s (cSt)	ASTM D445
9	Aluminium + Silika	Max. 80	Max. 60	ppm	ASTM D5184
10	Sulfur Content	Max. 0,5	Max. 0,5	ppm	ASTM D2622
11	Water Content	Max. 0,5	Max. 0,5	% vol	ASTM D95
12	Bilangan Asam Total	Max. 2,5	Max. 2,5	mg KOH/gr	ASTM D664

Sumber : (Pertamina, 2019)

Tabel 3. Hasil Analisis Bahan *Blending*

Sampel	Densitas (Kg/m ³)	Flash Point (°C)	Visco Kin @50 (Cst)	Pour Point (°C)
<i>Short Residue</i>	975,8	222	2192,8	50
<i>ADO</i>	844,1	60	2,7139	12
<i>KERO</i>	816,8	40	1,1066	-20

Tabel 4. Hasil Simulasi Densitas

Formulasi	Komposisi			Hasil Simulasi
	<i>SR</i>	<i>KR</i>	<i>ADO</i>	Densitas (kg/m ³)
1	90	-	10	962,6
2	80	-	20	949,5
3	70	-	30	936,3
4	60	-	40	923,1
5	50	-	50	910,0
6	85	15	-	952
7	75	25	-	936,1
8	70	30	-	928,1
9	65	35	-	920,2
10	70	20	10	930,8
11	65	15	20	925,6
12	65	25	10	922,9

Tabel 2 menunjukkan bahwa spesifikasi MFO LS 180 untuk domestik dan ekspor mempunyai perbedaan spesifikasi pada parameter uji *Viscosity Kinematic* dan kandungan logam. Hasil uji viskositas pada MFO LS 180 domestik yang saat ini telah diproduksi oleh PT XYZ, memiliki nilai viskositas yang relatif rendah, sehingga tidak memenuhi spesifikasi minimum yang telah ditentukan. Hasil uji kandungan logam dalam MFO LS 180 domestik yang telah diproduksi oleh PT XYZ, menunjukkan hasil yang relatif rendah dan jauh dari batasan spesifikasi, sehingga tidak menjadi perhatian khusus terhadap hasil *blending* yang telah dilakukan.

Dalam proses *blending* MFO LS 180 *Spect Export* dibutuhkan data dari masing-masing komponen (Tabel 3). Optimasi komponen pada parameter analisis sangat dibutuhkan dalam penelitian ini, sehingga diperlukan hasil analisis dari masing-masing komponen *blending*.

Densitas Campuran Hasil *Blending*

Kualitas MFO LS 180 *Export* utamanya ditentukan juga dengan nilai densitas yang dibatasi dengan batas maksimum 991 Kg/m³. Hasil dari simulasi *blending*, bahan utama *Short Residue* mempunyai *base* densitas yang cukup

tinggi sebesar 975 Kg/m³, maka perlu dilakukan simulasi optimasi nilai densitas *blending*, agar didapatkan hasil yang optimal. Selain itu, densitas merupakan indikator kualitas yang penting untuk bahan bakar otomotif, penerbangan, dan kelautan, yang memengaruhi penyimpanan, penanganan, dan pembakaran (Drews, 2008). Pada Tabel 4 terdapat data densitas dan pengaruhnya terhadap perubahan nilai densitas terhadap bahan *blending*.

Data hasil simulasi menunjukkan bahwa hasil dari *blending* densitas dari berbagai variasi menunjukkan hasil yang telah memenuhi spesifikasi, sehingga semua formulasi dapat digunakan menjadi bahan acuan pembuatan MFO LS 180 *Export*.

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin banyak persentase penambahan *SR* maka didapatkan nilai densitas yang tinggi. Untuk nilai densitas *Blending SR:ADO* dengan nilai persentase perbandingan (70:30) sama dengan *SR:KR* menunjukkan nilai yang relatif lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *KR* ke dalam *SR* memiliki dampak penurunan densitas yang signifikan. Untuk data *blending* ketiganya *SR:KR:ADO* dapat juga dilihat bahwa semakin banyak *KR*, maka densitas akan semakin turun. Hal ini disebabkan nilai densitas pada produk *KR*

