

## PENGARUH PENAMBAHAN BIOADITIF MINYAK ATSIRI PADA BAHAN BAKAR BIOSOLAR TERHADAP KINERJA MESIN DIESEL

### EFFECT OF ESSENTIAL OIL BIO-ADDITIVE ADDITION TO B30 BIODIESEL FUEL ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE

Meika Syahbana Rusli<sup>1,2\*</sup>, Gilang Ramadhan<sup>1</sup>, Hari Setiapraja<sup>3</sup>, Obie Farobie<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Jl. Raya Dramaga, Babakan Dramaga, Bogor 16680, Indonesia  
E-mail: [mrusli@apps.ipb.ac.id](mailto:mrusli@apps.ipb.ac.id)

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, LPPM IPB University, Kampus IPB Baranangsiang,

<sup>3</sup>LT2MP, BRIN, Gedung 230, Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan 15314

<sup>4</sup>Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University

Makalah: Diterima 18 Desember 2021; Diperbaiki 26 Maret 2022; Disetujui 20 April 2022

#### ABSTRACT

B30 is a blend of 30% biodiesel produced from the transesterification process of vegetable oils and 70% diesel derived from fossil fuels. The use of biodiesel is still facing the problems such as high particulate value, water content, and reduced filter life, so it is necessary to improve the fuel-containing biodiesel with bio-additives. This study aimed to determine the effect of bio-additive addition on the characteristics of B30, performance and exhaust emissions of diesel engines, and to determine the best formula from two types of formulas, namely bio additive A (a mixture of turpentine oil, clove terpenes, and citronella) and bio additive B (a mixture of turpentine oil, clove terpene, and rhodinol). The concentration of bio-additive used in the engine performance test was 0.1%. The experimental data was then analyzed using descriptive analysis and one-way ANOVA on the 95% level of characterization testing. The best formula was found in formula B based on the performance test analysis, which increased the torque and power values by 18.09–24.58 Nm and 3.85–5.04 KW, respectively. Furthermore, fuel consumption increased in the bio-additive A by 1,238–1,546 mL/hour and bio-additive B by 1,215 – 1,515 mL/hour. Intriguingly, the CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions values decreased by 6–17.6% and 337–1,205 ppm, respectively. Nevertheless, it was observed that the smoke number increased by 2.85 – 6, 45 FSN in bio-additive B.

Keywords: B30, biodiesel, bio-additive; diesel engine; essential oil

#### ABSTRAK

Biosolar B30 merupakan bahan bakar minyak campuran dengan perbandingan 70: 30 dari solar yang berasal dari fosil dan biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak nabati. Penggunaan biodiesel memiliki permasalahan seperti tingginya nilai partikulat, kadar air dan berkurangnya umur filter sehingga perlu ditingkatkan kualitas bahan bakar yang mengandung biodiesel tersebut dengan penambahan bioaditif. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh penambahan bioaditif terhadap karakteristik B30, performa dan emisi gas buang mesin diesel serta menentukan formula terbaik dari dua jenis formula, yaitu bioaditif A (campuran minyak terpentin, *clove terpen*, sereh wangi) dan bioaditif B (campuran minyak terpentin, *clove terpen*, rhodinol). Pengolahan data menggunakan metode analisis deskriptif. Selain itu, menggunakan *one-way anova* pada pengujian karakterisasi pada taraf 95%. Untuk melihat perbedaan masing-masing perlakuan dilakukan uji lanjut berupa uji *Least Significance Different*. Berdasarkan analisis pada uji performa dihasilkan formula terbaik adalah formula bioaditif B yang ditunjukkan pada nilai torsi dan daya yang mengalami kenaikan sebesar 18,09–24,58 Nm dan 3,85–5,04 KW, konsumsi bahan bakar mengalami kenaikan pada bioaditif A sebesar 1.238–1,546 mL/jam dan bioaditif B sebesar 1.215– 1.515 mL/jam, penurunan nilai emisi CO<sub>2</sub> sebesar 6–17,6% , penurunan nilai emisi NO<sub>x</sub> sebesar 337–1.205 ppm, namun ada kenaikan *Smoke* sebesar 2,85 – 6,45 FSN pada bioaditif B. Adapun konsentrasi bioaditif yang digunakan pada uji kinerja mesin adalah sebesar 0,1%.

