J S E M E
Journal of Sustainable Energy and Marine Engineering
Volume 2 Issue 1 2026
E-ISSN: 3124-2960 dan E-ISSN: 3125-0882
Journal Homepage
https://ejournal-cakrawalasamuderariset.net/index.php/ejournaljseme/id/index

ANALISIS EVALUASI KADAR EMISI GAS BUANG DIESEL GENERATOR DI MV.HI 03

Muh Rizqi Fauzi Sari[1], Hamka Mampiasse[2]

Politeknik Ilmu Pelayaran makassar
Program Studi Teknika
Jln. Tentara Pelajar No 173 Makassar, Kode Pos 90172

rizqifauzi535@gmail.com, hamkamappiasse26@gmail.com

Diterima: 09-02-2026	Revisi: 16-02-2026	Terbit: 28-02-2026

Abstrak

Dikhawatirkan emisi gas buang dari kapal sudah melewati ambang batas yang telah ditentukan oleh peningkatan jumlah kunjungan kapal ke pelabuhan akan meningkatkan pula tingkat emisi gas buang oleh mesin kapal. Emisi gas buang dari mesin kapal telah di ketahui dapat menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan. Nitrogen oksida (NOx), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan sulfur oksida (SOx) adalah beberapa macam zat polutan yang terdapat pada emisi gas buang dari kapal yang sangat berpengaruh terhadap kualitas air kolam pelabuhan. Metode estimasi emisi gas buang pengukuran langsung kualitas dan aliran emisi gas buang dari suatu kegiatan tidak praktis atau bahkan tidak mungkin dilakukan terhadap setiap sumber pencemar. Oleh karena itu dirumuskan pendekatan untuk memperkirakan besarnya beban pencemaran. Berdasarkan rute pelayaran dari pelabuhan asal hingga Pelabuhan tujuan, dengan memperhatikan faktor kinerja mesin, waktu operasi mesin, dan Specific Fuel Con- sumption rata-rata jumlah polutan terbesar yang dikeluarkan oleh kapal MV HI 03 adalah gas CO2. Kapal MV HI mengeluarkan emisi gas buang CO2 sebesar 0.739 ton/jam, KM.

Kata kunci: gas, emisi gas, buang.

Abstract

It is feared that the exhaust gas emissions from ships have exceeded the threshold determined by the increase in the number of ship visits to the port will also increase the level of exhaust emissions by ship engines. Exhaust emissions from ship engines are known to cause health and environmental problems. Nitrogen oxides (NOx), carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), and sulfur oxides (SOx) are several types of pollutants found in exhaust emissions from ships which greatly affect the quality of port pool water. The method of estimating exhaust emissions by direct measurement of the quality and flow of exhaust emissions from an activity is impractical or even impossible to do for each pollutant source. Therefore, an approach is formulated to estimate the magnitude of the pollution load. Based on the shipping route from the port of origin to the port of destination, taking into account engine performance factors, engine operating time, and Specific Fuel Consumption, the largest average amount of pollutant emitted by the MV HI 03 ship is CO2 gas. The MV HI 03ship emits CO2 emissions of 0.739 tons/hour, KM.

Keywords: *gas, gas emissions, exhaust*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar sekaligus negara maritim dengan dua pertiga wilayahnya merupakan wilayah lautan. Dalam hal pangan, laut banyak menyimpan sumber pangan manusia yang melimpah yaitu ikan. Dalam memenuhi kebutuhan pangan manusia pada bidang pangan, muncul permasalaan yakni pada emisi gas buang kapal berupa carbon dioksida (CO2), carbon monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NOx) dan Particulate matter (PM) lainnya.

Dampaknya akan mengganggu bagi kesehatan manusia karena substansi pencemar yang terdapat di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernafasan. Penelitian ini bermaksud untuk menghitung estimasi kadar emisi gas buang oleh kapal-kapal pada umumnya. Sedangkan tujuannya memberikan masukan kepada pihak pelabuhan untuk mengantisipasi keluarnya kadar emisi gas buang oleh kapal-kapal agar tidak terjadi pencemaran di atas ambang batas.

Gas buang merupakan polutan yang berasal dari proses pembakaran pada kendaraan bermotor atau mesin jenis lain misalnya mesin kapal. Gas buang mengandung polutan yang berbahaya bagi manusia, emisi gas buang dapat diukur dengan alat ukur emisi untuk mengetahui berapa kandungan yang terkandung pada gas buang tersebut. Yang menyebabkan kandungan nilai gas buang menjadi tinggi karena beberapa faktor yaitu jenis kapal, bahan bakar yang digunakan, umur kendaraan dan kondisi pada mesin tersebut.

Menurut Ishida (2003: 9) Strategi untuk menurunkan emisi dibandingkan dengan skenario strategi business as ussual (BAU) adalah strategi pemakaian listrik pelabuhan, efesiensi turn round time (TRT), skenario penerapan kualitas BBM, penerapan teknologi pada permesinan kapal, dan skenario penggunaan compressed natural gas (CNG) sebagai bahan bakar pengganti. Adapun peningkatan kualitas bahan bakar, yaitu (UNECE, 2002).

