

Studi eksperimental kinerja mesin TV-1 (*engine research test*) berbahan bakar campuran diesel-biodiesel

Muhammad Iskandar Musa, Marthen Paloboran, Ismail Rahim, Mohammad Ahsan S Mandra, Herman

Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar
Jalan Daeng Tata Raya, Parang Tambung, Makassar 90224
Email korespondensi: hermanmahmud20022000@gmail.com

Abstrak

Kajian ini berbasis eksperimen laboratorium yang menggunakan mesin *engine research test*. Menggunakan bahan bakar biodiesel campuran minyak dan bahan bakar solar. Komposisi pencampuran biodiesel yang digunakan di kajian ini yaitu sebanyak B35, B40, dan B50 ke dalam bahan bakar solar dalam satuan mililiter (ml). Pengujian dilakukan dengan memvariasikan beban dan rasio kompresi (CR) yaitu beban 3 kg, 5 kg, 8 kg, dan rasio kompresi 14, 16, dan 18. Pengumpulan data menggunakan teknik observasi dengan menggunakan tabel untuk mencatat hasil pengambilan data yang didapatkan. Dengan menggunakan teknik analisis deskriptif berupa grafik dan tabel untuk mempermudah mengetahui hasil pengujian. Adapun hasil dari analisis kinerja *engine research test* yang didapatkan yakni adanya peningkatan kinerja seiring bertambahnya pembebanan pada rasio kompresi rendah dengan penambahan biodiesel pada bahan bakar solar, sedangkan pada rasio kompresi tinggi daya terbesar didapatkan pada bahan bakar campuran B35. Konsumsi bahan bakar paling rendah pada komposisi pencampuran berada pada campuran B35, sedangkan opasitas kepadatan emisi yang didapatkan paling rendah berada pada pencampuran biodiesel B35 dan B40.

Kata kunci: biodiesel, solar, kinerja, opasitas kepadatan emisi.

Abstract

This research is a laboratory experimental research that uses research testing machines. Using biodiesel fuel, a mixture of oil and diesel fuel. The composition of the biodiesel mixture used in this research was B35, B40, and B50 into diesel fuel in millilitres (ml). Tests were carried out by varying the load and compression ratio (CR), namely loads of 3 kg, 5 kg, 8 kg, and compression ratios of 14, 16, and 18. Data collection used observation techniques using tables to record the study results obtained. By using descriptive analysis techniques in the form of graphs and tables to make it easier to find out the study results. The results of the study from the engine performance research tests obtained were that performance increased with increasing loading at low compression ratios with the addition of biodiesel to diesel fuel, while at high compression ratios, the greatest power was obtained from B35 mixed fuel. However, the lowest fuel consumption in the mixture composition is the B35 mixture. Meanwhile, the lowest emission density opacity obtained was in the mixture of B35 and B40 biodiesel.

Keywords: biodiesel, diesel, performance, emission density opacity.

1. Pendahuluan

Kendaraan bermotor terus berkembang seiring perkembangan zaman, perkembangan tersebut membawa konsekuensi pada penggunaan bahan bakar kendaraan [1]. Kendaraan yang beroperasi saat ini menggunakan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utama. Penggunaan bahan bakar fosil itulah yang menjadi pemicu meningkatnya emisi hidrokarbon di udara yang pada akhirnya merusak lingkungan secara keseluruhan. Oleh sebab itu, perlu sedari dini dipikirkan untuk mengupayakan atau mengusahakan jenis bahan bakar baru yang bersifat lebih *renewable resources* [2,3].

Berkembangnya teknologi kendaraan bermotor itulah yang dapat meningkatkan emisi hidrokarbon, sehingga dapat memicu pemanasan global, hal inilah yang menjadi isu utama saat ini [4]. Terkait dengan hal itu, maka bahan bakar yang bisa menjadi substitusi

bahan bakar solar (diesel) adalah biosolar (biodiesel) yang sumbernya dapat diperoleh dari sumber-sumber nabati yang banyak ditemukan di Indonesia [5]. Sekarang ini Indonesia sudah mewajibkan penggunaan bahan bakar B30 pada kendaraan-kendaraan yang beroperasi di Indonesia, tetapi seiring dengan tuntutan atau peraturan-peraturan pemerintah, maka ke depannya perlu semakin ditingkatkan konsentrasi atau komposisi biosolar (biodiesel) dalam bauran bahan bakar di Indonesia yang ditemui atau yang dipilih masyarakat melalui stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) [6].