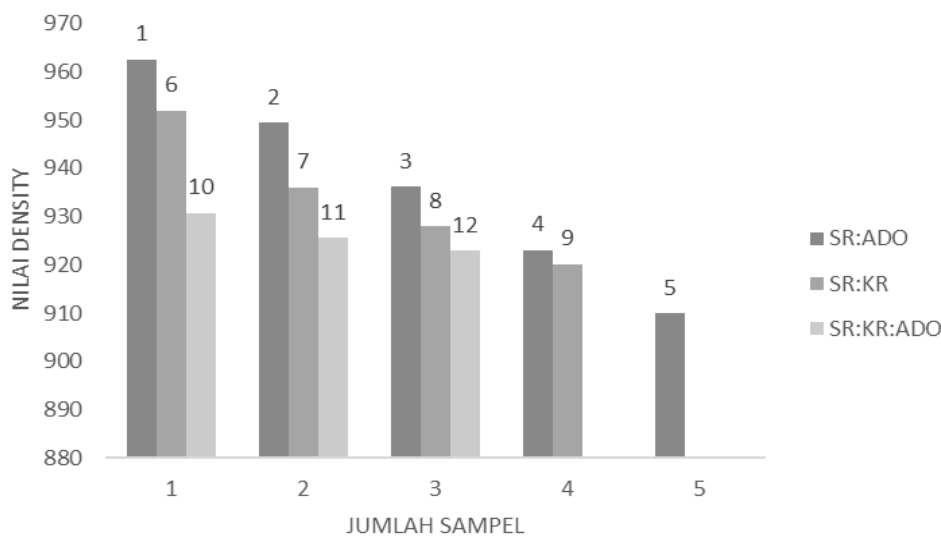
lebih rendah di dibandingkan dengan nilai densitas ADO dan SR, sehingga pada hasil *blending* didapatkan hasil yang lebih rendah.

Flash Point Blending

Flash Point adalah suhu terendah saat campuran uap bahan bakar dan udara dapat menyala sekejap, jika terkena pipa dan kondisi tertentu atau dapat menyambar saat dilewatkan api kecil di atasnya. Metode yang digunakan pada penentuan titik nyala adalah ASTM D-93 (*Designation: D93 – 20 Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester 1, t.t.*). Uji *Flash Point* ini biasanya

digunakan peraturan tingkat keselamatan dan pengiriman suatu bahan bakar (Yudandhiss dkk., 2022). Nilai *Flash Point* pada MFO Low Sulfur mempunyai batasan maksimum sebesar 60 °C. Hasil dari simulasi *blending Flash Point* tersaji pada Tabel 5.

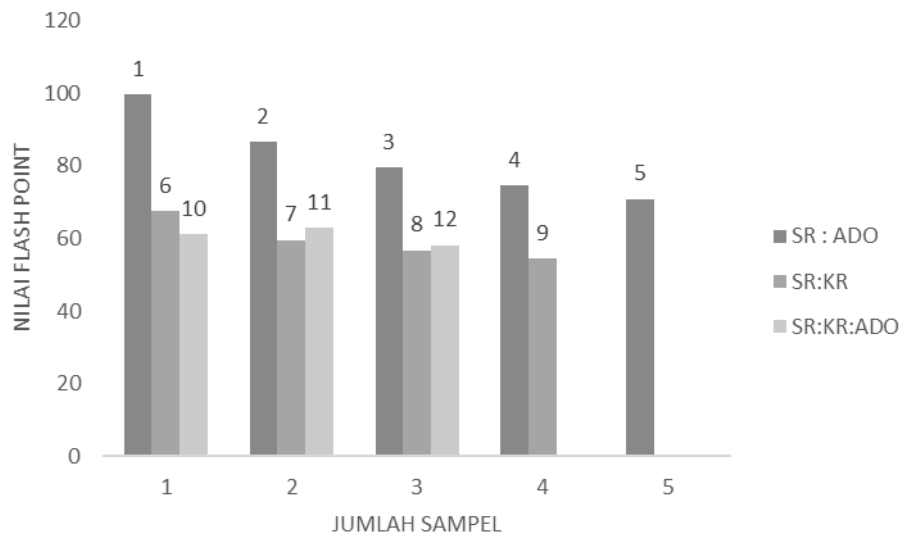
Dari hasil simulasi *blending Flash Point* menunjukkan bahwa terdapat beberapa formulasi *blending* yang memenuhi spesifikasi produk MFO 180 Low Sulfur untuk ekspor yaitu dengan formulasi 1,2,3,4,5,6,10, dan 11, sehingga sampel tersebut dapat digunakan sebagai bahan *blending* untuk pembuatan produk MFO 180 Low Sulfur.