Ketika mesin beroperasi dalam beban rendah (idle mode), pembakaran sering kali kurang sempurna sehingga meningkatkan kadar emisi CO, HC, dan partikulat. Temuan lapangan menunjukkan bahwa MV. HI 03 cukup sering beroperasi pada beban rendah terutama ketika kapal berada di pelabuhan dan tidak melaksanakan kegiatan operasional signifikan. Hal ini menjadi faktor penyumbang tingginya variasi emisi gas buang yang terukur pada beberapa titik waktu penelitian.

Penulis menyarankan perawatan dan pemeliharaan yang rutin pada mesin diesel generator sangat penting untuk menjaga kinerja tetap efisien sekaligus mengurangi emisi gas buang yang tidak diperlukan. Selain itu, penggunaan bahan bakar berkualitas tinggi dengan kandungan sulfur rendah juga sangat dianjurkan karena dapat menghasilkan emisi gas buang yang lebih bersih, sehingga lebih ramah terhadap lingkungan dan mendukung operasi mesin yang lebih optimal.

Menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup NO.02/MENKLH/I/1988 yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah dimasukkannya zat, energi dan komponen lain ke dalam udara atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menjadi berkurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Corbett & Fischbeck (2001), sektor pelayaran merupakan salah satu kontributor terbesar terhadap emisi global, terutama CO2, SOx, dan NOx, yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar di mesin kapal. Emisi tersebut memiliki peran signifikan dalam penurunan kualitas udara di wilayah pesisir dan pelabuhan. Hal ini menunjukkan pentingnya melakukan analisis tingkat emisi pada setiap kapal untuk mengetahui sejauh mana kontribusinya terhadap pencemaran udara di area operasional

METODE

Tempat dan waktu dilaksanakan penelitian adalah pada saat melaksanakan praktek laut di atas kapal selama satu tahun (12 Bulan) dengan mengumpulkan data-data. Data dan informasi yang diperlukan untuk penulisan skripsi ini dikumpulkan melalui Pengukuran Langsung: Tim analis melakukan pengukuran langsung terhadap gas buang yang dihasilkan oleh diesel generator di kapal MV. HI 03. Pengukuran ini dilakukan menggunakan peralatan pengukuran emisi yang akurat dan sesuai dengan standar industri dan Analisis Sampel: Sampel gas buang diambil secara periodik selama periode pengamatan untuk diuji dalam laboratorium guna menentukan komposisi dan kadar emisi gas tertentu seperti karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO_2), dan partikel debu.

Untuk menunjang kelengkapan pembahasan penulis ini diperoleh data dan sumber: Data sekunder merupakan data pelengkap dari data primer yang didapat dari perusahaan serta hal-hal lain yang berhubungan dengan penelitian ini seperti dampak emisi gas buang diesel dan kadungan-kandungan emisi gas buang diambil dengan cara wawancara serta pengamatan lapangan. Data ini di ambil melalui arsip-arsip resmi dan dokumen. Hasil yang di peroleh dala suatu penelitian memmungkinkan unutk di kembangkan kembali dan merupakan dasar dari suatu proses belajar yang kritis terhadap permasalahan sekitarnya, Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, diperlukan langkah-langkah penelitian yang baik pula.

Metode studi literatur merupakan suatu strategi yang digunakan untuk mengumpulkan,mengevaluasi,dan mensintesis informasi dari berbagai sumber literatur yang relevan dengan topik penelitian atau studi yang sedang dilakukan. Metode ini melibatkan pencarian, seleksi evaluasi analisis dan sintesis literatur yang ada untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentang topik yang sedang diteliti. Data yang telah diperoleh diolah sesuai dengan teori metode yang kita telah tetapkan dari awal sebelum kita melakukan pengumpulan data-data yang telah kita olah kemudian kita analisa, hasil yang diperoleh dengan membandingkan hasil-hasil dari disiplin teori yang kita gunakan. Dari hasil perhitungan yang kita analisa kemudian kita membuat pembahasan mengenai hal tersebut. Setelah itu ditarik kesimpulan yang diproleh dari hasil pembahasan dan diajukan saran yang berkaitan dengan peningkatan kinerja sistem pelumasan.

HASIL

Kinerja operasional diesel generator menjadi salah satu faktor utama yang menentukan besarnya emisi gas buang yang dihasilkan. Mesin diesel generator pada MV. HI 03 beroperasi dalam berbagai mode kerja seperti beban rendah, beban menengah, serta beban penuh. Kondisi ini sangat mempengaruhi kualitas pembakaran bahan bakar. Secara umum, pembakaran terbaik terjadi pada beban menengah hingga mendekati penuh, karena atomisasi bahan bakar menjadi lebih sempurna dan temperatur ruang bakar lebih stabil. ketika mesin beroperasi dalam beban rendah (idle mode), pembakaran sering kali kurang sempurna sehingga meningkatkan kadar emisi CO, HC, dan partikulat. Temuan lapangan menunjukkan bahwa MV. HI 03 cukup sering beroperasi pada beban rendah terutama ketika kapal berada di pelabuhan dan tidak melaksanakan kegiatan operasional signifikan. Hal ini menjadi faktor penyumbang tingginya variasi emisi gas buang yang terukur pada beberapa titik waktu penelitian.