Bahan bakar biodiesel lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, sehingga menurunkan risiko pemanasan global dan membantu program kerja pemerintah saat ini di Indonesia. Biodiesel memiliki titik nyala yang lebih tinggi daripada bahan bakar fosil, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi

kerusakan pada mesin. Biodiesel dipilih sebagai bahan bakar alternatif untuk diesel karena mampu mengurangi emisi karbon dioksida yang merupakan penyumbang utama pada pemanasan global dengan pengembangan biodiesel dilakukan antara lain untuk mengurangi penggunaan konsumsi bahan bakar solar. Selain itu juga, penggunaan biodiesel berfungsi untuk mengurangi kepadatan emisi dari hasil pembakaran.

Berdasarkan kajian sebelumnya biodiesel dianggap sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan karena dapat terbarukan dan menghasilkan gas buang yang relatif lebih bersih dibandingkan dengan bahan bakar solar konvensional yaitu solar. Selain itu, biodiesel dianggap ramah lingkungan karena gas buang hasil pembakaran yang dilepaskan ke atmosfer, mereka akan diserap kembali oleh tanaman keperluan fotosintesis. Biodiesel mengurangi emisi gas buang di udara [7].

Biodiesel lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, sehingga menurunkan risiko pemanasan global dan membantu program kerja Pemerintah di Indonesia. Biodiesel memiliki titik nyala yang lebih tinggi daripada bahan bakar fosil, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pada pembakaran dan mengurangi kerusakan pada mesin [8].

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, daya yang dihasilkan, terjadi perubahan peningkatan kinerja dengan campuran bahan bakar biodiesel pada bahan bakar solar dan cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya rasio kompresi (CR), pengujian konsumsi bahan bakar didapatkan paling rendah pada campuran B35 dengan konsumsi 0,37% kg/kWh dengan pembebanan 8 kg, dan terjadi penurunan kepadatan emisi gas buang dengan penambahan biodiesel pada campuran B35 [9].

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dari pengujian, dapat mengambil kesimpulan bahwa bahan bakar campuran biodiesel pada mesin *engine research test* menghasilkan nilai daya lebih besar yang dihasilkan daripada penggunaan bahan bakar solar. Nilai daya yang maksimum tertinggi sebesar 2,31 kW pada campuran B35 [10].

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, penurunan opasitas kepadatan emisi gas buang disebabkan oleh pembakaran yang terjadi di dalam mesin, cenderung lebih sempurna dari hasil pengujian dengan nilai opasitas kepadatan emisi gas buang yang dimiliki pada bahan bakar campuran B35 hasil penurunan opasitas kepadatan emisi gas buang pada campuran B35 di rasio kompresi 16 dibandingkan dengan bahan bakar solar sebesar 9,6% [11,12].

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, peningkatan torsi pada pencampuran minyak jelantah semakin meningkat dibandingkan bahan bakar solar murni [13]. Peningkatan yang didapatkan pada campuran B35 pada rasio kompresi 18 sebesar

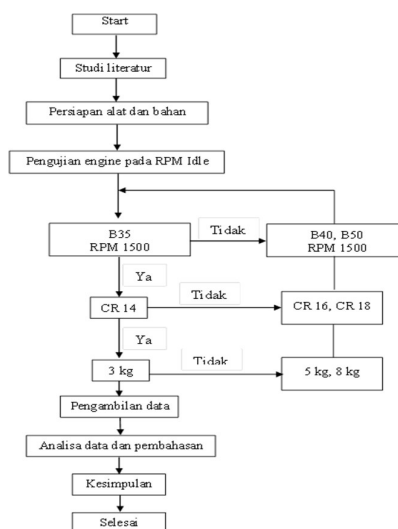
14,71% torsi yang dihasilkan, dibandingkan bahan bakar solar yang dihasilkan paling tinggi 14,42% pada rasio kompresi 18 [14].