Gambar 1. Grafik Data Densitas Hasil *Blending*

Tabel 5. Hasil Simulasi *Flash Point*

Formulasi	Komposisi			Hasil Simulasi <i>Flash Point</i> (°C)
	SR	KR	ADO	
1	90	-	10	99,6
2	80	-	20	86,6
3	70	-	30	79,5
4	60	-	40	74,6
5	50	-	50	70,9
6	85	15	-	67,5
7	75	25	-	59,6
8	70	30	-	56,8
9	65	35	-	54,6
10	70	20	10	61,2
11	65	15	20	63,1
12	65	25	10	58,2



Gambar 2. Grafik Data *Blending Flash Point*

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan ADO dalam SR, maka semakin menurunkan nilai *flash point*, dan penambahan KR di dalam SR menunjukkan bahwa semakin menurunkan nilai *flash point*. Penyebab penurunan nilai *flash point* paling signifikan disebabkan oleh KR dengan komposisi yang sama antara SR:ADO dan SR:KR nilai *flash point* SR:KR lebih kecil. Penurunan nilai *Flash Point* yang signifikan disebabkan oleh KR dan ADO, karena KR dan ADO mempunyai rentang didih dan nilai *initial boiling point* (IBP) yang rendah, sehingga didapatkan nilai *flash point* yang rendah pula. *Kerosene* (KR) mempunyai nilai *flash point* yang paling rendah, sehingga paling berperan terhadap penurunan nilai *flash point*.

Viskositas Kinematik Hasil *Blending*

Viskositas adalah ukuran resistensi dari cairan yang sedang mengalami deformasi akibat tegangan geser atau tegangan tarik. Untuk bahan bakar cair, semakin sedikit kental cairan, semakin besar kemudahan gerakannya. Proses pengapian pada mesin kompresi, nilai viskositas yang rendah lebih menguntungkan karena atomisasi lebih mudah dalam penyemprotan bahan bakar. Hali ini dapat mengurangi efek *engine ignition delay*. Di sisi lain, pada pompa bahan bakar mekanis, viskositas kinematik yang lebih tinggi menghasilkan pengurangan kebocoran bahan bakar, sehingga menyebabkan tekanan injeksi yang lebih tinggi pada bahan bakar yang di injeksikan (Giakoumis & Sarakatsanis, 2018). Viskositas bahan bakar minyak penting untuk estimasi penyimpanan, penanganan, dan kondisi Tabel 6. Hasil Simulasi *Viscosity Kinematic*

operasional yang optimal. Dengan demikian, penentuan viskositas yang akurat sangat penting untuk banyak spesifikasi produk (American Society for Testing and Materials, 2015). Nilai viskositas yang tinggi dapat menciptakan resistensi terhadap aliran, baik tegangan tarik maupun geser. Secara umum, viskositas yang tinggi dapat menyebabkan buruknya proses atomisasi dan penguapan bahan bakar, sehingga menghasilkan pembakaran yang buruk dan meningkatkan nilai emisi dari mesin (Sharma et al., 2024).

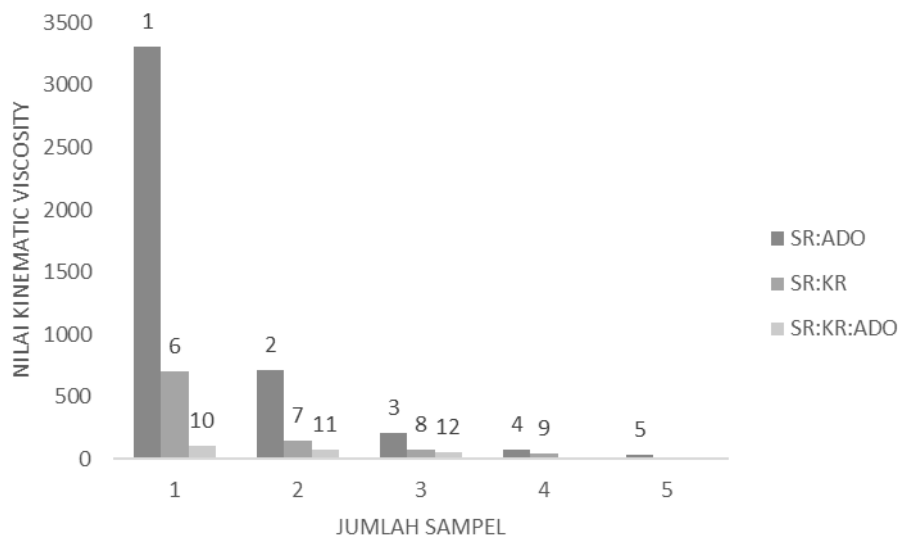
Pada MFO 180 *Low Sulphur* untuk diekspor ini nilai *viscosity kinematic* mempunyai batasan minimum 30 – maksimum 180 Cst pada suhu pengujian 50 °C. Hasil simulasi *blending* MFO 180 *Low Sulphur* terdapat pada Tabel 6.

