

Studi Karakteristik Sifat Kimia Fisika Bahan Bakar Mfo (Marine Fuel Oil) Dan Dampaknya Terhadap Kualitas Pembakaran Pada Mesin Induk Di Kapal

Nafi Almuzani^{1*}, Yuni Mariah², Markus Yando³

^{1,2,3}Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta
nafistip72@gmail.com

Abstract

Fuel is an important factor in the smooth operation of ships. MFO (Marine Fuel Oil) fuel is widely used as a main propulsion engine fuel because the price is cheaper compared to other fuel oils. In the combustion process, to produce high heat of combustion so as to produce maximum efficiency, one must know the characteristics of the fuel such as physical properties of the fuel and the elements contained therein. The properties of the fuel include specific gravity, viscosity, sulfur content, carbon content C, water content, freezing point, flash point, and ash content. The purpose of this study is to identify the characteristics of MFO (Marine Fuel Oil) fuel and its effect on combustion in the main propulsion engine. The research was carried out by studying the literature and collecting data on objects through observation, interviews and using documentation taking pictures directly on the ship. The results of this study indicate By knowing the important parts of the fuel characteristics, the quality of the fuel can be known to produce a perfect main engine combustion process and produce optimal efficiency.

Keywords: Fuel Characteristics, Complete Combustion, Usability, MFO (Marine Fuel Oil)

Abstrak

Bahan bakar adalah faktor penting dalam kelancaran pengoperasian kapal. Bahan bakar MFO (Marine Fuel Oil) banyak digunakan sebagai bahan bakar mesin penggerak utama karena harganya lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar minyak lainnya. Pada proses pembakaran, untuk menghasilkan kalor pembakaran yang tinggi sehingga menghasilkan daya guna yang maksimal salah satunya harus mengetahui karakteristik kimia fisika seperti sifat-sifat fisik bahan bakar dan unsur-unsur yang terkandung di dalamnya. Sifat-sifat bahan bakar meliputi berat jenis, kekentalan, kadar belerang, kadar zat arang C, kadar air, titik beku, titik nyala, dan kadar abu. Karakteristik Marine Fuel Oil (MFO) sebagai bahan bakar residu berat sangat menentukan keandalan dan efisiensi mesin induk kapal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik sifat kimia fisika bahan bakar MFO (Marine Fuel Oil) dan dampaknya terhadap kualitas pembakaran bakar pada mesin penggerak utama. Penelitian dilakukan dengan studi literature dan mengumpulkan data terhadap obyek melalui observasi, wawancara serta menggunakan dokumentasi pengambilan gambar secara langsung di kapal. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan mengetahui bagian-bagian penting dari karakteristik bahan bakar maka kualitas bahan bakar dapat diketahui untuk menghasilkan proses pembakaran mesin induk yang sempurna meliputi tahap persiapan pembakaran (atomisasi, penguapan, pencampuran), reaksi pembakaran, emisi gas buang, ketahanan material mesin, sehingga menghasilkan daya guna yang optimal.

Kata Kunci : Karakteristik Kimia Fisika Bahan Bakar, Pembakaran Sempurna, Daya Guna, Bahan Bakar MFO
Copyright (c) 2026 Nafi Almuzani, Yuni Mariah, Markus Yando

✉ Corresponding author: Nafi Almuzani

Email Address: nafistip72@gmail.com (Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta)

Received 10 Agustus 2026, Accepted 18 Agustus 2026, Published 28 Agustus 2026

PENDAHULUAN

Kapal merupakan suatu alat transportasi laut yang digunakan untuk mengangkut barang atau orang dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lainnya, dalam keadaan selamat, aman, dan tepat waktu. Salah satu komponen penting penggerak kapal adalah bahan bakar minyak (BBM). Bahan bakar minyak digunakan untuk menggerakkan mesin diesel sehingga menghasilkan daya dorong penggerak kapal.

