

PENGARUH VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR BIODIESEL MINYAK JELANTAH TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR DIESEL SATU SILINDER GENERATOR SET

Ruzaki Fatra Jaya¹⁾, Lathifa Putri Afisna²⁾, M. Riyan Kaspari³⁾ dan
Krisna Pratama Wibisono⁴⁾

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri
Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

e-mail: ¹⁾ruzaki.118170029@student.itera.ac.id, ²⁾putri.afisna@ms.itera.ac.id,
³⁾mriyan.118170019@student.itera.ac.id, ⁴⁾krisna.118170031@student.itera.ac.id

Abstract: *The increasing consumption of fossil fuel energy is a problem that needs to be reviewed, marked by an imbalance between demand and available energy sources. The use of used cooking oil as biodiesel fuel is influenced by the role of the mixing process and the addition of the catalyst used. Several methods are used starting from the esterification process, transesterification to fuel purification. This study aims to analyze the performance of a single cylinder diesel motor with a heater load variation of 370, 740, 1110, 1480, and 1850 watts with an interval of 370 watts increments and a constant engine speed of 1500 rev/min fueled by the formulation used BMJ0 (pure dextlite), BMJ10, and BMJ20. The results of the largest generator effective power are the same, namely 1.92 (kW), the lowest specific fuel consumption (sfc) BMJ0 is 0.05 kg/kW.hour, the largest torque is 12.25 (N.m) BMJ20 fuel, efficiency the largest thermal value for BMJ0 fuel is 1.56%, and the largest BMEP is for BMJ20 fuel at 47.36 kPa.*

Keywords: *Used cooking oil, esterification, transesterification, diesel motor performance*

PENDAHULUAN

Meningkatnya konsumsi energi bahan bakar fosil menjadi permasalahan yang perlu ditinjau ulang ditandai dengan ketidak seimbangan antara kebutuhan dan sumber energi yang tersedia [1]. Karena energi sendiri salah satu faktor penting dalam pembangunan berkelanjutan perlu adanya energi alternatif lainnya [2]. Kekhawatiran ini disebabkan oleh keterbatasan bahan bakar fosil dan dampak terhadap lingkungan. Solusinya adalah mengurangi ketergantungan pada minyak fosil dengan mengembangkan sumber energi baru terbarukan. Salah satunya adalah pengembangan bahan bakar minyak nabati seperti minyak kelapa sawit [3]. Energi dari minyak nabati sebagai bahan bakar memang lebih menjanjikan untuk dikembangkan.

Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan bakar yang digunakan salah satunya adalah minyak kelapa sawit. Minyak kelapa sawit sendiri menjadi olahan komoditas ekspor Indonesia dan selaras dengan prioritas pemerintah dalam pemanfaatan sebagai bahan campuran bahan bakar solar dengan minyak sawit B20, terutama untuk pemenuhan bahan bakar kendaraan motor diesel [4]. Biodiesel minyak jelantah menjadi alternatif pemanfaatan dari limbah minyak goreng bekas dengan kandungan asam lemak tinggi (*Free Fatty Acid*) dilakukan proses pembentukan biodiesel dengan metode esterifikasi dan transesterifikasi bahan bakar. Kekentalan dari sifat minyak jelantah dibandingkan minyak goreng sawit murni disebabkan kandungan asam lemak jenuh dari penggorengan [5].

Penggunaan fraksi senyawa kimia dalam proses pembentukan biodiesel minyak jelantah berperan penting dan senyawa kimia yang digunakan diantaranya senyawa katalis NaCl atau NaOH dengan variasi fraksi 0,5; 0,6; dan 0,7% dari massa total minyak jelantah dan metanol. Selain itu proses pengadukan dengan menggunakan metode konvensional berpengaruh terhadap efisiensi waktu pembentukan biodiesel. Sehingga dengan memanfaatkan metode gelombang ultrasonik dapat menjaga efisiensi waktu proses pengadukan dan pembentukan metil ester yang lebih baik [6][7].

