

P-ISSN: 2716-2656, E-ISSN: 2985-9638

# JOURNAL MARINE INSIDE

VOLUME 6, ISSUE. 2, DECEMBER 2024

Web: <https://ejournal.polteknepel-banten.ac.id/index.php/ejmi/>

## Uji performa model mesin kapal dengan menggunakan bahan bakar terbarukan di berbagai konsentrasi

Fathin Muhammad Mahdhudhu\*, Muhammad Izul A'dhom

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta

E-mail: [\\*fmahdhudhu@upnvj.ac.id](mailto:fmahdhudhu@upnvj.ac.id)

### ABSTRAK

*Soy methyl ester merupakan salah satu contoh bahan bakar hayati (biofuel) yang memiliki potensi besar sebagai pengganti atau tambahan bahan bakar diesel. Biofuel adalah jenis bahan bakar yang berasal dari sumber organik, baik dalam bentuk cair, padat, maupun gas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa dan efisiensi penggunaan bahan bakar diesel dan soy methyl ester. Analisis dilakukan pada sistem permesinan Kirloskar AV1 dengan menggunakan bahan bakar diesel dan soy methyl ester, melalui simulasi menggunakan perangkat lunak Diesel RK. Penelitian ini memfokuskan pada empat parameter utama, yaitu daya mesin, konsumsi bahan bakar, tekanan rata-rata efektif rem (brake mean effective pressure), dan efisiensi mesin piston. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan soy methyl ester menyebabkan penurunan daya mesin, tekanan rata-rata efektif rem, dan efisiensi mesin piston. Namun, peningkatan konsumsi bahan bakar terlihat sebagai tren yang konsisten ketika soy methyl ester ditambahkan.*

**Kata Kunci:** Bahan bakar terbarukan, biofuel, mesin kapal, uji performa.

### ABSTRACT

*Soy methyl ester is one example of biofuel that has excellent potential as a substitute or addition to diesel fuel. Biofuel is a type of fuel derived from organic sources, either in liquid, solid, or gas form. This study aims to analyze the performance and efficiency of diesel fuel and soy methyl ester use. The analysis was carried out on the Kirloskar AV1 engine system using diesel fuel and soy methyl ester through simulation using Diesel RK software. This study focuses on four main parameters, namely engine power, fuel consumption, brake mean adequate pressure and piston engine efficiency. The results showed that the addition of soy methyl ester caused a decrease in engine power, brake means adequate pressure and piston engine efficiency. However, researchers observed a consistent pattern of increased fuel consumption when they added soy methyl ester.*

**Keywords:** Renewable fuels, biofuels, marine engines, performance testing.

Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v6i2.110>

Disubmit pada 07/10/2024

Direview pada 18/11/2024

Direvisi pada 30/11/2024

Diterima pada 03/12/2024

Diterbitkan pada 12/12/2024



Journal Marine Inside is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

## PENDAHULUAN

Efek rumah kaca merupakan salah satu pekerjaan rumah bagi masyarakat dunia yang terus dicarikan jalan keluar. Salah satu kontributor cukup besar dari efek rumah kaca disumbang oleh sektor transportasi. Berdasarkan International Energy Agency (IEA), sektor transportasi menyumbang sekitar 24% dari total emisi CO<sub>2</sub> yang ada di dunia sepanjang tahun 2016. Di dalam sektor transportasi, terdapat salah satunya industri perkapalan yang berkontribusi dalam penyumbang emisi efek rumah kaca sebesar 2,1%, dan yang paling perlu diperhatikan, angka ini akan berpotensi terus meningkat dengan meningkatnya tahun [1].