Sebagai upaya menunjang kelancaran operasional kapal tersebut, terdapat beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan dalam mempergunakan bahan bakar MFO (Marine Fuel Oil). Hal ini

dikarenakan bahan bakar tersebut harganya lebih murah dibandingkan dengan harga minyak solar yang dipergunakan sebagai bahan bakar mesin penggerak utama. Dengan mempergunakan bahan bakar MFO Perusahaan akan menghemat biaya bahan bakar yang cukup besar.

Kualitas bahan bakar yang baik dapat menghasilkan proses pembakaran yang sempurna sehingga mampu meningkatkan tenaga yang dihasilkan oleh mesin induk. Penurunan kualitas bahan bakar dapat disebabkan oleh salah satu faktor, yaitu kandungan bahan bakar yang kurang baik.

Untuk dapat mempergunakan bahan bakar secara baik dan menghasilkan kalor pembakaran yang tinggi, sehingga daya guna dari mesin dapat maksimal, maka setiap operator harus mengetahui sifat-sifat dari bahan bakar tersebut, juga unsur-unsur apa yang terkandung di dalamnya. Dengan begitu dapat dilaksanakan pemakaian secara tepat, dan bagian-bagian apa yang menghasilkan panas berguna, atau zat-zat apa yang merugikan terkandung di dalam bahan bakar serta harus dihilangkan.

Judul penelitian ini adalah “Studi Karakteristik Sifat Kimia Fisika Bahan Bakar MFO (Marine Fuel Oil) dan Dampaknya Terhadap Kualitas Pembakaran pada Mesin Induk di Kapal”.

Dalam dunia perkapalan, bahan bakar minyak yang digunakan diantaranya Heavy Fuel Oil (HFO), Medium Fuel Oil (MFO), dan Intermediate Fuel Oil (IFO) (MAN B & W., 2010). MFO merupakan BBM yang bukan termasuk jenis distillate, tetapi termasuk jenis residu yang lebih kental pada suhu kamar serta berwarna hitam pekat. Minyak jenis ini memiliki tingkat kekentalan yang tinggi dibandingkan minyak diesel. Mutu MFO yang baik harus memenuhi batasan sifat-sifat yang tercantum pada spesifikasi dalam segala cuaca. Karena secara umum bahan bakar MFO hanya dapat dipompa dan diatomisasikan setelah melalui pemanasan terlebih dahulu. Pemakaian BBM jenis ini umumnya untuk pembakaran langsung pada industri besar dan digunakan sebagai bahan bakar untuk steam power station serta harganya lebih murah dari pada HFO (Simatupang, 2018).

Adapun jenis-jenis bahan bakar minyak yang sering dipergunakan di kapal antara lain sebagai berikut :

1. Minyak solar (HSD – High Speed Diesel)

Minyak solar adalah minyak cair jenis destilasi (suling) berwarna kuning coklat yang jernih. Minyak ini pada umumnya dipergunakan sebagai bahan bakar pada hampir semua jenis motor diesel. Disamping itu dipergunakan juga sebagai bahan bakar untuk pengopakan langsung di dalam dapur-dapur ketel kecil dimana diinginkan pembakaran yang bersih.

2. Minyak diesel adalah bahan bakar minyak jenis destilasi yang mengandung bagian-bagian yang lebih berat dibanding kan minyak solar dan warnanya hitam (gelap) tetapi tetap cair pada suhu rendah. Minyak diesel ini sering dipergunakan untuk menggerakkan mesin-mesin penggerak utama (pada saat melakukan olah gerak), mesin-mesin bantu dan juga dapur-dapur ketel pada pembakaran pendahuluan (pertama), dimana ketel-ketel tersebut baru selesai dan dibakar pada waktu yang relatif tidak lama untuk memudahkan pembakarannya.

3. Minyak residu (MFO-Marine Fuel Oil)

Minyak residu adalah minyak yang lebih kental dimana titik nyala yang dimilikinya lebih tinggi dari pada minyak diesel dan warnanya hitam gelap. Minyak (MFO) residu ini banyak dipergunakan sebagai bahan bakar untuk mesin-mesin penggerak kapal, dimana dari segi ekonomi bahan bakar minyak tersebut dipertimbangkan. Misalnya diperhitungkan dari harga yang lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar minyak yang lainnya.