Pemanfaatan minyak jelantah menjadi biodiesel dengan menggunakan metode gelombang ultrasonik pada proses transesterifikasi masih perlu adanya pengembangan lebih lanjut. Hal inilah melatarbelakangi dilakukannya penelitian tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi bahan bakar biodiesel minyak jelantah terhadap performa motor diesel.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Mei 2022 di Laboratorium Konversi Energi, Institut Teknologi Sumatera-Lampung Selatan 35365.

Persiapan Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan:

- a. Timbangan digital
- b. *Ultrasonic cell disruptor*
- c. *Set hot plate magnetic stirrer*
- d. Corong pisah 250 ml
- e. Gelas ukur 100 ml
- f. Gelas beaker 250 ml dan 1000 ml
- g. Pipet tetes
- h. Termometer
- i. Botol penampung 1 liter
- j. Motor diesel dan generator set
- k. Beban heater
- l. Thermo hun
- m. *Tachometer*
- n. *Stopwatch*
- o. *Thermocouple*

Bahan-bahan yang digunakan

- a. Minyak jelantah
- b. Katalis KOH dan NaOH
- c. Asam Sulfat (H_2SO_4)
- d. Metanol
- e. Dexlite

Proses Esterifikasi

Pada proses esterifikasi dilakukan dengan memanasskan dan mmengaduk sampel minyak jelantah dari hasil *pretreatment* bahan baku sebanyak 200 ml ke dalam gelas beaker dengan suhu pemanasan $50-60^{\circ}C$ dengan menggunakan alat *magnetic stirrer* dengan kecepatan 700 rpm. Proses selanjutnya dilakukan penambahan metanol sebanyak 20% dan katalis KOH 5% dari volume minyak jelantah dengan tetap menjaga temperatur pemanasan konstan $50-60^{\circ}C$ selama 60 menit. Setelah mencapai waktu reaksi yang digunakan dilanjutkan proses pemisahan dan didiamkan selam ± 8 jam dengan menggunakan corong pisah sampai terbetuk 2 lapisan. Lapisan bagian atas selanjutnya digunakan sebagai bahan pada proses transesterifikasi.

Proses Transesterifikasi

Pada tahap transesterifikasi menggunakan sampel minyak jelantah dari hasil proses esterifikasi dan ditambahkan campuran fraksi katalis yang digunakan yaitu 0,5%, 0,6%, 0,7% dan konsentrasi metanol 40%. Kemudian dilanjutkan pengadukan dan pemanasan dengan menggunakan alat *ultrasonic cell disruptor* selama ± 120 menit dengan temperatur $50-60^{\circ}C$ dan kecepatan 700 rpm.

Hasil dari proses pengadukan dipisahkan dengan menggunakan corong pisah dan didiamkan selama ± 8 jam hingga terbentuk dua lapisan yaitu lapisan produk biodiesel dan gliserol dimana produk biodiesel terletak pada lapisan atas dengan warna kecoklatan dan gliserol terletak dibagian

bawah sebagai produk samping yang dihasilkan dari proses transesterifikasi tersebut. Selanjutnya dilakukan tahap pencucian atau pemurnian produk biodiesel dari hasil proses transesterifikasi [8].