Oleh sebab itu, efek rumah kaca, fluktuasi terkait harga bahan bakar minyak, juga pencarian energi terbarukan merupakan beberapa faktor bagi peneliti dalam mencari bahan bakar terbarukan terkhusus pada bahan bakar hayati (*biofuel*). Bahan bakar hayati adalah suatu bahan bakar baik berupa fase cair, padat, maupun gas yang berasal dari tumbuhan, *microalgae*, ataupun bahan organik lainnya yang bisa digunakan sebagai pengganti dari turunan bahan bakar minyak [2]. Terdapat banyak sekali jenis-jenis bahan bakar hayati, salah satunya yaitu soy methyl ester. Soy methyl ester merupakan salah satu turunan dari kacang yang didapatkan dari proses transesterifikasi minyak kedelai. Soy methyl ester, tidak asing lagi dijumpai pada bahan bakar di amerika serikat, merupakan bahan bakar yang memiliki keunggulan yakni tinggi titik nyala, tidak beracun, dan memiliki nilai *Volatile Organic Compounds* (VOC) yang rendah [3].

Beberapa penelitian sebelumnya tersedia pada literature, salah satunya yang dilakukan oleh Mukherjee [4] yang meneliti performa dan uji emisi dari bahan bakar soybean methyl ester dicampur dengan biodiesel menggunakan simulasi numerik. Menurut Mukherjee [4], penggunaan bahan bakar soybean methyl ester menghasilkan *Brake Specific Fuel Consumption* (BSFC) yang lebih jika dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel. Selain itu, emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan dari bahan bakar soybean methyl ester mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan bahan bakar diesel.

Hal lain juga ditunjukkan pada kajian yang dilakukan oleh Lin [5] yang membahas mengenai pengaruh dari karakteristik bahan bakar biodiesel dicampur dengan residu dan sulingan dari bahan bakar kapal. Perhitungan mengenai *Lower Heating Value* (LHV), residu dari carbon, dan juga titik nyala menjadi bagian yang dicari pada kajian ini. Hasil menunjukkan bahwa bahan bakar residu memiliki karakteristik yang kurang baik jika dibandingkan dengan bahan bakar sulingan. Selain itu, nilai titik nyala pada biodiesel berubah secara drastis dibandingkan dengan bahan bakar residu maupun bahan bakar sulingan. Penelitian ini bertujuan untuk uji performa dari bahan bakar campuran soy methyl ester pada berbagai konsentrasi. Pengujian dilakukan pada mesin model kapal Kirloskar AV1 dengan pendekatan simulasi. Bahan bakar marine diesel juga ditambahkan untuk sebagai pembanding pada penelitian ini.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan mesin tipe Kirloskar AV1 untuk menganalisis performa bahan bakar soy methyl ester. Sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1, mesin Kirloskar AV1 adalah mesin diesel 4 langkah dengan satu silinder, memiliki diameter piston 85 mm dan panjang langkah piston 110 mm.

**Tabel 1. Spesifikasi mesin Kirloskar AV1 yang digunakan pada penelitian.**

Kirloskar AV1	
Engine Type	(4-Stroke, Diesel Engine)
Number of cylinder	1
Bore x Stroke	85 x 110 mm
Compression Ratio	16.5
Injection Pressure	200-220 Bar
Cooling System	Water Cooling
Cylinder Capacity	0.624 L
Rated Power	3.7 kW, 1500 RPM
Dynamometer	Electric AC Generator
Orifice diameter	0.15 mm

Tabel 2 menunjukkan data properti bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini yang terdiri dari *marine diesel* dan *soy methyl ester*. Penggunaan bahan bakar marine diesel pada penelitian ini, yang mana biasa digunakan pada bahan bakar kapal, diperuntukan untuk membandingkan data dengan hasil simulasi *soy methyl ester*. Penelitian ini menggunakan beberapa variasi campuran bahan bakar.