Minyak residu adalah termasuk minyak berat dimana minyak tersebut mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak-minyak lainnya sebagai penggerak mesin-mesin kapal. Berat jenis minyak residu lebih kurang 0,97 – 0,99 . Minyak residu mempunyai titik nyala lebih besar dari 65 derajat C; maka bahan bakar tersebut sangat cocok atau sesuai dengan keadaan dikapal, hal ini menjamin keamanan atau mengurangi terjadinya bahaya kebakaran.

4. Nilai Pembakaran

Bahan bakar cair pada umumnya terdiri dari unsur-unsur zat arang C, zat air H, zat asam O, zat lemas N, zat belerang S dan lain-lainnya. Setiap bahan bakar mempunyai persentase dan komposisi yang berbeda akan unsur-unsur yang terkandung di dalamnya.

Nilai pembakaran setiap kilogram bahan bakar sangat terkandung dari persentase unsur-unsur tersebut di atas, selain itu bahan sering pula mengandung kotoran-kotoran, air atau abu yang sangat merugikan. Sebab zat-zat yang terakhir ini mengurangi nilai-nilai pembakaran suatu bahan bakar.

5. Spesifikasi Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan minyak mentah berbentuk cairan berwarna coklat tua yang tersusun atas berbagai macam senyawa atau campuran hidrokarbon dalam jumlah yang kompleks. Elemen utama bahan bakar mengandung hidrokarbon yang terdiri unsure karbon dan hidrogen.

Sifat-Sifat Bahan Bakar:

1. Berat Jenis (Specific Gravity)

Berat jenis merupakan nilai perbandingan antara berat bahan bakar minyak dan berat air pada volume yang sama, dengan pengukuran dilakukan pada suhu yang setara, yaitu 60°F.

Bahan bakar minyak mempunyai berat jenis yang berbeda-beda antara satu dan yang lainnya, tetapi pada umumnya berat jenisnya kurang dari pada 1 (satu). Berat jenis suatu bahan bakar menentukan tinggi rendahnya nilai kalori dari bahan bakar tersebut.

2. Viskositas (Derajat kekentalan)

Viskositas merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat hambatan suatu bahan bakar minyak cair terhadap aliran serta besarnya tahanan geser internal yang dimilikinya. Semakin tinggi nilai viskositas suatu bahan bakar, semakin besar pula tahanan geser internal yang terjadi sehingga alirannya menjadi lebih sulit. Viskositas ditentukan dengan mengukur waktu yang diperlukan oleh sejumlah volume zat cair untuk mengalir melalui lubang atau kapiler pada viskometer.

Dalam menyajikan nilai viskositas, perlu dicantumkan jenis viskometer yang digunakan serta suhu zat cair pada saat proses pengukuran dilakukan. Bahan bakar minyak yang encer dikatakan viscositasnya rendah, sebaliknya bahan bakar minyak yang kental dikatakan viscositasnya tinggi.

3. Kadar Belerang S (sulphur)

Belerang ini terdapat pada semua bahan bakar minyak dalam jumlah yang sedikit. Sekalipun demikian berhubung belerang ini sifatnya sangat merusak maka pembatasan dari banyaknya belerang adalah sangat penting di dalam spesifikasi bahan bakarnya. Selama terjadi proses pembakaran belerang ini beroksidasi menjadi belerang dioksida (SO_2) atau belerang tri oksida (SO_3). Asam-asam belerang oksida ini ialah bahan-bahan yang sangat merusak/ memakan pada logam-logam terutama bila bercampur dengan air.

Hal ini sangat penting bagi bahan bakar minyak yang akan digunakan untuk mesin-mesin penggerak dan mesin bantu di kapal. Bahan bakar dengan kadar belerang lebih dari 1,5% akan mengakibatkan tingkat korosi yang tinggi. Pada saat bunker diusahakan persentase belerang yang diminta mempunyai kandungan belerang yang rendah.