2. Metode

Kajian ini bersifat eksperimental, yaitu kaji eksperimen yang digunakan untuk mencari pengaruh dengan memberikan perlakuan tertentu terhadap yang lain, dalam hal mempengaruhi yang terkendali. Pengujian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2023 hingga selesai, di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Negeri Makassar, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Peralatan yang digunakan pada pengujian terdiri dari gelas ukur, selang, *stop watch*, dan mesin uji *engine research test*. Variabel dalam kajian ini mengacu pada rancangan yang dibagi menjadi 2 variabel, yaitu variabel *independent* dan variabel *dependent*. Variabel *independent* (bebas) yang digunakan dalam hal ini adalah penggunaan bahan bakar solar dan penggunaan bahan bakar campuran Biodiesel B35, B40, dan B50, serta variasi putaran rasio kompresi dimulai dari 14, 16, 18, dan variasi beban dari 3 kg, 5 kg, dan 8 kg. Variabel *dependent* (terikat) adalah unjuk kerja mesin dan opasitas kepadatan emisi gas buang pada *engine research test*, Konsumsi bahan bakar (kg/s), torsi (Nm), daya (penggunaan kW). Gambar 1 berikut menunjukkan skema instrumen yang digunakan, sedangkan Gambar 2 merupakan diagram alir pengujian.



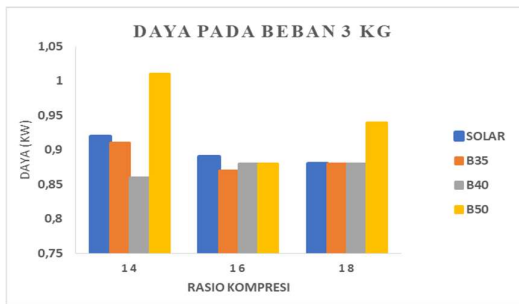
Gambar 1. Skema instrumen.



Gambar 2. Diagram alir.

3. Hasil dan Pembahasan

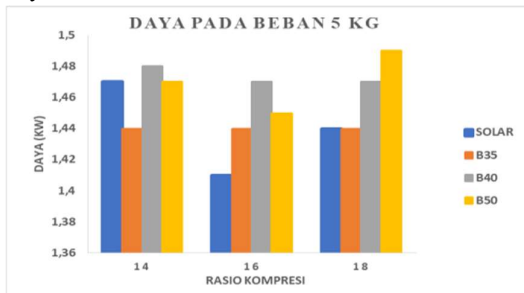
Hasil pengujian yang diperoleh dengan cara melakukan percobaan pada mesin uji (*Engine Research Test*) satu silinder dengan 1500 rpm (konstan). Pengambilan data dilakukan di setiap rasio kompresi 14, 16, dan 18 menggunakan beban 3 kg, 5 kg, dan 8 kg. Pengujian yang dilakukan dengan menganalisis daya, konsumsi bahan bakar dan opasitas emisi pada mesin (*Engine Research Test*) menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel, adapun variasi campuran biodiesel yaitu B35, B40, dan B50 Dalam satuan milliliter (ml) per satu liter (1000 ml). Hasil pengujian kinerja mesin pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram daya beban 3 kg.

Gambar 3 di atas, didapatkan hasil kajian daya yang dihasilkan di CR 14 paling tinggi berada pada bahan bakar B50 yaitu sebesar 1,01 kW. Sementara itu untuk rasio kompresi 16, diperoleh nilai tertinggi berada pada bahan bakar solar yaitu sebesar 0,89 kW, dan untuk CR 18 yang tertinggi adalah B50 yaitu 0,94 kW. Sedangkan daya yang terendah berada pada bahan bakar campuran adalah B40 yaitu 0,86 kW dan daya yang terendah pada bahan bakar solar yaitu 0,88 kW.

Pada pengukuran daya untuk pembebanan 3 kg, diketahui bahwa nilai daya tertinggi adalah untuk bahan bakar biodiesel sebesar 1,01 kW pada CR 14. Sementara itu untuk bahan bakar solar hanya dicapai daya sebesar 0,92 kW.

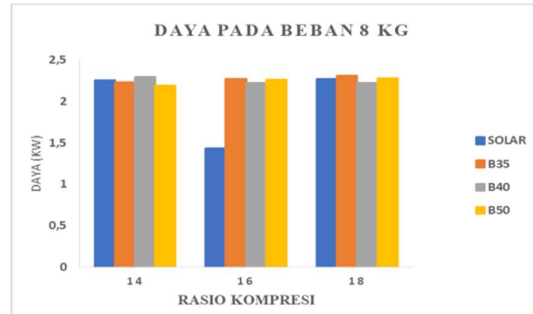


Gambar 4. Diagram daya beban 5 kg.