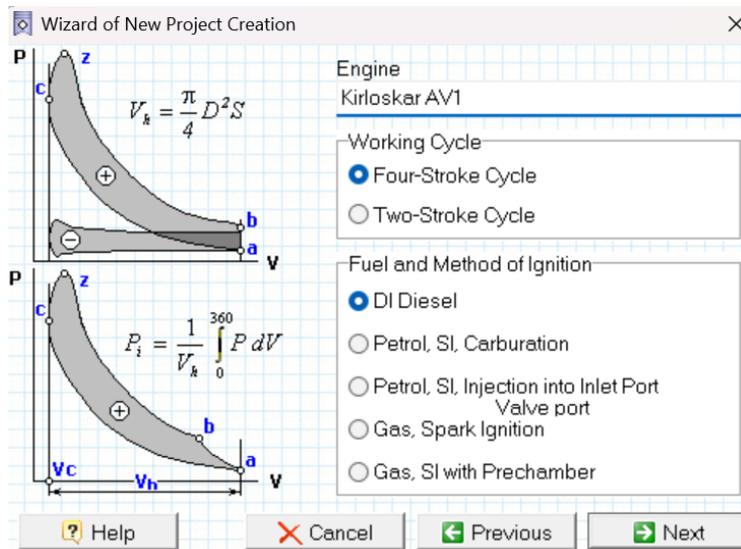
Pada kolom marine diesel menandakan bahwa properti bahan bakar marine diesel terdiri dari 100% bahan bakar diesel murni, sedangkan pada kolom selanjutnya, SME B20 dan SME B30 menunjukkan campuran bahan bakar marine diesel dengan *soy methyl ester* dimana 20 dan 30 merupakan persentasi bahan bakar *soy methyl ester* yang dicampurkan secara berurutan. Nilai Low Heating Value (LHV) dan dari *soy methyl ester* memiliki nilai lebih rendah jika dibandingkan dengan marine diesel, penambahan persentasi *soy methyl ester* juga membuat nilai LHV semakin rendah. Hal yang berkebalikan terjadi pada nilai cetane dan massa jenis bahan bakar (*fuel density*). Pada nilai cetane dan massa jenis mengalami kenaikan saat ditambahkan *soy methyl ester*, terlihat juga persentasi *soy methyl ester* juga mempengaruhi nilai cetane. yang mana nilai tersebut mengalami kenaikan saat persentasi SME ditambahkan.

**Tabel 2. Properti dari bahan bakar.**

Fuel	Marine Diesel	SME B20	SME B30
C	0.87	0.8496	0.839
H	0.126	0.1245	0.123
O	0.004	0.0259	0.036
Sulphur Fraction in the fuel	0.025	0.00105	0.00105
Low Heating Value	42.5	41.18	40.535
Cetane Number	48	48.69	49,025
Fuel Density	830	841	846.5
Molar Mass	190	211.5	211.5
Critical Temperature	710	721.2	721.2

Pada penelitian ini menggunakan simulasi dengan perangkat lunak Diesel-RK. Diesel-RK merupakan perangkat lunak yang bersifat *open source* yang sangat bermanfaat bagi peneliti muda maupun mahasiswa, hal tersebut dikarenakan bukan hanya tidak berbayar juga perangkat lunak ini dapat mensimulasikan siklus pembakaran beserta siklus termodinamikanya dengan baik [6] menampilkan diagram alir yang digunakan pada penelitian ini, dimulai dengan identifikasi dan perumusan permasalahan, studi literatur dan data-data pendukung.