4. Kadar Zat Arang C (Carbon)

Pemeriksaan kandungan karbon pada bahan bakar minyak perlu dilakukan untuk mengetahui potensi terbentuknya residu karbon atau arang selama proses pembakaran. Keberadaan residu tersebut dapat menyebabkan terbentuknya endapan atau kerak pada injektor mesin diesel sehingga berpotensi mengganggu kinerja dan efisiensi proses pembakaran. Selain itu kerak-kerak arang yang menempel pada katup buang dan pegas-pegas torak dapat mengakibatkan kerja mesin kurang sempurna.

5. Kadar Air (Water Content)

Kandungan air dalam bahan bakar minyak pada umumnya relatif rendah, termasuk pada jenis bahan bakar HPO. Air ini tidak dikehendaki karena menurunkan nilai pembakaran, sehingga secara praktis meningkatkan pemakaian bahan bakar. Air yang banyak di dalam bahan bakar minyak akan menyebabkan terganggunya pada mesin-mesin diesel atau api pembakaran di ruang dapur ketel. Jadi air di dalam minyak diusahakan dihilangkan atau kadarnya ditekan serendah mungkin. Kemungkinan air tercampur di dalam bahan bakar karena kurang bersihnya tangki pada saat suatu kapal mengadakan tank cleaning atau pembuangan ballast sehingga masih ada sedikit air yang akibatnya tercampur dengan bahan bakar.

6. Titik Beku (Pour Point)

Titik beku bahan bakar minyak cair merupakan suhu terendah pada saat bahan bakar tersebut masih mampu mengalir akibat pengaruh beratnya sendiri. Meskipun demikian, bahan bakar minyak dalam kondisi tertentu masih dapat dipompa pada suhu yang berada di bawah titik beku. Penentuan titik beku menjadi penting karena berkaitan dengan kondisi penyimpanan, penimbunan, serta penggunaan bahan bakar minyak agar proses pengoperasiannya dapat berlangsung secara optimal. Perlu adanya penataan peralatan pemanas pada tangki bahan bakar yang dikaitkan dengan rute pelayaran, untuk daerah tropis peralatan pemanas tidak diperlukan, kecuali/ pada bahan bakar minyak berat. Bila titik

beku suatu minyak lebih besar dari 0-5 derajat Celcius, maka keadaan ini menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut mengandung banyak kadar parafine. Parafaine bila didinginkan akan menjadi kerak di bagian dalam dari pengabut dan pompa bahan bakar sehingga dapat menyulitkan dan menutup saluran bahan bakar.

7. Titik Nyala (Flash point)

Titik nyala bahan bakar minyak merupakan suhu terendah pada saat uap bahan bakar yang berada di permukaannya dapat menyala secara singkat ketika didekatkan pada sumber api. Parameter ini penting untuk diperhatikan karena berkaitan dengan aspek keselamatan dalam proses penyimpanan dan pengangkutan bahan bakar minyak, khususnya dalam meminimalkan risiko terjadinya kebakaran.

8. Kadar Abu (Ash content)

Kadar abu adalah bagian-bagian dari bahan bakar minyak yang tersisa dari suatu pembakaran. Kadar abu ini berasal dari bahan bakar minyak sendiri dan di dapat juga dari karat-karat, kotoran, pasir-pasir dalam tangki bahan bakar, juga dalam pipa-pipa per jalanan bahan bakar minyak mulai dari saat pesuplaian ke kapal sampai ke pemakaian mesin-mesin. Abu dari bahan bakar minyak mengandung banyak bagian dapat membentuk pasta yang tajam dimana dapat memacetkan pegas-pegas torak bila kena panas, serta menimbulkan pengausan dari pegas-pegas torak dan pelapis silinder.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini digunakan dengan deskriptif kualitatif yang menggambarkan, menjelaskan, dan menganalisis secara mendalam fenomena yang berkaitan dengan karakteristik kimia fisika Marine Fuel Oil (MFO) serta dampaknya terhadap kualitas pembakaran mesin induk kapal berdasarkan data dan teori yang telah ada. Jenis data yang diperoleh adalah Primer dan Sekunder dengan menggunakan teknik pengumpulan data dari Interview, Observasi, dan Studi Pustaka. Kemudian Teknik Pembahasan dalam penelitian ini adalah pembahasan diskriptif yaitu teknik untuk membuat gambaran atau deskripsi secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai suatu obyek yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kajian dari berbagai literature, dokumen teknis, standar internasional dan hasil pengamatan di kapal, berikut ini adalah karakteristik sifat kimia bahan bakar serta dampaknya terhadap proses pembakaran mesin induk.