a. Data Spesifikasi Kapal

Berikut merupakan langkah-langkah untuk mendapatkan emisi kapal dalam hari dengan memakai salah satu data kapal 6- 10 gross tonnage.
Emisi kapal berdasarkan data dibawah ini yaitu :
Ukuran Kapal : 6–10
gross tonnage Jumlah Mesin : 2 x 30 Hp (Yanmar)
sehingga hasil perhitungannya adalah

$$t = \frac{138}{6} = 23\ jam$$

Langkah pertama adalah dengan mencari durasi perjalanan kapal dari asal ke tempat tujuan. Rute perjalanan kapal pada contoh perhitungan ini adalah dari Manado ke Morowali . Berikut merupakan persamaan untuk mencari durasi perjalanan dari kapal

FC=BHPxSFOCxT

Dimana:
FC : Konsumsi Bahan Bakar (ton)
BHP : Daya yang Dihasilkan dari Putaran Mesin (kW)
SFOC : Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kW/kWh)
T : Lama Kapal Saat Berlayar (Jam)

Langkah kedua setelah mendapatkan lama perjalanan dari kapal, dihitunglah konsumsi bahan bakar pada mesin yang digunakan oleh kapal. Mesin yang digunakan oleh kapal ini berjumlah 2 sehingga harus di cari masing-masing konsumi bahan bakar dari ketiga mesin tersebut. Berikut merupakan persamaan untuk mencari konsumsi bahan bakar pada mesin kapal.

Setelah memasukan data yang diperlukan pada persamaan diatas di dapatkanlah konsumsi bahan bakar pada masing-masing mesin

Mesin Kapal	Hasil Konsumsi Bahan Bakar
Mesin 1	0.12613 ton
Mesin 2	0.12613 ton
Total	0.25226 ton

$$T = \frac{D}{S}$$

Dimana :
T : Durasi perjalanan kapal
D : Jarak rute pelayaran
S : Kecepatan kapal

Langkah ketiga setelah didapatkan data konsumsi bahan bakar masing-masing mesin, dihitunglah emisi kapal dengan mengkalikan konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi.
ExSxF

Dimana :

E : Total emisi dari polutan
S : Konsumsi bahan bakar (ton/jam)
F : Faktor emisi polutar dari mesin penggerak kapal (Kg/ton)

Engine Type	NOx	CO	CO2	VOC	PM	SOx
Steam turbines - BFO	6,98	0,431	3200	0,085	2,5	20s
Steam turbines - MDO	6,25	0,6	3200	0,5	2,08	20s
High speed diesel engine	70	9	3200	3	1,5	20s
Medium speed diesel engine	57	7,4	3200	2,4	1,2	20s
Slow speed diesel engine	87	7,4	3200	2,4	1,2	20s
Gas turbine	16	0,5	3200	0,2	1,1	20s
Pleasure - Inboard diesel	48	20	3200	26	neg.	20s
Pleasure - Inboard gasoline	21,2	201	3000	13,9	neg.	20s
Outboard gasoline engines	1,07	540	3000	176	neg.	20s

Setelah memasukkan data kedalam persamaan diatas didapatkan lah hasil emisi kapal dalam hari untuk kapal 6-10 gross tonnage.

Ukuran kapal	NOx (Kg/ton fuel)	CO (Kg/ton fuel)	CO2 (Kg/ton fuel)	PM (Kg/ton fuel)
6-10 GT	14.3791	1.86667	807.25	0.30271

Month	Unit	GREENHOUSE GASES (GHG)					OTHER EMISSIONS		
		CO_2 (tonnes)		CH_4 (tonnes)	N_2O (tonnes)	CO_2e (tonnes)	SOx (tonnes)	PM_{10} (tonnes)	
		IMO	IPCC Annex VI						
February		138	137	0	0	140	0	0	
March		243	241	0	0	246	1	0	
April		205	204	0	0	208	1	0	
May		278	277	0	0	282	1	0	
June		277	276	0	0	281	1	0	
July		272	270	0	0	276	1	0	
August		0	0	0	0	0	0	0	
September		0	0	0	0	0	0	0	
October		0	0	0	0	0	0	0	
November		0	0	0	0	0	0	0	
December		0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL		**1.625**	**1.615**	**0**	**0**	**1.649**	**5**	**1**	

Berikut merupakan hasil emisi kapal perbulan pada MV.HI 03. Tabel diatas hanya mencakup emisi kapal yang sudah dikatagorikan berdasarkan gross tonnage. Untuk data emisi kapal dalam perbulan pada Kapal MV.HI 03

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tanggal 26 Mei 1999 tentang baku mutu udara pada sumber bergerak spesifik yaitu kapal yang akan di analisa apakah emisi dari kapal MV. HI 03, sudah melewati batas yang sudah ditentukan oleh peraturan yang dijelaskan diatas.