Dari hasil simulasi *blending viscosity kinematic* hasil formulasi yang memenuhi spesifikasi adalah formulasi 4,5,7,8,9,10,11 dan 12, sehingga dapat digunakan untuk pembuatan MFO 180 *Low Sulfur*. Namun hasil dari beberapa parameter yang lainnya harus diperhatikan.

Dari data grafik *viscosity kinematic* menunjukkan bahwa penambahan ADO dan KR di dalam SR menurunkan angka viskositas secara linier, tetapi efektifitas bahan *blending* KR lebih baik dibandingkan ADO dengan komposisi SR yang sama. Penurunan nilai *viscosity kinematic* yang disebabkan oleh KR dan ADO merupakan produk dengan fraksi ringan (mempunyai rentang didih yang lebih rendah pada proses distilasi), sehingga memiliki ikatan hidrokarbon yang lebih pendek dibandingkan dengan SR, sehingga nilai *viscosity kinematic* yang diperoleh lebih rendah.

Tabel 6. Hasil Simulasi *Pour Point*

Formulasi	Komposisi			Hasil Simulasi
	SR	KR	ADO	Kin Vis (Cst)
1	90	-	10	3308,84
2	80	-	20	713,75
3	70	-	30	205,42
4	60	-	40	74,53
5	50	-	50	32,52
6	85	15	-	691,95
7	75	25	-	137,64
8	70	30	-	71,53
9	65	35	-	40,39
10	70	20	10	99,20
11	65	15	20	73,01
12	65	25	10	53,75

Gambar 3. Grafik Simulasi *Viscosity Kinematic*

Pour Point Blending

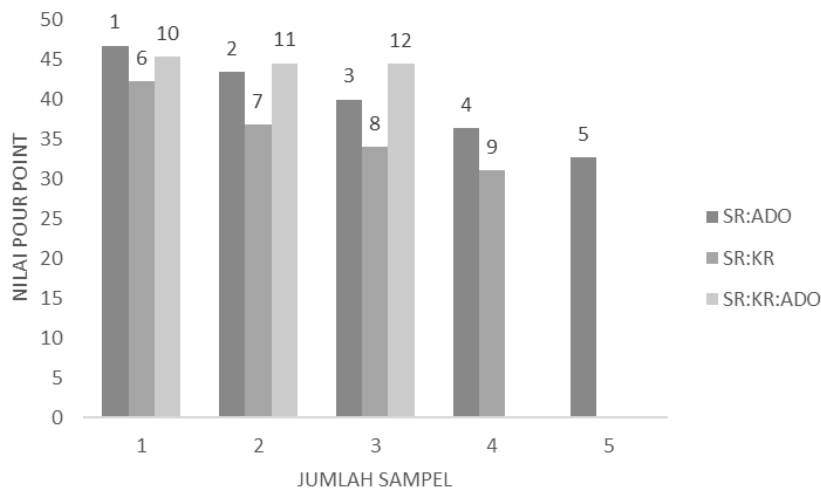
Pour point (titik tuang) adalah suhu terendah saat bahan bakar minyak masih dapat mengalir dengan sendirinya, pada kondisi pengujian. Kemudahan mengalir minyak dipengaruhi oleh komposisi hidrokarbon dalam bahan bakar itu. Kegagalan untuk mengalir pada titik tuang umumnya berhubungan dengan kandungan lilin dari minyak, tetapi dapat juga karena pengaruh viskositas minyak yang sangat kental. Bahan bakar yang banyak mengandung parafin (lilin) akan lebih mudah membeku dibanding dengan bahan bakar kandungan parafinnya rendah.