1. Kadar Air dan Sedimen

Kadar air dan sedimen tidak hanya menurunkan nilai kalor tetapi juga berpotensi menyumbat filter dan nosel injector.

Bahan bakar minyak juga selalu mengandung air, walaupun kadarnya rendah, bahan bakar minyak senantiasa dijaga agar kadar air tadi serendah mungkin. Air tidak langsung mengakibatkan kerusakan di dalam motor, namun air tidak dikehendaki sebab air mengurangi nilai pembakaran dan dengan demikian meningkatkan pemakaian bahan bakar yang sebenarnya. Pengurangan nilai pembakaran yang

disebabkan adanya air ini telah disinggung sebelumnya. Air di dalam silinder juga tidak dapat dikompresikan. Apalagi apabila dalam jumlah yang cukup banyak akan membahayakan karena akan menimbulkan suatu kerusakan di dalam mesin tersebut. Jika bahan bakar diisap dari tangki dasar berganda, maka bahan bakar harus dipompa dahulu di tangki endap (*settling tanks*) sebelum bahan bakar tadi dipakai di dalam ruang pembakaran. Kadar air dan sedimen tidak hanya menurunkan nilai kalor juga berpotensi menyumbat filter dan nosel injektor.

Kandungan air pada minyak bakar jenis residu umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan minyak solar. Keberadaan air dalam bahan bakar dapat memengaruhi karakteristik fisik, khususnya warna minyak, serta mempermudah terlarutnya berbagai zat pengotor sehingga menyebabkan kualitas bahan bakar menurun. Selain itu, kandungan air dapat meningkatkan risiko terjadinya korosi, terutama pada bagian dasar tangki penyimpanan. Oleh karena itu, tangki bahan bakar umumnya dilengkapi dengan saluran pembuangan (*drain*) untuk mengeluarkan air yang terakumulasi.

Air didalam batu bara dan gas alam mempengaruhi kelembaban / moisture

Di dalam beberapa keadaan, pemisahan air ini tidak berjalan dengan mudah dan khusus untuk bahan bakar yang banyak mengandung parafin dimana unsur-unsur susunan parafin yang amat kental itu menutup sekeliling bagian-bagian kecil dari air dan merintanginya untuk mengendap. Di dalam bahan bakar yang demikian itu kemungkinan terjadi bahwa tiba-tiba mesin untuk beberapa saat hanya menerima air. Pada dapur-dapur ketel hal ini tidak begitu mengganggu, sebab penembokan dari batu-batu tahan api masih akan tetap panas untuk menyalakan lagi bahan bakar yang datang kemudian, tetapi pada motor diesel kemungkinan motor akan dapat berhenti seketika. Karena itu untuk bahan bakar minyak yang mengandung banyak parafin maka atas alasan ini sudah dianjurkan untuk memanaskan dalam tangki-tangki endap dan dengan demikian mempercepat pemisahan air. Dalam penggunaan bahan bakar pada motor, kadar air yang diperbolehkan umumnya dibatasi hingga sekitar 1% untuk menjaga kualitas dan mendukung kelancaran proses pembakaran.

Dapat dinyatakan bahwa keberadaan air dalam sistem bahan bakar dapat memicu pengumpulan senyawa hasil oksidasi dari bahan bakar minyak maupun minyak pelumas. Selain itu, air dalam bentuk butiran halus yang terbentuk akibat kondensasi gas hasil pembakaran dapat menyebabkan terbentuknya endapan pada komponen terkait dan dapat menimbulkan sumbatan-sumbatan dari saringan-saringan minyak pelumas.