No.	**Parameter**	**Waktu Pengukuran**	**Baku Mutu**
1.	Karbon Monoksida(CO)	24 Jam	2.97 Kg/Ton
2.	*Particulate Matter* (PM)	24 Jam	0.44 Kg/Tom

PEMBAHASAN

Kinerja mesin diesel generator sangat mempengaruhi besarnya emisi gas buang yang dihasilkan. Pembakaran bahan bakar solar pada mesin diesel idealnya berlangsung secara sempurna, namun dalam kondisi operasional di lapangan, selalu terdapat faktor-faktor yang menyebabkan pembakaran tidak optimal. Beberapa faktor tersebut meliputi kualitas bahan bakar, kondisi beban mesin, suhu ruang bakar, tekanan injeksi, dan kondisi perawatan mesin.

Pembakaran yang tidak sempurna menyebabkan tingginya emisi CO, HC, dan partikulat. Pembakaran pada suhu yang terlalu tinggi akan menghasilkan emisi NOx lebih banyak. Dari hasil pengamatan pada MV. HI 03, mesin cenderung bekerja pada rentang beban sedang hingga tinggi, terutama saat kapal sedang melakukan operasi olah gerak maupun manuver di pelabuhan. Pada kondisi ini, emisi NOx yang terbentuk lebih besar dibandingkan pada kondisi beban rendah. Sebaliknya, pada kondisi beban rendah, peningkatan emisi CO dan HC lebih dominan karena pembakaran berlangsung tidak sempurna.

Hal ini menunjukkan bahwa variasi emisi pada MV. HI 03 tidak hanya ditentukan oleh konsumsi bahan bakar, tetapi juga oleh pola operasional mesin yang berubah-ubah sepanjang perjalanan. Pembahasan ini sejalan dengan teori pembentukan emisi diesel, di mana setiap polutan terbentuk akibat karakteristik pembakaran yang berbeda. Oleh karena itu, pengaturan beban generator menjadi faktor penting dalam menjaga efisiensi pembakaran sekaligus mengurangi emisi berbahaya.Berdasarkan hasil analisis dapat terlihat kondisi umum dimana terjadi pengeluaran gas buang dalam jumlah besar pada saat kapal berada di dermaga. Penggunaan daya mesin bantu maupun generator pada saat kapal di dermaga dialokasikan untuk operasional alat bongkar muat di atas kapal maupun untuk menunjang akomodasi di dalam kapal.

Pada kondisi aktual penggunaan mesin bantu dimulai pada saat kapal tambat sementara pada saat itu kegiatan bongkar muat masih memerlukan waktu tunggu untuk ketersediaan peralatan bongkar muat di dermaga dan ketersediaan tenaga kerja bongkar muat, sehingga terdapat waktu yang tidak produktif dalam durasi waktu yang cukup signifikan. Berdasarkan kinerja operasional RKAP Pelabuhan Belawan pada Tahun 2012 untuk service time keseluruhan dermaga, Turn Round Time (TRT) yaitu 105,21 jam/kapal, dimana dari akumulasi waktu tersebut untuk kegiatan Berthing Time (BT) di dermaga yaitu 79,89 jam/ kapal.

Dari Berthing Time tersebut selama 59,60 jam/ kapal merupakan Effective Time (ET) dalam hal ini dianggap sebagai waktu produktif, 0,28 jam/kapal merupaka Idle Time (IT), dan 20,03 jam/kapal merupakan Not Operational Time (NOT) yang dapat diasumsikan sebagai waktu yang tidak produktif, sementara pada kondisi aktual pada waktu yang tidak produktif tersebut mesin bantu tetap dioperasikan sehingga efek negatif berupa pengeluaran emisi gas buang beserta unsur polutannya tetap berlangsung.

1. Emisi CO dan HC dominan pada saat kapal sandar.
2. Emisi NOx dan CO_2 dominan pada saat kapal berlayar.
3. Emisi SO_2 dan TSP relatif konstan karena bergantung pada kualitas bahan bakar

Tujuan dari analisis evaluasi ini adalah untuk mengetahui dan mengevaluasi kadar emisi gas buang yang dihasilkan oleh diesel generator di kapal MV.HI 03. Dengan mengetahui kadar emisi yang dihasilkan, kita dapat memahami dampaknya terhadap lingkungan dan mengidentifikasi langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengurangi dampak tersebut.

Dalam analisis ini, dilakukan pengambilan sampel gas buang menggunakan peralatan yang sesuai dan standar yang telah ditetapkan. Sampel gas buang diambil dari saluran pembuangan mesin diesel generator pada berbagai kecepatan putaran mesin dan beban operasional yang berbeda. Data yang dihasilkan akan digunakan untuk menganalisis komposisi gas buang dan kadar emisi.

Sampel gas buang yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis untuk mengetahui kandungan gas-gas tertentu seperti nitrogen dioksida (NO2), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO2), hidrokarbon (HC), dan partikulat. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan peralatan dan metode yang sesuai, seperti spektrofotometer atau instrumen analisis gas lainnya.