Gambar 1. Hasil esterifikasi



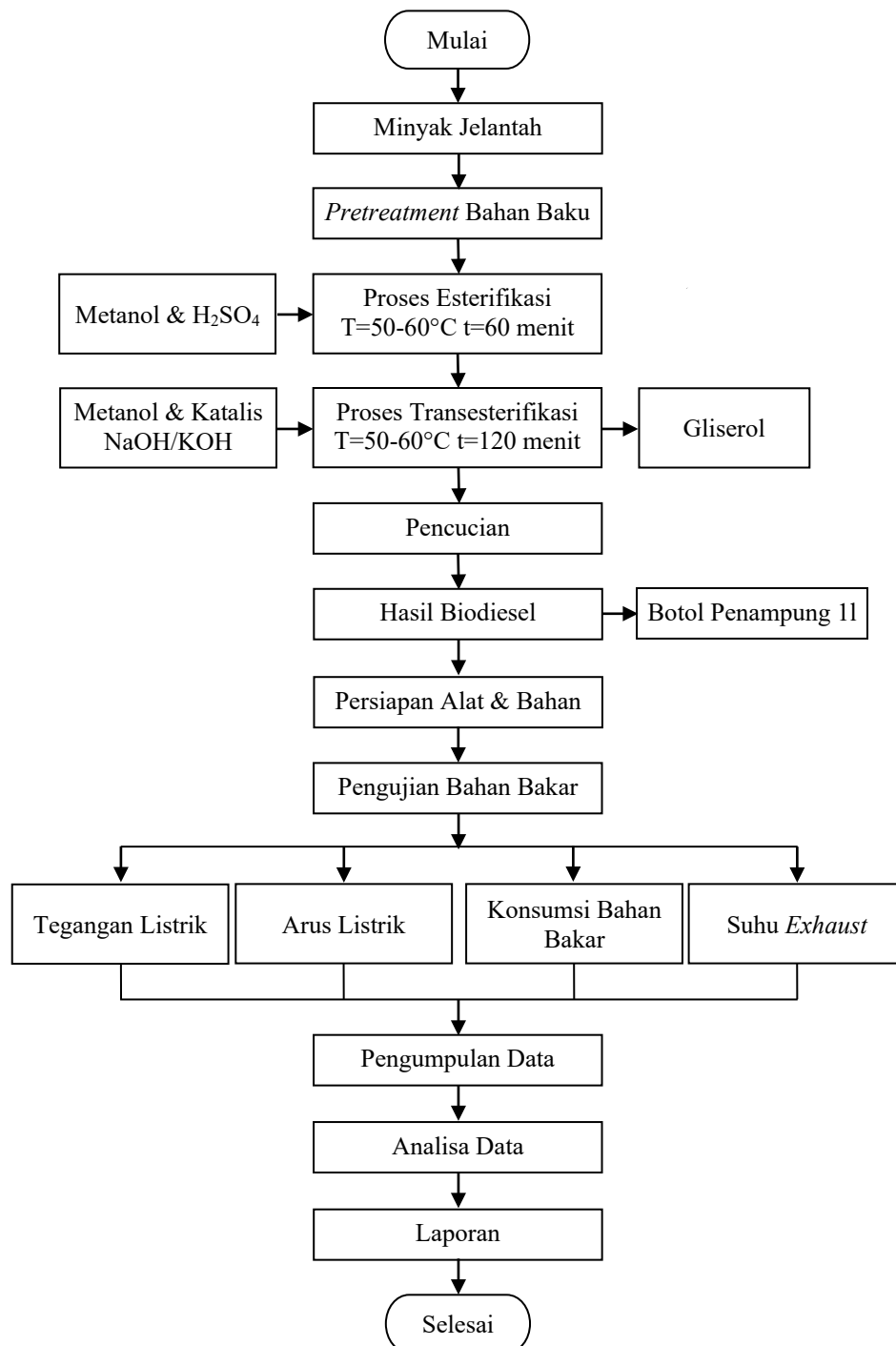
Gambar 2. Hasil transesterifikasi

Proses Pencucian

Metode pencucian biodiesel dari hasil transesterifikasi yang telah dipisahkan sebelumnya dilanjutkan dengan pemurnian dengan melakukan pencucian *water washing* atau pencucian dengan menggunakan air atau aquades. Tujuan dilakukannya pencucian untuk mendapatkan biodiesel yang lebih jernih dan menghilangkan sisa metanol.