Sekarang kapal selalu memasang alat- alat pemisah air dari bahan bakar khususnya di kapal-kapal motor yang lebih besar, Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi kandungan air serta menghilangkan berbagai kotoran atau kontaminan yang terdapat dalam bahan bakar. Selain itu, pemanasan pada tangki pengendapan bahan bakar berperan dalam menurunkan kadar air sehingga kualitas bahan bakar dapat dipertahankan.

Setelah mengetahui sifat-sifat dari bahan bakar, maka harus diadakan pemisahan pekotoran-kotoran yang akan menyumbat lubang-lubang pengabut sebelum masuk ke dalam ruang pembakaran. Bercampurnya kotoran-kotoran ini dengan minyak dapat disebabkan karena karat-karat yang terlepas

di dalam tangki bahan bakar, pipa-pipa dan juga dari bahan-bahan yang terkandung di dalam minyak itu sendiri. Kemungkinan kotoran atau air dapat terbawa dari kapal-kapal pengangkut minyak dimana pada saat kapal tadi mengadakan tank cleaning tidak dapat secara benar-benar bersih. Air di dalam bahan bakar minyak sangat tidak dikehendaki, terutama air laut. Selain air tadi menurunkan nilai kalori pembakaran bahan bakar juga air menyebabkan gangguan pada sistem bahan bakar.

2. Berat Jenis

Bahan bakar dipanasi melewati site yang telah ditentukan, jadi secara otomatis berat jenis menjadi lebih rendah. Tetapi ternyata pembakaran menjadi tidak sempurna, karena bahan bakar lebih cepat menguap yang menyebabkan pembakaran terlalu cepat dan mesin menjadi lebih panas. Temperatur yang terlalu rendahpun mengakibatkan penguapan bahan bakar terlambat, dan mempengaruhi pembakaran. Densitas tinggi memperburuk masalah karena mempengaruhi pola semprotan dan kinerja sistem injeksi.

3. Viskositas

Viskositas bahan bakar berpengaruh terhadap hasil pembakaran bahan bakar. Viskositas yang tinggi menghambat atomisasi karena gaya gesek internal besar menyebabkan bahan bakar sulit dipecah menjadi partikel halus saat melewati nosel injector. Semprotan yang kasar menghasilkan tetesan besar dengan rasio luas permukaan terhadap volume yang kecil, memperlambat penguapan dan pencampuran dengan udara. Kondisi ini memperpanjang ignition delay dan menggeser pembakaran ke fase ekspansi, menurunkan tekanan efektif rata rata dan efisiensi termal. Viskositas yang tinggi tidak menguntungkan sepanjang viscositas tersebut mempersulit pemompaan dari bahan bakar minyak dan (pada pengabutan tekan) bisa menimbulkan tekanan-tekanan pengabutan yang tinggi, juga kerja jarum-jarum pengabut yang diperlambat dan pengabutan yang buruk. Untuk menurunkan viscositas yang tinggi dapat dilaksanakan dengan pemanasan dari bahan bakar tersebut.

4. Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik nyala suatu bahan bakar berbeda dengan titik nyala pada bahan bakar yang berbeda pula. Pembakaran bahan bakar dapat terjadi terlalu cepat atau terlambat apa bila pemakaian bahan bakar tidak sesuai dengan yang telah ditetapkan. Apabila suatu motor memakai suatu bahan bakar yang mempunyai titik nyala yang rendah, maka akan dapat menimbulkan penyalaan yang terlalu cepat, dan oleh karenanya jalan motor menjadi tersentak-sentak, sedang apabila memakai bahan bakar yang mempunyai titik nyala terlalu tinggi akan mengakibatkan pengotoran dan pembakaran susulan, serta pemanasan lanjut terhadap torak-torak dan silinder-silinder.

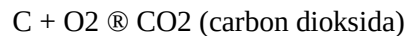
Pemakaian bahan bakar harus disesuaikan beberapa titik nyala dari bahan bakar yang sudah ditentukan, Juga faktor -faktor lainnya harus diperhatikan dengan sebaik-baiknya.