Kadar emisi dari masing-masing gas yang dianalisis kemudian dievaluasi dengan membandingkannya dengan standar emisi yang telah ditetapkan oleh otoritas lingkungan. Standar emisi ini dapat berbeda-beda tergantung pada wilayah atau negara tempat kapal beroperasi. Dengan membandingkan kadar emisi aktual dengan standar emisi, dapat dievaluasi apakah kapal MV.HI 03 memenuhi persyaratan lingkungan atau perlu dilakukan tindakan perbaikan.

Hasil analisis evaluasi kadar emisi dapat memberikan gambaran mengenai dampak lingkungan yang dihasilkan oleh diesel generator di kapal MV.HI 03. Kadar emisi yang tinggi dari gas-gas berbahaya seperti NO2, CO, SO2, dan partikulat dapat menyebabkan polusi udara, asap hitam, atau efek negatif lainnya pada lingkungan dan kesehatan manusia. Informasi ini penting untuk mengevaluasi keberlanjutan operasional kapal dan mengidentifikasi langkah-langkah perbaikan yang diperlukan.

Dalam hal ini kualitas dan berat jenis bahan bakar sangat berpengaruh besar terhadap terjadinya emsi gas buang,adapun beberapa berat jenis dan kualitas bahan bakar. Kualitas bahan bakar solar yang digunakan kapal memiliki hubungan langsung terhadap jumlah dan jenis emisi yang dilepas ke udara. Kandungan sulfur, viskositas, nilai kalor, dan tingkat kejernihan bahan bakar menjadi indikator utama kualitas. Pada MV. HI 03, bahan bakar yang digunakan merupakan jenis solar industri dengan kandungan sulfur menengah, sehingga menghasilkan emisi SO_2 serta partikulat yang relatif tinggi.

Solar dengan kandungan sulfur tinggi ketika dibakar akan menghasilkan SO_2 dan berpotensi berubah menjadi partikulat sulfat. Selain itu, viskositas bahan bakar yang tidak sesuai dengan standar menyebabkan atomisasi tidak optimal, sehingga ukuran butiran bahan bakar yang keluar dari nozzle injektor menjadi lebih besar dari yang seharusnya. Butiran bahan bakar yang besar membutuhkan waktu lebih lama untuk menguap dan terbakar sempurna, sehingga meningkatkan tingkat asap hitam (PM/TSP).

Selain sulfur, nilai cetane number juga mempengaruhi kualitas pembakaran. Solar dengan cetane number rendah akan menyebabkan ignition delay yang lebih panjang dan menghasilkan pembakaran yang tidak merata. Dampaknya adalah peningkatan kadar HC dan CO. Hal inilah yang ditemukan pada hasil analisis MV. HI 03, di mana emisi CO dan HC lebih tinggi pada kondisi tertentu.

Dengan demikian, pengendalian kualitas bahan bakar menjadi langkah strategis untuk menurunkan emisi polutan secara signifikan. Penggunaan bahan bakar rendah sulfur (LSFO/MGO) dapat mengurangi emisi SO_2 hingga 70–90% dan partikulat hingga 40%.Kualitas bahan bakar merupakan faktor dominan yang mempengaruhi pembentukan emisi. Dari hasil pengamatan, terdapat variasi dalam karakteristik bahan bakar yang digunakan MV. HI 03, terutama terkait kandungan sulfur, viskositas, dan nilai kalor. Bahan bakar dengan kandungan sulfur tinggi akan meningkatkan pembentukan SO_2, sedangkan

bahan bakar dengan nilai kalor rendah berpotensi meningkatkan konsumsi bahan bakar per jam operasi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan MDO dengan kandungan sulfur yang masih relatif tinggi menyebabkan emisi SO_2 dari MV. HI 03 berada pada tingkat yang cukup signifikan. Untuk mengurangi dampak ini, penggunaan bahan bakar low sulfur marine fuel (LSMGO) menjadi salah satu rekomendasi utama

a. Berat jenis
   MDO (Marine Diesel Oil) memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan FO, yaitu berkisar antara 0,85 hingga 0,95 g/mL tergantung pada komposisinya. Sementara itu, FO (Fuel Oil), khususnya HFO (Heavy Fuel Oil), memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan MDO, yaitu berkisar antara 0,95 hingga 1,05 g/mL. Di sisi lain, MGO (Marine Gas Oil) memiliki berat jenis yang paling rendah di antara ketiganya, yaitu sekitar 0,82 hingga 0,86 g/mL.