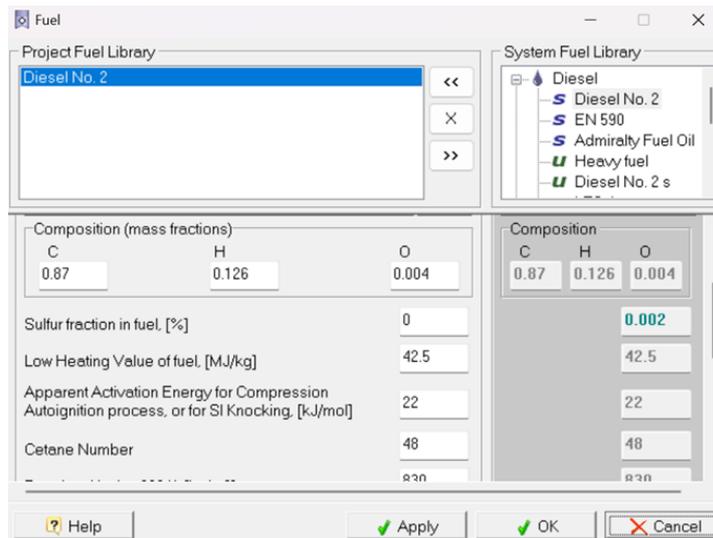
Selanjutnya, salah satu komponen data-data pendukung adalah spesifikasi mesin yang digunakan pada penelitian ini, mesin Kirloskar AV1. Memasukkan spesifikasi dari mesin pada Tabel 1. ke simulasi untuk mendapatkan konfigurasi mesin Kirloskar AV1. Gambar 1 mengilustrasikan salah satu contoh masukan yang ada di software Diesel-RK. Yang pertama yaitu pemilihan jenis langkah mesin yang digunakan dan tipe mesin yang digunakan. Penelitian ini menggunakan mesin bertipe Kirloskar AV1 yang menggunakan 4 langkah pada pengoperasiannya dan bertipe Diesel Engine. Begitupun seterusnya, terdapat data-data yang di masukan ke dalam software Diesel-RK. Oleh karena itu, pengumpulan data yang komprehensif menjadi salah satu kunci dalam penelitian ini.



**Gambar 1. Ilustrasi melakukan konfigurasi mesin Kirloskar AV1 pada Diesel-RK.**

Setelah konfigurasi mesin Kirloskar AV1 diperoleh, properti bahan bakar (marine diesel dan soy methyl ester) sebagaimana tercantum dalam Tabel 2 dimasukkan ke dalam perangkat lunak Diesel-RK. Penelitian ini berfokus pada pengamatan beberapa respons utama, yaitu daya mesin, konsumsi bahan bakar, brake mean effective pressure (BMEP), dan efisiensi mesin piston. Gambar 3 memperlihatkan contoh input properti bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini. Sebagai ilustrasi, soy methyl ester memiliki fraksi massa unsur C, H, dan O masing-masing sebesar 0,87, 0,126, dan 0,004 secara berurutan.

Selanjutnya, validasi mesin menjadi langkah yang harus dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai yang baik. Jika nilai validasi sudah cukup baik dengan nilai perbedaan kurang dari 10% dari data pembanding, maka bisa dilakukan pengambilan data untuk bahan bakar soy methyl ester. Sebaliknya, jika masih didapatkan nilai error yang tinggi, penyesuaian pada permesinan perlu dilakukan kembali.



**Gambar 2. Ilustrasi input dalam memasukan properti dari bahan bakar.**

Validasi merupakan tahap penting dalam simulasi untuk memastikan bahwa model yang digunakan telah sesuai dengan kondisi sebenarnya. Pada penelitian ini, validasi dilakukan menggunakan data acuan dari kajian Al-Dawody [7]. Validasi dilakukan pada bahan bakar soy methyl ester 20 (SME B20) dengan mengamati variabel crank angle pada rentang 240 hingga 480 derajat, dengan interval kenaikan sebesar 60 derajat. Respon yang diamati adalah tekanan silinder, seperti yang diilustrasikan pada Tabel 3. Selanjutnya, perhitungan mean deviation (MD) dilakukan untuk mengukur rata-rata penyimpangan dari nilai acuan. Hasil validasi menunjukkan bahwa nilai mean deviation untuk setiap variasi berada dalam batas yang baik dengan MD < 10%, kecuali pada crank angle 420, di mana nilai MD mencapai 16%.