Struktur lilin yang berhubungan dengan pendinginan minyak, dapat diatasi dengan cara diberi tekanan relatif kecil (Yudandhiss et al., 2022). Dalam hal ini MFO 180 *Low Sulphur* mempunyai batasan *Pour Point* maksimum 30 °C.

Dari hasil simulasi *Pour Point* pada Tabel 7 menunjukkan bahwa tidak ada nilai *Pour Point* yang memenuhi spesifikasi yaitu maksimum 30 °C, tetapi dari data tersebut terdapat beberapa formulasi yang mendekati nilai spesifikasi yaitu 4,5,9,10,11, dan 12, oleh karena itu penelitian ini perlu dilanjutkan agar diperoleh hasil yang memenuhi spesifikasi.

Tabel 7. Hasil Simulasi *Pour Point*

Formulasi	Komposisi			Hasil Simulasi
	SR	K	ADO	<i>Pour Point</i> (°C)
1	90	-	10	46,8
2	80	-	20	43,4
3	70	-	30	40,0
4	60	-	40	36,4
5	50	-	50	32,8
6	85	15	-	42,3
7	75	25	-	36,9
8	70	30	-	34,0
9	65	35	-	31,1
10	70	20	10	36,1
11	65	15	20	35,2
12	65	25	10	33,2

Gambar 4. Grafik Simulasi *Pour Point* Blending

Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan KR pada bahan *blending* dapat menurunkan nilai *Pour Point* yang sangat signifikan dibandingkan dengan ADO, tetapi penambahan KR dan ADO yang berlebih berpengaruh terhadap penurunan nilai *Flash Point* dan *Viscosity Kinematic*. Hal ini terjadi karena pada ketiga parameter analisis di atas mempunyai nilai korelasi yang linier, sehingga nilai *Pour Point* di atas merupakan nilai *Pour Point* *blending* yang paling optimum.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa bertambahnya komposisi ADO dan KR dalam rasio *blending* menyebabkan penurunan