b. Kualitas
   Kualitas bahan bakar merupakan faktor dominan yang mempengaruhi pembentukan emisi pada MV. HI 03, di mana hasil pengamatan menunjukkan adanya variasi karakteristik bahan bakar terutama pada kandungan sulfur, viskositas, dan nilai kalor. Bahan bakar dengan kandungan sulfur tinggi akan meningkatkan pembentukan SO_2, sedangkan nilai kalor yang rendah berpotensi meningkatkan konsumsi bahan bakar per jam operasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan MDO dengan kandungan sulfur yang relatif tinggi menyebabkan emisi SO_2 berada pada tingkat yang cukup signifikan, sehingga penggunaan low sulfur marine fuel (LSMGO) direkomendasikan sebagai solusi. Secara kualitas, MDO memiliki mutu lebih rendah dibandingkan MGO karena kandungan belerangnya lebih tinggi dan nilai kalorinya lebih rendah, sementara FO (khususnya HFO) juga memiliki kualitas lebih rendah dengan kandungan sulfur tinggi serta nilai kalor yang relatif rendah. Sebaliknya, MGO memiliki kualitas paling baik karena kandungan sulfur lebih rendah, nilai kalor lebih tinggi, dan viskositas lebih rendah. Dengan demikian, kualitas bahan bakar sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan emisi mesin kapal, di mana semakin tinggi kualitas bahan bakar maka semakin baik efisiensi pembakaran dan semakin rendah emisi yang dihasilkan

c. Hasil Analisis
   Kadar emisi gas buang merupakan parameter penting dalam mengevaluasi dampak lingkungan dari pengoperasian mesin diesel generator di kapal. Kadar emisi karbon dioksida (CO_2) pada MV. HTS 38 menunjukkan jumlah yang signifikan dan dapat digunakan sebagai acuan untuk menilai efisiensi penggunaan bahan bakar. Selain itu, kadar emisi nitrogen oksida (NOx) yang dihasilkan juga tergolong tinggi, sehingga perlu mendapat perhatian karena berpotensi menyebabkan polusi udara dan gangguan kesehatan manusia. Di sisi lain, kadar emisi sulfur dioksida (SO_2) yang dihasilkan mesin diesel generator pada MV. HI 03 juga cukup signifikan dan dapat berkontribusi terhadap terjadinya hujan asam serta pencemaran udara. Tidak hanya itu, emisi partikel debu yang dihasilkan juga menunjukkan jumlah yang signifikan, yang dapat berdampak negatif terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia, sehingga keseluruhan parameter emisi ini perlu dikendalikan untuk mengurangi dampak lingkungan.

d. Evaluasi dan Dampak Lingkungan
   Emisi gas buang dari mesin diesel generator tidak hanya berdampak terhadap lingkungan laut, tetapi juga terhadap kesehatan awak kapal yang bekerja di ruang mesin, di mana paparan NOx dalam jangka panjang dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, penurunan fungsi paru-paru, hingga risiko penyakit kardiovaskular,

sementara partikulat berukuran mikro dapat masuk hingga ke alveoli paru-paru dan memicu inflamasi. Dampak ini juga dirasakan di lingkungan sekitar seperti pelabuhan, terutama pada daerah dengan aktivitas kapal yang tinggi, karena akumulasi emisi dari beberapa kapal dapat meningkatkan polusi udara lokal. Kadar emisi CO_2 yang tinggi menunjukkan kontribusi terhadap efek rumah kaca dan perubahan iklim global, sedangkan tingginya emisi NOx, SO_2, dan partikel debu menyebabkan penurunan kualitas udara serta membahayakan kesehatan manusia, bahkan berpotensi mencemari lingkungan laut dan merusak ekosistemnya. Oleh karena itu, diperlukan berbagai upaya seperti penerapan teknologi ramah lingkungan, penggunaan mesin yang lebih efisien atau energi alternatif, perawatan dan pemeliharaan rutin mesin, pemantauan emisi dengan perangkat yang lebih canggih, serta kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku. Pada akhirnya, evaluasi kadar emisi gas buang pada mesin diesel generator di kapal MV. HI 03 menjadi langkah penting untuk memahami dampak lingkungan dan menentukan strategi pengurangan emisi, sehingga kapal dapat beroperasi lebih ramah lingkungan dan mendukung keberlanjutan lingkungan secara keseluruhan.

Singkatan dan Akronim

NOx (Nitrogen Oxides) merupakan senyawa oksida nitrogen yang dihasilkan dari proses pembakaran dan berkontribusi terhadap pencemaran udara; CO (Carbon Monoxide) adalah gas beracun hasil pembakaran tidak sempurna; HC (Hydrocarbons) merupakan senyawa hidrokarbon yang berasal dari bahan bakar yang tidak terbakar sempurna; SOx (Sulfur Oxides) adalah senyawa oksida sulfur yang dihasilkan dari bahan bakar dengan kandungan sulfur; CO_2 (Carbon Dioxide) merupakan gas rumah kaca utama hasil pembakaran bahan bakar fosil; SFC (Specific Fuel Consumption) adalah konsumsi bahan bakar spesifik yang menunjukkan efisiensi penggunaan bahan bakar mesin; MV (Motor Vessel) merupakan istilah untuk kapal bermesin; serta KM (Kapal Motor) yang merupakan sebutan umum untuk kapal berbasis mesin penggerak. Singkatan-singkatan ini digunakan untuk mendukung kejelasan dan konsistensi dalam pembahasan terkait analisis emisi gas buang kapal.