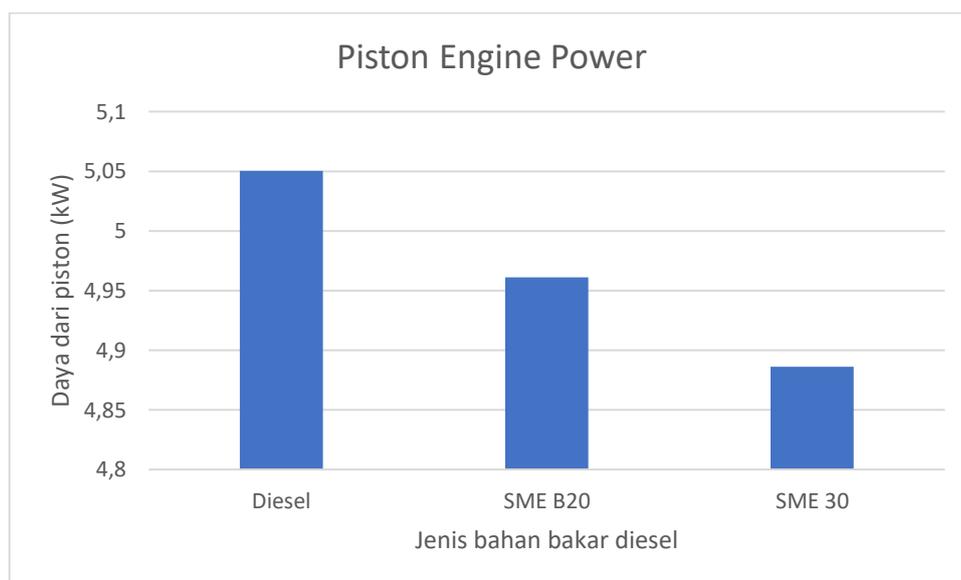
**Tabel 3. Nilai validasi penelitian ini dengan jurnal [7].**

Crank Angle	Tekanan silinder		Nilai MD
	Al-Dawody [7]	Software	
240	1.99	2.07	4%
300	5.2	4.75	9%
360	66.43	64.35	3%
420	7	8.33	16%
480	3.42	3.53	3%
MD Total			7%

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada sesi ini, akan ditampilkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak Diesel-RK pada mesin model kapal Kirloskar AV1 dengan tiga jenis bahan bakar terbarukan, yaitu soy methyl ester dengan konsentrasi yang berbeda. Respon yang diteliti dalam penelitian ini meliputi performa mesin Kirloskar AV1, antara lain daya mesin (*piston engine power*), konsumsi bahan bakar (*specific fuel consumption*), tekanan efektif rata-rata (*brake mean effective pressure*), dan efisiensi mesin (*efficiency of piston engine*). Hasil simulasi untuk tiga jenis bahan bakar terbarukan ini, menggunakan mesin Kirloskar AV1 pada putaran mesin konstan (RPM = 1500), disajikan pada pembahasan pertama, sesuai dengan ilustrasi pada Gambar 1 hingga Gambar 4.

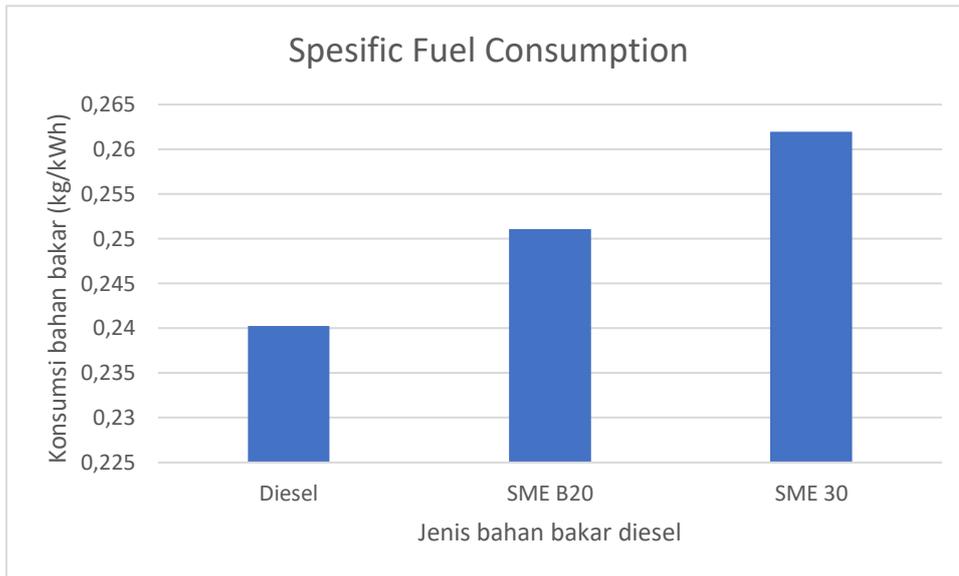
Gambar 4 menunjukkan respon piston engine power dalam satuan kilowatt (kW), yang dianalisis pada bagian ini. Bahan bakar terbarukan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Soy Methyl Ester 20% (SME20) dan Soy Methyl Ester 30% (SME30). Sebagai pembanding, bahan bakar diesel konvensional juga digunakan dalam penelitian ini. Dari hasil simulasi, jenis bahan bakar terbarukan yang menghasilkan piston engine power tertinggi adalah SME20, dengan daya sebesar 4,961 kW. Selanjutnya, SME30 menghasilkan daya sebesar 4,886 kW. Namun, daya yang dihasilkan oleh kedua bahan bakar terbarukan tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional yang menghasilkan daya mesin piston sebesar 5,05 kW. Salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya daya pada soy methyl ester, pada berbagai persentase, adalah nilai lower heating value (LHV) yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar diesel.