Gambar 4 di atas, untuk pembebanan 5 kg, didapatkan hasil kajian daya yang dihasilkan di CR 14 cenderung sama (konstan) pada bahan bakar solar dan biodiesel yaitu 1,47 kW. Sementara itu untuk rasio kompresi 16, diperoleh nilai tertinggi berada pada bahan bakar B40 yaitu 1,47 kW, dan untuk CR 18 yang tertinggi adalah B50 yaitu 1,49 kW. Sedangkan daya yang

terendah pada bahan bakar campuran adalah B35 yaitu 1,44 kW dan daya yang terendah pada bahan bakar solar yaitu 1,41 kW.

Pada pengukuran daya untuk pembebanan 5 kg, diketahui bahwa nilai daya tertinggi adalah untuk bahan bakar biodiesel sebesar 1,49 kW pada CR 18. Sementara itu untuk bahan bakar solar hanya dicapai daya sebesar 1,47 kW.

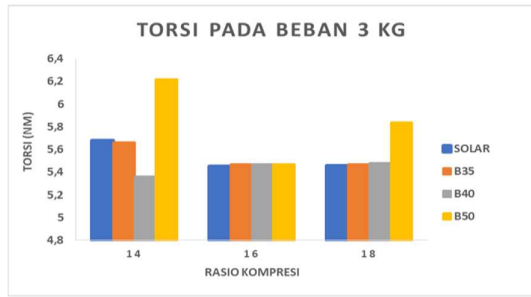


Gambar 5. diagram daya beban 8 kg.

Gambar 5 di atas, pada pembebanan 8 kg didapatkan hasil kajian daya yang dihasilkan di CR 14 paling tinggi berada pada bahan bakar B40 yaitu 2,28 kW. Sementara itu untuk CR 16, diperoleh nilai tertinggi berada pada bahan bakar B35 yaitu 2,27 kW, dan untuk CR 18 yang tertinggi adalah B35 yaitu 2,31 kW. Sedangkan daya yang terendah pada bahan bakar campuran adalah B50 yaitu 2,19 kW, dan daya yang terendah pada bahan bakar solar yaitu 1,43 kW.

Pada pengukuran daya untuk pembebanan 8 kg, diketahui bahwa nilai daya tertinggi adalah untuk bahan bakar biodiesel sebesar 2,31 kW pada CR 18. Sementara itu untuk bahan bakar solar hanya dicapai daya sebesar 2,27 kW.

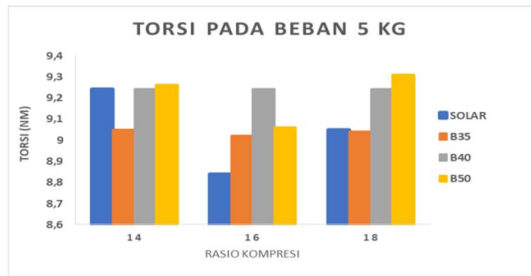
Gambar 6 di bawah, didapatkan hasil kajian torsi yang dihasilkan di CR 14 paling tinggi berada pada bahan bakar B50 yaitu sebesar 6,22 Nm. Sementara itu untuk rasio kompresi 16, cenderung sama (konstan) pada bahan bakar campuran biodiesel yaitu 1,47 Nm, dan untuk CR 18 yang tertinggi adalah B50 yaitu 9,31 Nm. Sedangkan torsi yang terendah berada pada bahan bakar campuran adalah B40 yaitu 5,36 Nm dan torsi yang terendah pada bahan bakar solar yaitu 5,45 Nm.



Gambar 6. Diagram torsi beban 3 kg.

Pada pengukuran torsi untuk pembebanan 3 kg, diketahui bahwa nilai torsi tertinggi adalah untuk bahan bakar B50 sebesar 9,31 Nm pada CR 18. Sementara itu untuk bahan bakar solar hanya dicapai torsi sebesar 5,68 Nm pada CR 14.