Gambar 3. Hasil pencucian



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Parameter Unjuk Kerja Motor Diesel

a. Daya Efektif Generator (N_e)

$$N_e = \frac{v.i.\cos\varphi}{1000.\eta_{gen}} \quad (1)$$

b. Torsi (M_t)

$$M_t = \frac{60000.N_e}{2\pi n} \quad (2)$$

- c. Konsumsi bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption*)

$$sfc = \frac{3600 . M_{bb}}{N_e . s} \quad (3)$$

- d. Efisiensi thermal

$$\eta_{th} = \frac{\text{Daya efektif yang dihasilkan}}{\text{Energi panas BB persatuan waktu}} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = \frac{N_e . s}{M_{bb} . LHV_{Dexlite}} \times 100\% \quad (4)$$

- e. BMEP (*Brake Mean Effective Pressure*)

$$bmep = \frac{60 . N_e . z}{A . l . n . i} \quad (5)$$

Variabel Penelitian

- Variabel bebas: Minyak jelantah, metanol, dexlite dan katalis KOH dan NaOH.
- Variabel terikat: Fraksi katalis dan parameter unjuk kerja (arus listrik, tegangan listrik pada generator, waktu konsumsi bahan bakar per 5 ml dan suhu *exhaust*).
- Variabel kontrol: Waktu pencampuran pada proses esterifikasi dan transesterifikasi, variasi beban *heater*, dan putaran konstan motor diesel 1500 rpm.

Tabel 1. Formulasi bahan bakar

Komposisi	Formulasi	Volume Total
Dexlite murni	BMJ0	1 liter
10% Biodiesel & 90% Dexlite	BMJ10	1 liter
20% Biodiesel & 80% Dexlite	BMJ20	1 liter

Tabel 2. Spesifikasi motor diesel

Merek	Dafeng S195
Tipe	4 Langkah
Jumlah Silinder	1 Silinder
Diameter X Panjang Langkah	95x115 mm
Jumlah Emisi Piston	0,815 l
Tegangan Maksimum/Rpm	14 HP/2200
Daya	8,82 kW
Daya Tekan Efisien	649,2 KPa
Sistem Pendinginan	Hoper
Cara Menghidupkan	Engkol
Ukuran Peti	780x450x630 mm
Berat Bersih	148 kg

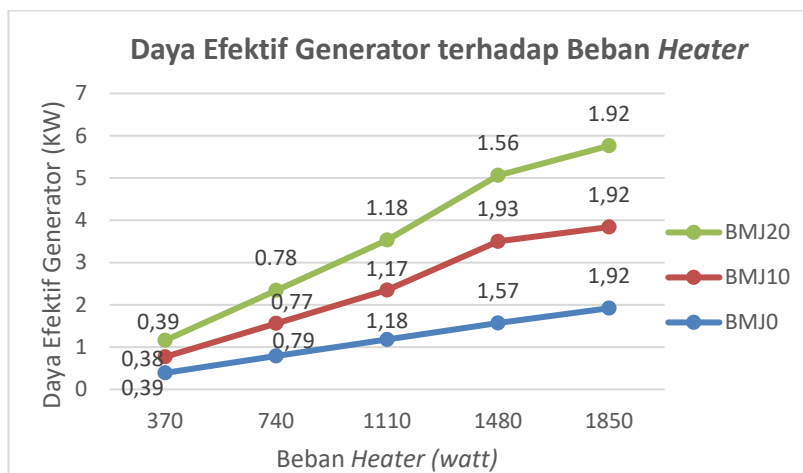
Tabel 3. Spesifikasi generator listrik

Merek	MATARI
Tipe	ST-7.5
Keluaran Maksimum	7,5 kW
Tegangan	230 V
Arus	32,6 A
Phase	1
Pole Number	4
Frekuensi	50 Hz
Power Factor	1
Kecepatan Putar	1500 rpm

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Daya efektif generator terhadap variasi beban *heater*

Gambar 5 menunjukkan nilai daya efektif generator untuk semua variasi bahan bakar pada variasi beban hingga 1850 watt dengan putaran mesin konstan 1500 rev/min.