nilai densitas, *Flash Point*, *Viscosity Kinematic* dan *Pour Point*. Dalam penelitian ini didapatkan formula *blending* paling optimum yaitu pada formula 4,5,10, dan 11 yang memenuhi spesifikasi kritikal pada pembuatan produk MFO 180 LS, kecuali parameter *Pour Point* sehingga penelitian ini perlu untuk dilanjutkan dengan penurunan nilai *pour point*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih yang sebesar-besarnya peneliti ucapkan kepada PT XYZ yang telah memberikan fasilitas dan mendukung penelitian ini sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials. (2015). *D445-15a Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)*. 1–15. <https://doi.org/10.1520/D0445-19A>.In
- ASTM D341-03. (2003). Standard Test Method for Viscosity-Temperature Charts for Liquid Petroleum Products. *ASTM internasional*, 1–5. <http://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D341-03.htm>
- Billah, M. (t.t.). *Peningkatan Nilai Kalor Batubara Peringkat Rendah Dengan Menggunakan Minyak Tanah Dan Minyak Residu*.
- Boviatsis, M., Polemis, D.& Alexopoulos, A. (2022). An Assessment of the Most Sustainable Marine Fuel Based on the Present Regulatory Framework and Future Trends. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*, 12(2), 43–52. <https://doi.org/10.17265/2159-5879/2022.02.002>
- Cutting, G. A. G., & Haverly, C. A. (1995, September 1). A system for optimizing the scheduling and blending of crudes. *OSTI.GOV*.
- Designation: D93 – 20 Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester 1.* (t.t.). <https://doi.org/10.1520/D0093-20>
- Drews, A. (2008). Standard Practice for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method. *Manual on Hydrocarbon Analysis, 6th Edition, Reapproved 2017*, 252-252–255. <https://doi.org/10.1520/mnl10866m>
- Giakoumis, E. G., & Sarakatsanis, C. K. (2018). Estimation of biodiesel cetane number, density, kinematic viscosity and heating values from its fatty acid weight composition. *Fuel*, 222(February), 574–585. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.187>
- Ginting, K. K. B., Sarungu, S., & Sanjaya, A. S. (2018). Optimasi Pembuatan Marine Diesel Oil (MDO) untuk Meningkatkan Profit Kilang Pertamina RU V Balikpapan. *Jurnal Chemurgy*, 1(2), 22. <https://doi.org/10.30872/cmg.v1i2.1141>
- Hasna, G. R., & Salsabila, H. (2019). Proses Treatment Marine Fuel Oil (MFO) sebagai Bahan Bakar pada Mesin Diesel. *Jurnal Kompetensi Teknik* 11(1).
- Jin, C., Sun, T., Ampah, J. D., Liu, X., Geng, Z., Afrane, S., Yusuf, A. A., & Liu, H. (2022). Comparative study on synthetic and biological surfactants' role in phase behavior and fuel properties of marine heavy fuel oil-low carbon alcohol blends under different temperatures. *Renewable Energy*, 195, 841–852. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.088>
- Nelyubov, D. V., Fakhrutdinov, M. I., Sarkisyan, A. A., Sharin, E. A., Ershov, M. A., Makhova, U. A., Makhmudova, A. E., Klimov, N. A., Rogova, M. Y., Savelenko, V. D., Kapustin, V. M., Lobashova, M. M., & Tikhomirova, E. O. (2023). New Prospects of Waste Involvement in Marine Fuel Oil: Evolution of Composition and Requirements for Fuel with Sulfur Content up to 0.5%. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/jmse11071460>
- Pappos, N., & Skjölsvik, K. O. (2002). The European marine fuel market - present and future. *ENSUS 2002, International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability, November 2002*.
- Parkhomchuk, E. V., Fedotov, K. V., Lysikov, A. I., Polukhin, A. V., Vorobyeva, E. E., Shamanaeva, I. A., Sankova, N. N., Shestakova, D. O., Reshetnikov, D. M., Volf, A. V., Kleymenov, A. V., & Parmon, V. N. (2023). Catalytic hydroprocessing of oil residues for marine fuel production. *Fuel*, 341. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.127714>
- Pertamina, onesolution. (2019). *Spesifikasi LSFO 180*. https://onesolution.pertamina.com/Product/Download?filename=20201216033337atc_Spesifikasi%20LSFO%20180_380.pdf
- Rizqi, E. Y., & Naryono, E. (2023). Studi Literatur Potensi Blending Residu Oil Mbc

- Ptcf Untuk Mfo Low Sulphur Sebagai Bahan Bakar Kapal Di Pt. Pertamina. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 381–390. <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.121>
- Saleh, A., & Darmana, E. (2021). Peran Perawatan Marine Fuel Oil (Mfo) Guna Menjaga Kinerja Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal Tetap Optimal. *National Seminar on Maritime and Interdisciplinary Studies*, 3(1), 7–11.
- Sharma, V., Kalam Hossain, A., Griffiths, G., Cherukkattu Manayil, J., Vinu, R., & Duraisamy, G. (2024). Investigation of anaerobic digested pyrolysis oil and waste derived biodiesel blends as sustainable fuel for marine engine application. *Fuel*, 357. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.129935>
- Uhler, A. D., Stout, S. A., Douglas, G. S., Healey, E. M., & Emsbo-Mattingly, S. D. (2016). Chemical Character of Marine Heavy Fuel Oils and Lubricants. Dalam *Standard Handbook Oil Spill Environmental Forensics: Fingerprinting and Source Identification: Second Edition* (hlm. 641–683). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809659-8.00013-9>
- Van, T.C, Ramirez, J., Rainey, T., Ristovski, Z., & Brown, R. J. (2019). Global impacts of recent IMO regulations on marine fuel oil refining processes and ship emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 70, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.04.001>
- Yoeswono, Y., Purwanto, D., & Puspaningrum, D. K. (2022). Perengkahan Residu Minyak Bumi PPSDM Migas Dengan Metode Aquathermolysis. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 4(1). <https://doi.org/10.37525/mz/2022-1/366>
- Yudandhiss, C. D. R., Salmahaminati, & Sahadad. (2022). Quality Assurance on Pour Point ASTM D-97, Flash Point ASTM D-93 and Kinematic Viscosity ASTM D-445 at PPSDM Migas Cepu Petroleum Laboratory. *IJCR (Indonesian Journal of Chemical Research)*, 7(1), 17–26.