5. Arang Karbon

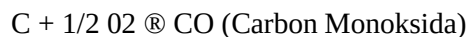
Karbon residu yang tinggi mengindikasikan kecenderungan bahan bakar membentuk jelaga dan endapan karbon. Pembakaran tidak sempurna menghasilkan partikel karbon yang menempel pada

dinding ruang bakar, katub buang, dan nozzle ring turbocharger. Endapan ini mengganggu aliran gas buang, menurunkan efisiensi turbocharger dan dapat menyumbat saluran.

Banyaknya sisa karbon yang tidak terbakar membuktikan bahwa terjadi pembakaran tidak sempurna. Hal ini selain mempengaruhi besarnya nilai kalor yang dihasilkan selama proses pembakaran juga menyebabkan jelaga/endapan karbon diruang bakar. Reaksi pembakaran karbon diharapkan sempurna, apabila semua oksigen yang diperlukan dalam pembakaran dapat membakar habis karbon yaitu karbon bersenyawa dengan oksigen membentuk carbondioksida.



Bila banyak oksigen (dalam udara) kurang untuk mengadakan pembakaran sempurna terhadap karbon, maka reaksi pembakaran menjadi tidak sempurna.



Pada pembakaran tidak sempurna panas yg dihasilkan kurang atau ada kerugian kalor. Selain mengalami reaksi tersebut, karbon juga dapat mengalami reaksi sebaliknya, yaitu berperan sebagai reduktor terhadap bahan bakar yang seharusnya mengalami proses pembakaran. Reaksi tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$CO + C \rightarrow 2 CO$ (Carbon Monoksida) Adanya pembakaran tidak sempurna dapat dikenali dengan warna gas buang yang hitam.

6. Belerang atau Sulfur Pada Bahan Bakar

Regulasi IMO MARPOL Annex VI yang mulai berlaku 2020 membatasi kadar sulfur bahan kapal maksimum 0,5 % mendorong peralihan dari HSFO (High Sulphur Fuel Oil ke VLSFO (Very Low Sulphur Fuel Oil).

Sulfur dalam MFO teroksidasi menjadi SO_2 dan SO_3 selama pembakaran. SO_3 bereaksi dengan uap air (dari kelembaban udara atau hasil pembakaran hidrogen) membentuk asam sulfat (H_2SO_4). Pada suhu di bawah titik embun asam (sekitar 140 – 160 derajat celcius), asam sulfat mengembun pada permukaan liner silinder dan ring piston menyebabkan korosi suhu rendah yang mempercepat keausan.

Apabila bahan bakar minyak yang mengandung belerang mengalami pembakaran, akan menghasilkan gas oksida belerang yang kemudian dapat bereaksi dengan uap air dari gas hasil pembakaran dan membentuk senyawa asam belerang. Pembentukan asam belerang seperti ini tentunya terjadi juga di dalam silinder-silinder motor. Pada suhu motor yang rendah, (pada saat menggerakkan mesin-mesin yang dingin) Kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya korosi pada permukaan logam, terutama ketika komponen berada pada temperatur yang tinggi (pada saat mesin panas) dapat menghancurkan lapisan-lapisan minyak pelumas. Dengan begitu dapat diambil kesimpulan bahwa belerang dalam kadar yang tinggi dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan.

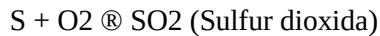
Sulfur atau belerang merupakan salah satu unsur yang terdapat dalam bahan bakar, dengan kandungan yang umumnya berkisar antara 0,2–5%. Semakin tinggi kadar sulfur dalam bahan bakar, semakin besar pula pengaruhnya terhadap berbagai aspek dalam proses pembakaran dan kinerja mesin, antara lain:

Kecepatan pembentukan kerak sulfat

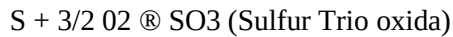
Kecepatan korosi

Kecepatan pembentukan sludge dan sediment

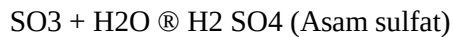
Dalam pembakaran, belerang akan beraksi dengan oksigen



Hasil SO_2 yang terjadi akan cepat berubah menjadi SO_3 dengan adanya oksigen lebih dalam gas buang.