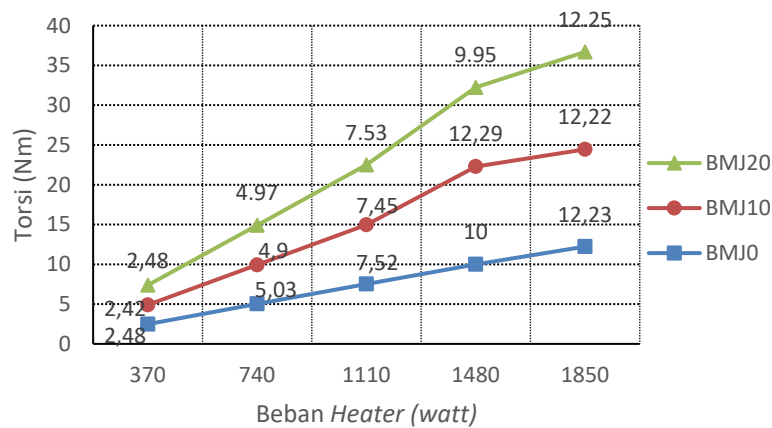


Gambar 5. Grafik daya efektif generator terhadap beban *heater*

Grafik daya efektif generator (Ne) yang diperoleh umumnya mengalami kenaikan seiring dengan penambahan beban yang diberikan. Ini menandakan bahwa dengan beban putaran yang sama akan menghasilkan arus dan tegangan listrik yang lebih tinggi seiring bertambahnya beban mesin yang digunakan. Hal ini mengakibatkan nilai daya yang dihasilkan pun akan meningkat dikarenakan semakin banyak bahan bakar yang dimasukkan ke dalam ruang bakar. Adapun nilai rata-rata daya efektif (Ne) terbesar diperoleh oleh variasi bahan bakar BMJ0, BMJ10, dan BMJ20 yaitu sebesar 1,92 Kw. Sedangkan nilai rata-rata terkecil diperoleh oleh variasi bahan bakar BMJ10 sebesar 0,38 kW. Dalam pengujian ini putaran mesin dijaga konstan, maka perubahan nilai daya efektif generator (Ne) bergantung pada variasi beban *heater* yang diberikan serta penggunaan bahan bakar yang berbeda formulasinya. Sesuai dengan Persamaan (1) yang digunakan dimana (Ne) adalah daya efektif generator kW), V adalah tegangan listrik (volt), i adalah arus listrik (Ampere), dan gen adalah efisiensi mekanisme dari generator listrik yaitu bernilai 0,95. Sehingga, semakin bertambahnya beban yang diberikan akan menghasilkan daya efektif yang lebih tinggi

b. Torsi terhadap variasi beban *heater*

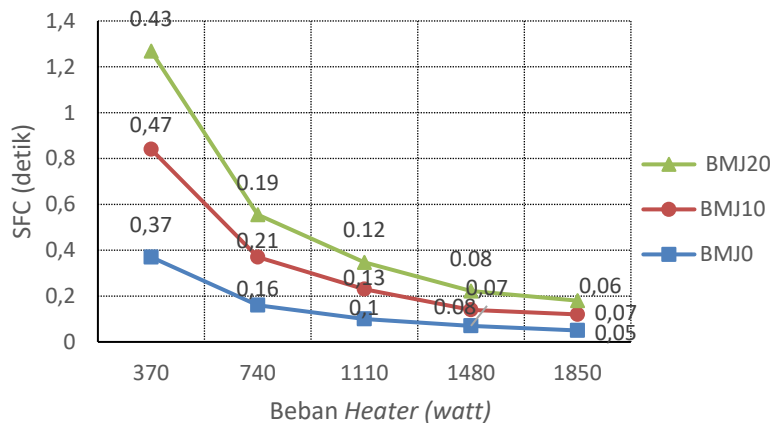
Gambar 6 adalah grafik nilai torsi terhadap putaran mesin. Torsi (Mt) merupakan kemampuan dari mesin untuk melakukan kerja atau dapat pula didefinisikan sebagai kekuatan putar dari poros engkol yang dapat menggerakkan suatu kendaraan. Perubahan nilai torsi yang didapat akan bergantung pada variasi beban yang diberikan. Hal ini sesuai dengan Persamaan (2) yang digunakan dimana (Mt) adalah torsi (N.m), (Ne) adalah daya efektif generator (kW), dan n adalah putaran mesin yang diberikan (rev/min). Merujuk pada persamaan (2) dimana nilai torsi berbanding lurus dengan nilai daya. Semakin besar nilai daya yang dihasilkan akan semakin besar torsi yang didapatkan. Gambar 6 menunjukkan *trendline* yang meningkat seiring dengan bertambahnya beban mesin yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mencapai beban mesin 1850 watt menghasilkan torsi yang semakin besar. Diperoleh nilai rata-rata torsi terbesar pada variasi bahan bakar BMJ20 sebesar 12,25 N.m disusul dengan BMJ0 sebesar 12,23 N.m, sedangkan nilai terkecil diperoleh oleh variasi bahan bakar MS30 yaitu sebesar 2,42 N.m.