**Gambar 3. Data daya mesin kapal model Kirloskar AV1.**

Gambar 5 menampilkan hasil simulasi konsumsi bahan bakar spesifik (specific fuel consumption, SFC) dalam satuan kg/kWh untuk berbagai konsentrasi soy methyl ester pada mesin Kirloskar AV1. Kondisi putaran mesin dan data legenda pada sesi ini sama seperti pembahasan terkait *piston engine power*, yaitu pada putaran mesin konstan 1500 RPM. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi soy methyl ester (SME) menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar pada mesin Kirloskar AV1, sebagaimana digambarkan pada Gambar 5. Konsumsi bahan bakar untuk SME20 dan SME30 masing-masing tercatat sebesar 0,251 kg/kWh dan 0,261 kg/kWh.

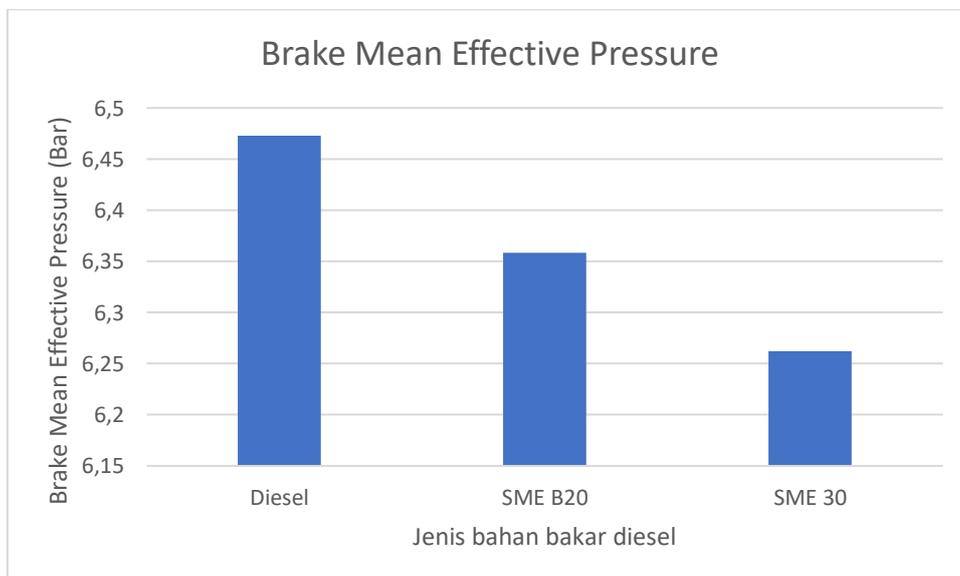
Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Al-Dawody [7], yang menunjukkan bahwa mesin diesel memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar berbasis soy methyl ester. Fenomena ini disebabkan oleh kebutuhan energi yang lebih besar untuk pembakaran bahan bakar berbasis soy methyl ester. Tingginya konsumsi bahan bakar ini juga berkaitan dengan massa jenis soy methyl ester yang lebih tinggi dibandingkan diesel, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2, yang membandingkan properti bahan bakar diesel dan soy methyl ester pada berbagai konsentrasi.