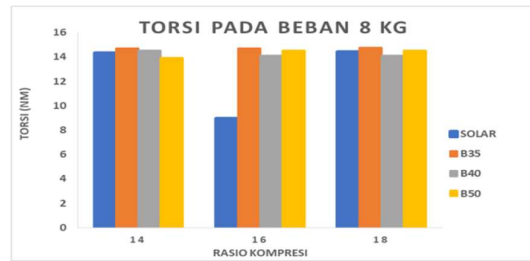
Gambar 7 di bawah, didapatkan hasil kajian torsi yang dihasilkan di CR 14 paling tinggi berada pada bahan bakar B50 yaitu sebesar 9,26 Nm. Sementara itu untuk CR 16 diperoleh nilai tertinggi berada pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 9,24 Nm, dan untuk CR 18 yang tertinggi adalah B40 yaitu 9,31 Nm. Sedangkan torsi yang terendah berada pada bahan bakar campuran adalah B35 yaitu 9,02 Nm di CR 16, dan torsi yang terendah pada bahan bakar solar yaitu 9,05 Nm.



Gambar 7. Diagram torsi beban 5 kg.

Pada pengukuran torsi untuk pembebanan 5 kg, diketahui bahwa nilai torsi tertinggi adalah berada pada bahan bakar B50 sebesar 9,31 Nm pada CR 18. Sementara itu untuk bahan bakar solar hanya dicapai torsi sebesar 9,24 Nm.

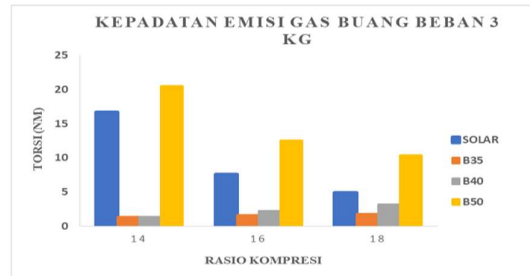
Gambar 8 di bawah, didapatkan hasil kajian torsi yang dihasilkan di CR 14 paling tinggi berada pada bahan bakar B35 yaitu sebesar 14,68 Nm. Sementara itu untuk rasio kompresi 16, diperoleh nilai tertinggi berada pada bahan bakar B35 yaitu sebesar 14,71 Nm, dan untuk CR 18 yang tertinggi adalah B35 yaitu 14,73 Nm. Sedangkan torsi yang terendah berada pada bahan bakar campuran adalah B40 yaitu 14,04 Nm, dan torsi yang terendah pada bahan bakar solar yaitu 8,97 Nm.



Gambar 8. Diagram torsi beban 8 kg.

Pada pengukuran torsi untuk pembebanan 8 kg, diketahui bahwa nilai torsi tertinggi adalah berada pada bahan bakar B35 yaitu sebesar 14,73 Nm pada CR 18. Sementara itu untuk bahan bakar solar hanya dicapai torsi sebesar 14,42 Nm.

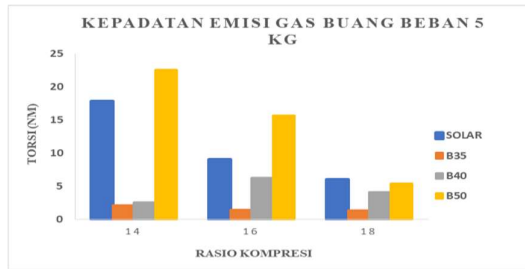
Gambar 9 di bawah ini menunjukkan bahwa untuk pembebanan 3 kg, didapatkan hasil kajian opasitas emisi yang dihasilkan di CR 14 cenderung sama (konstan) pada bahan bakar campuran B35 dan B40 yaitu 1,4%. Sementara itu untuk CR 16, diperoleh nilai terendah berada pada bahan bakar B35 yaitu sebesar 1,6%, dan untuk CR 18 yang terendah adalah berada pada bahan bakar B50 yaitu sebesar 1,4%. Sedangkan opasitas emisi yang tertinggi pada bahan bakar campuran adalah B50 yaitu 20,5% dan opasitas emisi yang tertinggi pada bahan bakar solar yaitu sebesar 16,7%.



Gambar 9. Diagram opasitas beban 3 kg.

Pada pengukuran opasitas emisi untuk pembebanan 3 kg, diketahui bahwa nilai terendah berada pada bahan bakar biodiesel yaitu sebesar 1,4%. Sementara itu untuk bahan bakar solar hanya dicapai yaitu 4,9%.