Gambar 6. Grafik perbandingan torsi terhadap beban *heater*

c. *Specific Fuel Consumption* terhadap variasi beban *heater*

Berdasarkan hasil pengolahan data yang diperoleh untuk nilai konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



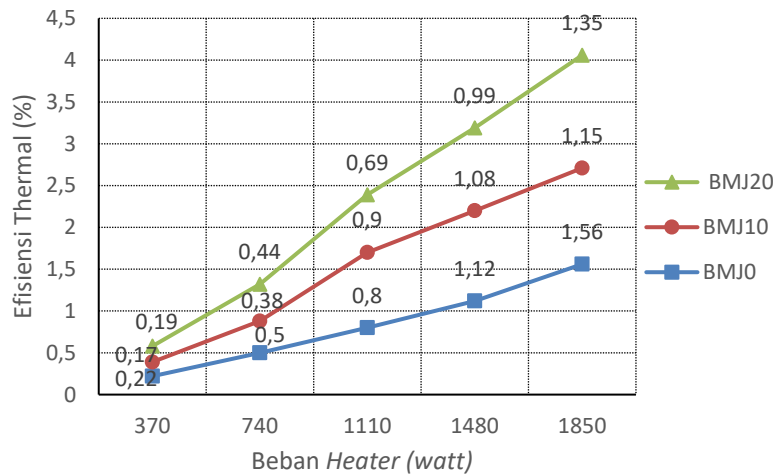
Gambar 7. Grafik perbandingan sfc terhadap beban *heater*

Gambar 7 Pengaruh Biodiesel minyak jelantah ke dalam bahan bakar dextrite sangat mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Gambar 7 di atas menunjukkan bahwa nilai *Specific Fuel Consumption* pada masing-masing bahan bakar cenderung menurun seiring dengan bertambahnya beban mesin. Pada SFC yang dihasilkan ini besarnya bergantung dari waktu yang dibutuhkan bahan bakar agar habis sebanyak 5 ml dan juga besarnya arus dan tegangan. Nilai arus dan tegangan digunakan untuk menghitung besarnya daya yang dihasilkan mesin sehingga dapat menghitung berapa jumlah SFC pada masing-masing bahan bakar tersebut. Pada seluruh *trendline* grafik cenderung menurun dan berbeda-beda antar bahan bakar. Hal ini menandakan bahwa dengan putaran yang sama, penambahan beban mesin akan menghasilkan nilai waktu konsumsi bahan bakar dan nilai daya meningkat sehingga mengakibatkan nilai SFC yang dihasilkan pun akan cenderung menurun.