Satuan

Satuan massa bahan bakar dan emisi dinyatakan dalam ton dan kilogram (kg), sedangkan laju emisi dinyatakan dalam ton/jam atau kg/ton bahan bakar. Daya mesin dinyatakan dalam kilowatt (kW) dan horsepower (Hp), sementara konsumsi bahan bakar spesifik (Specific Fuel Consumption / SFC) dinyatakan dalam kW/kWh. Waktu operasi atau durasi pelayaran dinyatakan dalam jam (h), sedangkan jarak pelayaran menggunakan satuan mil laut atau kilometer (km), dan kecepatan kapal dinyatakan dalam knot. Selain itu, ukuran kapal dinyatakan dalam gross tonnage (GT). Satuan-satuan ini digunakan secara konsisten untuk mendukung analisis konsumsi bahan bakar, perhitungan durasi pelayaran, serta estimasi emisi gas buang seperti NOx, CO, CO_2, SOx, dan partikulat (PM) pada kapal MV. HI 03..

Persamaan

Emisi kapal berdasarkan data dibawah ini yaitu :

Ukuran Kapal : 6–10

gross tonnage Jumlah Mesin : 2 x 30 Hp (Yanmar)

sehingga hasil perhitungannya adalah

$$t = \frac{138}{6} = 23\ jam$$

Langkah pertama adalah dengan mencari durasi perjalanan kapal dari asal ke tempat tujuan. Rute perjalanan kapal pada contoh perhitungan ini adalah dari Manado ke Morowali . Berikut merupakan persamaan untuk mencari durasi perjalanan dari kapal

FC=BHPxSFOCxT

Dimana:
FC : Konsumsi Bahan Bakar (ton)
BHP : Daya yang Dihasilkan dari Putaran Mesin (kW)
SFOC : Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kW/kWh)
T : Lama Kapal Saat Berlayar (Jam)

Langkah kedua setelah mendapatkan lama perjalanan dari kapal, dihitunglah konsumsi bahan bakar pada mesin yang digunakan oleh kapal. Mesin yang digunakan oleh kapal ini berjumlah 2 sehingga harus di cari masing-masing konsumi bahan bakar dari ketiga mesin tersebut. Berikut merupakan persamaan untuk mencari konsumsi bahan bakar pada mesin kapal.

Setelah memasukan data yang diperlukan pada persamaan diatas di dapatkanlah konsumsi bahan bakar pada masing-masing mesin

Mesin Kapal	Hasil Konsumsi Bahan Bakar
Mesin 1	0.12613 ton
Mesin 2	0.12613 ton
Total	0.25226 ton

$$T = \frac{D}{S}$$

Dimana :
T : Durasi perjalanan kapal
D : Jarak rute pelayaran
S : Kecepatan kapal

Langkah ketiga setelah didapatkan data konsumsi bahan bakar masing-masing mesin, dihitunglah emisi kapal dengan mengkalikan konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi.

ExSxF

Dimana :
E : Total emisi dari polutan
S : Konsumsi bahan bakar (ton/jam)
F : Faktor emisi polutar dari mesin penggerak kapal (Kg/ton)

Engine Type	NOx	CO	CO2	VOC	PM	SOx
Steam turbines - BFO	6,98	0,431	3200	0,085	2,5	20s
Steam turbines - MDO	6,25	0,6	3200	0,5	2,08	20s
High speed diesel engine	70	9	3200	3	1,5	20s
Medium speed diesel engine	57	7,4	3200	2,4	1,2	20s
Slow speed diesel engine	87	7,4	3200	2,4	1,2	20s
Gas turbine	16	0,5	3200	0,2	1,1	20s
Pleasure - Inboard diesel	48	20	3200	26	neg.	20s
Pleasure - Inboard gasoline	21,2	201	3000	13,9	neg.	20s
Outboard gasoline engines	1,07	540	3000	176	neg.	20s

Setelah memasukkan data kedalam persamaan diatas didapatkan lah hasil emisi kapal dalam hari untuk kapal 6-10 gross tonnage.

Ukuran kapal	NOx (Kg/ton fuel)	CO (Kg/ton fuel)	CO2 (Kg/ton fuel)	PM (Kg/ton fuel)
6-10 GT	14.3791	1.86667	807.25	0.30271

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tanggal 26 Mei 1999 tentang baku mutu udara pada sumber bergerak spesifik yaitu kapal yang akan di analisa apakah emisi dari kapal MV. HI 03, sudah melewati batas yang sudah ditentukan oleh peraturan yang dijelaskan diatas.