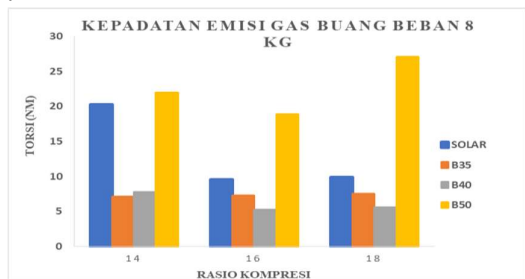
Gambar 10 di bawah ini menunjukkan untuk pembebanan 5 kg, didapatkan hasil kajian opasitas emisi yang dihasilkan di CR 14 paling rendah pada bahan bakar B35 yaitu 2,2%. Sementara itu untuk CR 16, diperoleh nilai terendah berada pada bahan bakar B35 yaitu sebesar 1,5%, dan untuk CR 18 yang terendah adalah berada pada bahan bakar B35 yaitu sebesar 1,4%. Sedangkan opasitas emisi yang tertinggi pada bahan bakar campuran adalah B50 yaitu 22,6%, dan opasitas emisi yang tertinggi pada bahan bakar solar yaitu sebesar 17,9%.



Gambar 10. Diagram opasitas beban 5 kg.

Pada pengukuran opasitas emisi untuk pembebanan 5 kg, diketahui bahwa nilai terendah berada pada bahan bakar B35 yaitu sebesar 1,4% di CR 18. Sementara itu untuk bahan bakar solar hanya dicapai yaitu 6%.

Gambar 11 di bawah menunjukkan untuk pembebanan 8 kg, didapatkan hasil kajian opasitas emisi yang dihasilkan di CR 14 paling rendah pada bahan bakar B35 yaitu 7,1%. Sementara itu untuk CR 16, diperoleh nilai terendah berada pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 5,3%, dan untuk CR 18 yang terendah adalah berada pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 5,6%. Sedangkan opasitas emisi yang tertinggi pada bahan bakar campuran adalah B50 yaitu 27,1%, dan opasitas bahan bakar solar tertinggi yaitu sebesar 20,3%.



Gambar 11. Diagram opasitas beban 8 kg.

Pada pengukuran opasitas emisi untuk pembebanan 8 kg, diketahui bahwa nilai terendah berada pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 5,3% di CR 16. Sementara itu untuk bahan bakar solar hanya dicapai yaitu 9,6%.

Analisis kinerja mesin yang menjadi fokus analisis kajian ini adalah daya efektif, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik dan opasitas emisi. Berdasarkan hasil kajian, didapatkan bahwa penambahan biodiesel pada bahan bakar solar dapat meningkatkan kinerja mesin *engine research test*. Daya dan torsi efektif mesin mengalami peningkatan seiring bertambahnya rasio kompresi (CR) dengan penambahan biodiesel. Namun seiring bertambahnya rasio kompresi, konsumsi bahan bakar mengalami penurunan. Efisiensi termal dan BMEP mesin cenderung menurun daripada penggunaan bahan bakar solar murni. Selain itu, pada rasio kompresi rendah (CR) terjadi AFR yang mendekati campuran *stoichiometry* pada penggunaan bahan bakar dengan campuran biodiesel, sehingga pembakaran lebih sempurna serta dapat meningkatkan kinerja mesin.

Analisis kinerja pada pembebanan 3 kg, 5 kg, dan 8 kg didapatkan konsumsi paling rendah yaitu pada bahan bakar campuran B35 sebesar 0,37%. Daya tertinggi didapatkan pada bahan bakar campuran B35 sebesar 2,31 kW pada CR 18 dengan pembebanan 8 kg dengan daya terendah berada pada campuran B40 pada rasio kompresi 14 pada pembebanan 3 kg sebesar 0,86 kW. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kompresi dan pembebanan, maka semakin besar daya atau kinerja yang dihasilkan pada mesin. Opasitas emisi terendah berada pada campuran B35 dan B40 yaitu sebesar 1,4% dan opasitas terendah pada bahan bakar solar yaitu 4,9%. Sedangkan opasitas tertinggi berada pada campuran bahan bakar B50 sebesar 27,1% di CR 18 pada pembebanan 8 kg, dan opasitas emisi paling tinggi pada bahan bakar solar sebesar 20,3% di CR 14 pada pembebanan 8 kg.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian yang diuraikan sebelumnya, maka diambil simpulan bahwa terjadi perubahan peningkatan daya dengan penggunaan campuran biodiesel pada bahan bakar solar, cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya rasio kompresi (CR). Tetapi campuran biodiesel mengalami penurunan seiring bertambahnya komposisi, maka daya yang dihasilkan semakin rendah. Terjadi tren peningkatan torsi yang dihasilkan dengan penggunaan campuran biodiesel pada bahan bakar solar, cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya rasio kompresi (CR). Konsumsi bahan bakar paling rendah pada campuran B35 dengan rata-rata konsumsi 0,37 kg/kWh dengan pembebanan 8 kg dibandingkan dengan bahan bakar solar hanya dicapai sebesar 0,38 kg/kWh. Terjadi tren penurunan opasitas kepadatan emisi dengan penambahan biodiesel berada pada campuran B35 di rasio kompresi 16 dibandingkan bahan bakar solar. Terdapat pengaruh yang signifikan pada penambahan biodiesel di bahan bakar solar terhadap daya pada mesin *engine research test*. Terdapat pengaruh yang signifikan pada penurunan opasitas kepadatan emisi pada mesin *engine research test* dengan penambahan biodiesel pada bahan bakar solar.