**Gambar 4. Konsumsi bahan bakar pada mesin kapal model Kirloskar AV1.**

Brake mean effective pressure (BMEP) merupakan salah satu metode yang cukup efektif untuk membandingkan performa mesin dan menunjukkan kemampuan mesin untuk menghasilkan daya keluaran pada rentang kecepatan. Dilain sisi, BMEP juga dapat digunakan untuk membandingkan performa mesin satu sama lain[8]. Menurut Alrazen et.al [8], BMEP yang tinggi menunjukkan kemampuan mesin untuk melakukan operasi dengan beban yang tinggi.

Pada **Gambar 5**, bahan bakar diesel menunjukkan lebih unggul dalam hal brake mean effective pressure jika dibandingkan dengan bahan bakar terbarukan, SME20 maupun SME30. Dengan menggunakan bahan bakar diesel menunjukkan nilai BMEP sebesar 6.47 bar. Setelah ditambahkan SME20 dan SME30 nilai BMEP turun menjadi 6.35 dan 6.26 secara berurutan. Hasil ini menunjukkan trendline yang turun pada brake mean effective pressure jika bahan bakar ditambahkan soy methyl ester.

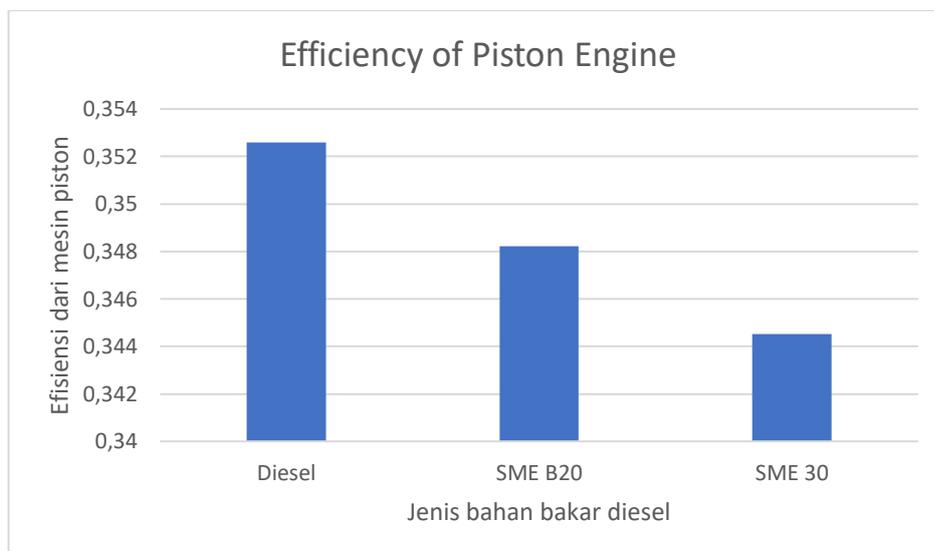


**Gambar 5. Hasil simulasi Brake Mean Efficive Pressure pada tiap jenis bahan bakar.**

Gambar 5 menampilkan hasil simulasi konsumsi bahan bakar spesifik (specific fuel consumption, SFC) dalam satuan kg/kWh untuk berbagai konsentrasi soy methyl ester pada