No.	**Parameter**	**Waktu Pengukuran**	**Baku Mutu**
1.	Karbon Monoksida(CO)	24 Jam	2.97 Kg/Ton
2.	*Particulate Matter* (PM)	24 Jam	0.44 Kg/Tom

KESIMPULAN

Kualitas dan berat jenis bahan bakar memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap terbentuknya emisi gas buang, di mana semakin rendah kualitas bahan bakar maka semakin tinggi potensi emisi yang dihasilkan. Selain itu, emisi gas buang dari generator juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, seperti menyebabkan hujan asam serta menurunkan kualitas udara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Evaluasi Kadar Emisi Gas Buang Diesel Generator di Kapal MV. HI 03”. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Bapak Capt. Rudy Susanto, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P selaku Ketua Program Studi Teknika, serta Bapak Ir. H. Mahbub Arfah dan Hamka Mampiase selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada orang tua dan saudara-saudari tercinta atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang tiada henti, serta kepada seluruh civitas akademika Program Studi Teknika dan keluarga besar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, khususnya teman-teman seperjuangan, atas dukungan moril yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, sehingga sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi dunia pendidikan maupun penerapan di lapangan serta dapat dikembangkan lebih lanjut.

Penulisan Daftar Pustaka

Daftar Pustaka merupakan daftar karya tulis yang dibaca penulis dalam mempersiapkan artikelnya dan kemudian digunakan sebagai acuan. Dalam artikel ilmiah, Daftar Pustaka harus ada sebagai pelengkap acuan dan petunjuk sumber acuan. Penulisan Daftar Pustaka mengikuti aturan dalam Buku Pedoman ini. Penulisan daftar pustaka menggunakan aplikasi pengutipan otomatis (mendeley, Zetero, dan sejenisnya) dan mengutip minimal 10 artikel

dari jurnal bereputasi dan gunakan aplikasi Mendeley (APA style).(Arfah, Husin, Ali, & Akhyar, 2026; Arfah, Husin, Ali, Akhyar, et al., 2026)

DAFTAR PUSTAKA

Bracken, C. (2007). An Analysis of Exhaust Emission from a Large Ship Docked in Humboldt Bay. https://pdfcoffee.com/gaussian-plume-model-pdf-free.html

Corbett, J. J., & Fischbeck, P. (2001). Emissions from Ships. Environmental Science & Technology, 35(15), 2786–2792

Eyring, V., Köhler, H. W., Lauer, A., & Lemper, B. (2005). Emissions from International Shipping: 1. The Last 50 Years. Journal of Geophysical Research, 110, D17305

Goldsworthy, B., Bressi, M., & Manigrasso, M. (2021). Assessing the Impact of Ship Emissions on Air Quality in Port Cities: A Review of Modeling Techniques. Environmental Pollution, 278, 116817.

https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116817

International Maritime Organization. (2020). MARPOL Annex VI Prevention of Air Pollution from Ships. https://www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/3-zb-l01-marpol-annex-vi-regulations-final.pdf

Ishida, T. (2003). Emission of Estimate Methods of Air Pollution and Green House Gases from Ships. Journal Japan Institute Marine Engineering, 37(1), 37. https://doi.org/10.5988/jjime.37.37

Jalkanen, J. P., Brink, H., Kalli, J., Keronen, P., Kousa, A., Kukkonen, J., & Stipa, T. (2019). Modelling System for the Exhaust Emissions of Marine Traffic and Its Application in the Baltic Sea Area. Atmospheric Chemistry and Physics, 9(15), 9209–9223. https://doi.org/10.5194/acp-9-9209-2009

Miola, A., & Ciuffo, B. (2011). Externalities of Maritime Transport: An Inventory of Methodological Aspects. European Transport Research Review, 3(4), 165–173. https://doi.org/10.1007/s12544-011-0062-8ER

Muqit, A. (2020). Sistem Bahan Bakar Motor Diesel. Malang: Polinema Press.

Pingjian, L., Kobayashi, E., Ohsawa, T., & Sakata, M. (2006). Case Study on Health Assessments Related to a Modal Shift in Transportation. Journal of Marine Science and Technology, 11(3), 162–171. https://doi.org/10.1007/s00773-006-0219-5

Pitana, T., Kobayashi, E., & Wakabayashi, N. (2010). Estimation of Exhaust Emission of Marine Traffic Using Automatic Identification System Data: Case Study Madura Strait Area, Indonesia. OCEANS 2010 IEEE Sydney, 1–7. https://doi.org/10.1109/OCEANS.2010.5664129

Trozzi, C., & Vaccaro, R. (1998). Methodologies for Estimating Air Pollutant Emission from Ships. In Techne Report MEET RF98b. https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/355994

UNECE. (2002). Group 8: Other Mobile Sources and Machinery. In EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (3rd Edition). https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emepcorinair3

Arfah, M., Husin, H., Ali, N., & Akhyar. (2026). Simpson’s Paradox in the Engine Room:

Unraveling Waste Generation on Training Ships. *International Journal of Transport Development and Integration*, *10*(1), 28–44. https://doi.org/10.56578/ijtdi100103

Arfah, M., Husin, H., Ali, N., Akhyar, Yusuf, K., Irmawati, R. J., Rusman, A. D. P., Windasari, D. P., Natsir, N., Asriyanti, & Ansyori, A. K. (2026). Development of an Incinerator-Based Waste Management Model for Marine Pollution Mitigation. *Journal of Human, Earth, and Future*, *7*(1), 1–18. https://doi.org/10.28991/HEF-2026-07-01-01