Daftar Pustaka

- [1] Darmanto, Seno, and Ireng Sigit. 2017. "Analisa Biodiesel Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Minyak Diesel." 64 Traksi 4(2): 31.
- [2] Havendri, Adly. 2015. "Kaji Eksperimental Perbandingan Prestasi Dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Bahan Bakar Campuran Solar Dengan Biodiesel CPO Sawit, Minyak Jarak, Dan Minyak Kelapa." Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin VII (November): 1-11.
- [3] INSANI, M N. 2021. "Efek Penambahan Plasma- Ozon Terhadap Kinerja Dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel.

- "http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/5808/%0Ahttp://repository.unhas.ac.id/id/eprint/5808/2/D022192009_tesis1-2.pdf.
- [4] Kusuma, Septian Tri, R B Suryasa, and Novi Laura Indrayani. 2019. "Torsi Dan Daya Mesin Diesel 2.5 L Berbahan Bakar Biodiesel Campuran Minyak KelapaSawit." *Sinergi*(2017):157–64. <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/sinergi/article/view/1709%0Ahttps://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/sinergi/article/download/1709/1473>.
- [5] Oko, Syarifuddin, and Irmawati Syahrir. 2018. "Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis CaO Superbasa Dari PemanfaatanLimbahCangkangTelurAyam." *Jurnal Teknologi* 10(2i):113–21. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/1782>.
- [6] Padang, Yesung Allo. 2018. "Uji Eksperimental Konsumsi Bahan Bakar Mesin Berbahan Bakar Biodiesel Minyak Kelapa Hasil Metode Kering." *Dinamika Teknik Mesin* 1(2).
- [7] Wicaksana, Arif, and Tahar Rachman. 2018. *AngewandteChemieInternational Edition*,6(11),951–952.3(1):10–27. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>.
- [8] Arikunto, & Suharsimi. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [9] Wiratmaja, I., & Elisa, E. (2020). *Study Of Bioethanol Utilization Opportunities As The Main Fuel For*. Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, 8 (1), 1-8.
- [10] Herawati, Fitriani. 2016. *Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dan Ampas Segar Kelapa Sawit Dengan Proses Transesterifikasi In Situ Memanfaatkan Katalis Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [11] Hutomo, Sri Gati. 2019. *Pengaruh Pencampuran Minyak Jelantah Dengan Berbagai Persentase Pada Proses Pembakaran Jelantah*. Universitas Janabadra Yogyakarta. Misbachudin, Lilis Yuliati, dan Oyong Novareza. 2017. *Pengaruh Persentase Biodiesel Minyak Nyamplung –Solar Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet*. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.8, No.1
- [12] Wiratmaja, I., & Elisa, E. (2020). *Study Of Bioethanol Utilization Opportunities As The Main Fuel For*. Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, 8 (1), 1-8.
- [13] Afriyani, R. (2015). *Efisiensi Termal Kompor Tekan Minyak Jelantah (Pengaruh Rasio Optimal Campuran Minyak Jelantah Dan Kerosin)*. Other Thesis, Politeknik Negeri Surabaya, 4–19. <Http://Eprints.Polsri.Ac.Id/94/3/BabIi.Pdf>
- [14] Irvansyah, M.B. 2020. *Pengaruh Campuran Solar dengan Biodiesel dri Residu Minyak dalam Limbah Padat Spent Bleaching Earth yang Diproduksi secara In Situ terhadap Karakteristik dan Kinerja Mesin Diesel*. Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.