d. Efisiensi thermal terhadap variasi beban *heater*

Gambar 8 merupakan grafik dari efisiensi termal (η_{th}) terhadap beban *heater* yang divariasikan. Perubahan nilai efisiensi termal (η_{th}) yang terjadi dipengaruhi oleh nilai dari konsumsi bahan bakar spesifik (sfc). Hal ini sesuai dengan persamaan 4 dimana η_{th} adalah efisiensi termal (%), mbb sebesar 0,00423 kg, serta nilai LHV dextrite sebesar 43.000 kJ/kg. Nilai efisiensi termal

berbanding terbalik dengan konsumsi bahan bakar spesifik, jika nilai sfc yang diperoleh cukup rendah maka nilai η_{th} yang didapatkan akan meningkat.

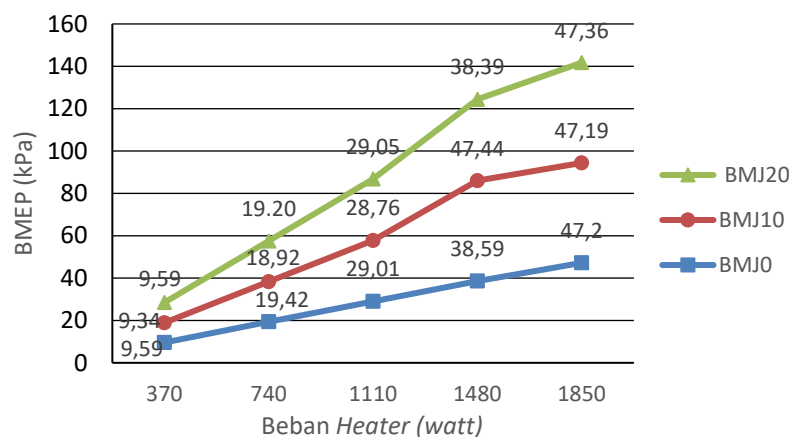


Gambar 8. Grafik perbandingan efisiensi thermal terhadap beban *heater*

Dari gambar tersebut dapat dilihat jika nilai efisiensi rata-rata terbesar (η_{th}) diperoleh oleh bahan bakar dextrite dengan nilai 1,56%, sedangkan nilai rata-rata terkecil diperoleh oleh jenis bahan bakar BMJ10 sebesar 0,17% dengan variasi beban *heater* dan putaran mesin yang konstan.

e. BMEP terhadap variasi beban *heater*

Tekanan efektif rata-rata (bmep) merupakan besar tekanan konstan yang bekerja mendorong torak agar dapat tereksansi sehingga menghasilkan suatu daya mekanis yang sama dengan daya poros efektif. Nilai torsi dari mesin sangat dipengaruhi oleh nilai (bmep) yang dapat dihasilkan dari mesin tersebut, sehingga grafik nilai (bmep) dari mesin sangat identik dengan grafik nilai torsi. Berdasarkan hasil pengolahan data yang diperoleh untuk nilai tekanan efektif rata-rata (bmep) dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Grafik perbandingan bmep terhadap beban *heater*

Dapat terlihat dari gambar di atas bahwa secara umum penambahan beban *heater* akan membuat nilai (bmep) yang dihasilkan oleh mesin semakin tinggi. Proses pembakaran terjadi saat campuran antara udara dengan bahan bakar menghasilkan tekanan konstan yang bekerja pada piston untuk melakukan langkah kerja. Apabila ditinjau dari fenomena yang terjadi pada mesin, dengan

adanya penambahan putaran mesin maka tekanan ekspansi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal inilah yang menyebabkan nilai (bmep) akan menjadi lebih tinggi dari putaran sebelumnya karena dengan adanya penambahan putaran mesin. Nilai rata-rata terbesar bmep pada bahan bakar BMJ20 sebesar 47,36 kPa. Sedangkan nilai rata-rata terkecil bmep yaitu pada bahan bakar BMJ10 sebesar 9,34 kPa.