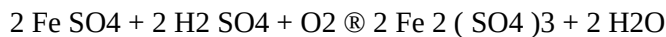
- a. Dalam keadaan lembab (uap air – hasil pembakaran Hydrogen) menyebabkan terjadinya asam yang akan mengakibatkan terjadinya korosi karena temperatur rendah.



- b. Reaksi korosi yang paling tidak diharapkan adalah sebagai berikut : $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2$

Ferro Sulfat

Dan akan sangat mungkin ferro sulfat teroksidasi membentuk ferri sulfat .



Ferri Sulfat Garam - garam tersebut akhirnya akan membentuk kerak yang menempel di daerah konveksi (fouling) dan di tube air heater.

Selain kondisi tersebut, sifat belerang juga dapat memberikan pengaruh terhadap sistem gas buang. belerang dapat mengalami kondensasi pada temperatur sekitar **130°C**, sehingga berpotensi menyebabkan terbentuknya endapan yang dapat menyumbat saluran atau *tube* pada **air heater**.

KESIMPULAN

1. Untuk dapat mempergunakan bahan bakar secara baik dan menghasilkan kalor pembakaran yang tinggi, sehingga daya guna dari mesin dapat maksimal, maka setiap operator harus mengetahui sifat-sifat dari bahan bakar tersebut, juga unsur-unsur apa yang terkandung di dalamnya
2. Dengan mengetahui bagian-bagian penting dari karakteristik sifat kimia fisika bahan bakar akan mengetahui dampaknya terhadap kualitas pembakaran mesin induk kapal yang meliputi tahap persiapan pembakaran (atomisasi, penguapan, pencampuran), reaksi pembakaran, emisi gas buang, ketahanan material mesin.
3. Kualitas bahan bakar yang baik dapat ditunjukkan melalui kemampuannya menghasilkan proses pembakaran yang optimal pada mesin induk, sehingga mampu menghasilkan daya guna mesin secara maksimal.
4. Penurunan kualitas bahan bakar dapat berdampak pada kinerja mesin induk, yaitu menyebabkan mesin tidak mampu menghasilkan daya keluaran secara optimal akibat proses pembakaran yang berlangsung tidak sempurna.

5. Upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan kualitas bahan bakar meliputi pelaksanaan penanganan dan pengolahan bahan bakar mesin induk sesuai dengan prosedur *Fuel Oil Treatment* serta ketentuan yang tercantum dalam *Main Engine Manual Book*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvelo Valencia F. & Padron Armas, I. (2005). Ignition Quality of Residual Fuel Oils. *Jurnal of Maritime Research*, Vol. II., No. 3, pp.77-79.
- Akademi Ilmu Pelayaran Jakarta-Motor-Motor Diesel dan Turbin Gas.
- Dari Seminar “PITFALLS IN HFO TREATMENT AND HANDLING” Andreas M Pelapelapon – MSE, MSEE, PE
- Disusun oleh Pendidikan dan Latihan Ahli Pelayaran Besar Ketel Uap
- Fuel Oil Treatment dari Perolin, Dukem dan Magnum Maritec.of 2020
- IMO MEPC 76 (2021), Review Marine Fuels Quality Safety Seaa.
- Nagase & Company Ltd, Alva-Laval Instruction Book Industrial Separator Type MAPX 207 SGT-20 Osaka Japan.
- Revised by J.K. Bowden-Marine Diesel Oil Engines.
- Takeda A.et.al (2010), Recent Trend of Combustion Property of Marine Residual Fuel Oil and Analysis by FCA, *Jorunal of the JIME*, Vol. 45
- Simatupang D (2018), Optimalisasi Alat Pengabut Bahan Bakar Pada Generator Untuk Pengoperasian MV, EGS Crest, Meteor STIP Marunda 1 (2)