mesin Kirloskar AV1. Kondisi putaran mesin dan data legenda pada sesi ini sama seperti pembahasan terkait *piston engine power*, yaitu pada putaran mesin konstan 1500 RPM. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi soy methyl ester (SME) menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar pada mesin Kirloskar AV1, sebagaimana digambarkan pada Gambar 5. Konsumsi bahan bakar untuk SME20 dan SME30 masing-masing tercatat sebesar 0,251 kg/kWh dan 0,261 kg/kWh.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Al-Dawody [7], yang menunjukkan bahwa mesin diesel memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar berbasis soy methyl ester. Fenomena ini disebabkan oleh kebutuhan energi yang lebih besar untuk pembakaran bahan bakar berbasis soy methyl ester. Tingginya konsumsi bahan bakar ini juga berkaitan dengan massa jenis soy methyl ester yang lebih tinggi dibandingkan diesel, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2, yang membandingkan properti bahan bakar diesel dan soy methyl ester pada berbagai konsentrasi.



**Gambar 6. Perbandingan jenis bahan bakar dengan efisiensi dari mesin piston.**

## KESIMPULAN

Analisis efisiensi motor induksi pada *auxiliary sea water cooling pump* yang didapat dari perhitungan melalui perlakuan berupa pengumpulan data dan pengukuran motor induksi pada *panel starter* menghasilkan bahwa nilai rata-rata efisiensi motor induksi sebesar 87,44% dan tergolong ke dalam kelas IE1 dan IE2 sesuai dengan IEC 60034-30-1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa motor induksi layak digunakan dan mampu beroperasi dengan normal. *Engineer* selalu memastikan *auxiliary sea water cooling pump* dalam kondisi baik, sehingga dengan adanya perhitungan dan analisis ini dapat dipercaya bahwa *auxiliary sea water cooling pump* secara optimal menyuplai air laut dan menjaga performa *diesel generator (D/G)* dan *A.C accomodation* agar tetap memenuhi standar operasional. Di sisi lain, di dunia maritim dengan adanya penerapan analisis efisiensi ini maka akan sangat membantu *Engineer* dan *Electrician* di atas kapal untuk memastikan bahwa motor induksi layak dan berfungsi dengan baik saat beroperasi, baik sebelum maupun setelah dilakukan perbaikan (*overhaul*).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Enazi, A., Okonkwo, E. C., Bicer, Y., & Al-Ansari, T. (2021). A review of cleaner alternative fuels for maritime transportation. *Energy Reports*, vol. 7, no. 2021, pp. 1962-1985.
- [2] Mahapatra, S., Kumar, D., Singh, B., & Sachan, P. K. (2021). Biofuels and their sources of production: A review on cleaner sustainable alternative against conventional fuel, in the framework of the food and energy nexus. *Food and Energy Nexus*, vol. 4, no. 100036, pp. 1-12.
- [3] Wang, P. S., Thompson, J., Clemente, T. E., & Van Gerpen, J. H. (2010). Improving the fuel properties of soy biodiesel. *Transactions of the ASABE*, vol. 53, no. 6, pp. 1853-1858.
- [4] Mukherjee, K., Bhattacharjee, P., Roychowdhury, J., Das, B., Roy, S., & Das, M. C. (2023). Numerical investigation for performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with soybean methyl ester biodiesel-diesel blend. *Journal of Decision Analytics and Intelligent Computing*, vol. 3, no. 1, pp. 257-269.
- [5] Lin, C. Y. (2013). Effects of biodiesel blend on marine fuel characteristics for marine vessels. *Energies*, vol. 6, no. 9, pp. 4945-4955.
- [6] Pham, V. V. (2019). Research on the application of diesel-RK in the calculation and evaluation of technical and economic criteria of marine diesel engines using the unified ULSD and biodiesel blended fuel. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, vol. 42, no. 2, pp. 87-97.
- [7] Al-Dawody, M. F., & Bhatti, S. K. (2011). Effect of soybean oil biofuel blending on the performance and emissions of diesel engine using Diesel-RK software. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, vol. 3, no. 6, pp. 4539-4555.
- [8] Alrazen, H. A., Abu Thalib, A. R., Adnan, R., & Ahmad, K. A. (2016). A review of the effect of hydrogen addition on the performance and emissions of the compression-ignition engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp. 785-796.