SIMPULAN

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan bakar biodiesel dengan menggunakan metode konvensional dan pemanfaatan gelombang ultrasonik dan pengaruh penambahan katalis berperan penting dalam pembuatan bahan bakar biodiesel dari minyak jelantah. Dari nilai parameter unjuk kerja yang telah dihasilkan pada pengujian motor diesel untuk beban *heater* yang divariasikan dari 370, 740, 1110, 1480, dan 1850 watt dan putaran mesin dijaga konstan sebesar 1500 rev/min. Parameter tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator akan berpengaruh terhadap hasil perhitungan daya efektif generator. Hasil perhitungan daya tersebut akan digunakan pada perhitungan nilai torsi, SFC, efisiensi *thermal*, dan BMEP. Sehingga parameter ini sangat berpengaruh terhadap perhitungan unjuk kerja mesin. Sedangkan pada parameter waktu konsumsi bahan bakar akan berpengaruh terhadap perhitungan nilai SFC dan efisiensi *thermal* yang dihasilkan. Semakin lama waktu yang diperlukan bahan bakar untuk habis 5 ml maka semakin baik bahan bakar tersebut. Dapat diketahui bahwa daya efektif generator terbesar sama yaitu 1,92 (kW). Sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) terendah yaitu formulasi bahan bakar BMJ0 (dexlite murni) sebesar 0,05 kg/kW.jam. Kemudian untuk nilai torsi terbesar yaitu pada formulasi bahan bakar BMJ20 sebesar 12,25 (N.m). Sedangkan untuk nilai efisiensi *thermal* (%) terbesar pada formulasi bahan bakar BMJ0 (dexlite murni) sebesar 1,56%. Kemudian untuk nilai BMEP terbesar pada formulasi bahan bakar BMJ20 sebesar 47,36 kPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Hariyanto, A. Gamayel, and F. Mulyana, "Pengaruh Campuran Biodiesel-Minyak Nabati-Minyak Atsiri Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel," *J. Mek. Terap.*, vol. 02, no. 01, pp. 41–47, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.pnj.ac.id/index.php/jmt/article/view/3819/2390>.
- [2] A. E. Setyono, B. Fajar, and T. Kiono, "Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan : Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050," *JEET J. Energi Baru Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2021, doi: 10.14710/jeet.2021.11157.
- [3] J. Kepyar, S. Bahan, and B. Biodiesel, "Pemanfaatan minyak nabati (minyak jarak pagar dan jarak kepyar) sebagai bahan baku biodiesel," *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 2, no. Oktober, pp. 81–94, 2021.
- [4] D. Rahayu, R. C. Wihandika, and R. S. Perdana, "Implementasi Metode Backpropagation Untuk Klasifikasi Kenaikan Harga Minyak Kelapa Sawit," vol. 2, no. 4, pp. 1547–1552, 2018.
- [5] C. M. Bayetero, C. M. Yepez, I. B. Cevallos, and E. H. Rueda, "Prosiding Pengaruh penggunaan aditif dalam campuran biodiesel pada kinerja dan opasitas mesin diesel," vol. 49, pp. 93–99, 2022.
- [6] A. A. dan M. S. Hamri, Kusno, "Analisis Prestasi Mesin Diesel dengan Menggunakan Campuran Solar dengan Minyak Goreng," vol. 18, no. 1, pp. 39–44, 2018.
- [7] Syarifudin, H. N. Cahyo, and A. Supriyadi, "Korelasi Propertis Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang dan Performa Mesin Diesel," *J. Infotekmesin*, vol. 11, no. 01, pp. 9–13, 2020, doi: 10.35970/infotekmesin.v11i1.91.
- [8] A. T. Dewanti, M. Fitrah, B. Setiawan, and A. Suryanto, "Journal of Chemical Process Engineering Uji Aktifitas Katalis NaOH / Ni / gamma Al₂O₃ pada Proses Transesterifikasi (Activity Test of NaOH / Ni / gamma Al₂O₃ Catalyst In Palm Oil Transesterification Process)," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 6, no. 2655, 2021.