Kata kunci: B30, biodiesel, bioaditif, mesin diesel, minyak atsiri

#### PENDAHULUAN

Semakin sedikitnya cadangan bahan bakar menjadi salah satu hal yang dikhawatirkan dimasa mendatang terutama industri yang menggunakan bahan bakar solar. Bahan bakar minyak petrodiesel (Automatic Diesel Oil) atau sering disebut dengan

solar merupakan salah satu bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui sehingga menyebabkan cadangan bahan bakar semakin tipis. Semakin menipisnya cadangan bahan bakar menyebabkan semakin meningkatnya harga dipasaran (Munawir, 2006). Oleh karena itu, penting dilakukannya usaha penghematan bahan bakar yang masih tersedia. Salah

satu cara penghematan bahan bakar yang masih tersedia adalah dengan melakukan substitusi bahan bakar nabati khususnya biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang didapatkan melalui proses reaksi kimia antara minyak hewani atau nabati dengan alkohol rantai pendek, seperti etanol, metanol, atau butanol dengan bantuan katalis, proses ini disebut dengan proses transesterifikasi (Srivastava dan Prasad, 2000). Biosolar merupakan hasil campuran solar dengan biodiesel (Ali dan Nugroho, 2017). Sebagai salah satu penghasil sawit terbesar di dunia Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk mendorong penggunaan biofuel berbasis dasar sawit tersebut. Saat ini, Indonesia mampu memproduksi minyak sawit sebanyak 42 juta ton/tahun (Farobie dan Hartulistiyoso, 2022). Pelaksanaan penggunaan serta pengembangan biofuel dalam mengurangi penggunaan BBM di Indonesia telah didukung dengan Undang-undang tentang Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2015 tentang pasokan, pemanfaatan dan sistem perdagangan biofuel. Dalam peraturan ini, pemerintah menentukan kewajiban minimal penggunaan biofuel (biosolar, bioetanol, dan minyak nabati murni) bagi sektor Public Service Obligation (PSO), seperti usaha mikro, usaha perikanan, usaha pertanian, transportasi, layanan publik, transportasi non PSO, industri dan komersial pembangkit listrik hingga tahun 2025. Implementasi penggunaan bahan bakar nabati telah ditetapkan oleh pemerintah dengan mewajibkan penggunaan campuran minimum biosolar 20% atau B20.

Pemerintah telah menetapkan peraturan berupa mewajibkan penggunaan B20 di sektor PSO, transportasi non-PSO, industri dan komersial serta pembangkit listrik melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 12 tahun 2015 tentang Perubahan Ketiga atas Permen ESDM nomor 32 tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain, sedangkan, pada tahun 2020 pemerintah mulai meningkatkan pencampuran biosolar wajib minimal 30% atau B30. Peraturan tentang standar dan kualitas biosolar di Indonesia juga telah diatur dalam Keputusan Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi 189.K/10/DJE Tahun 2019.

Umumnya penggunaan biosolar sebagai bahan bakar ini memiliki keunggulan, yaitu lebih ramah lingkungan. Hal ini dibuktikan penggunaan biosolar dapat mereduksi emisi karbonmonoksida dan karbondioksida. Sifat dari hasil emisi yang dihasilkan biosolar cenderung lebih mudah terurai (biodegradable), tidak lebih beracun dibandingkan dengan solar, memiliki cetane number lebih baik, asap yang dihasilkan cenderung tidak berwarna hitam serta tidak mengandung sulfur (Maceiras *et al.*, 2011). Namun, dibalik keunggulan yang ditawarkan masih

ada juga dampak negatif yang ditimbulkan oleh penggunaan bahan bakar biosolar.

Permasalahan yang timbul akibat penggunaan biosolar diantaranya adalah berkurangnya umur filter yang disebabkan oleh penyumbatan, potensi terbentuknya endapan pada mesin, serta sifat higroskopis biosolar juga rentan menyebabkan peningkatan kandungan air pada bahan bakar yang dapat menyebabkan kerusakan pada mesin. Selain itu, meski pada penggunaan biosolar dapat menurunkan polutan Particulate Matter (PM), Hydrocarbon (HC) dan Carbon Monoxide (CO) turun namun pada kandungan Nitrogen Oxide (NOx) kandungannya naik. Peningkatan NOx pada penggunaan B30 terjadi sebanyak 2,4% pada B30, 3,9% pada B40 serta 7,9% pada B50 (Malley *et al.*, 2021). NOx adalah gas yang dihasilkan dari proses reaksi antara nitrogen dan oksigen saat pembakaran yang dapat buruk bagi kesehatan dari permasalahan di atas maka penting untuk menjaga kualitas dan standar bahan bakar yang akan digunakan sesuai dengan peraturan yang ditetapkan oleh Direktur Jenderal Minyak dan Gas. Selain itu, dengan memerhatikan hasil emisi yang dihasilkan dari penggunaan biosolar perlu dilakukan perbaikan agar dampak ke lingkungan yang dihasilkan lebih kecil ke depannya. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas bahan bakar biosolar adalah dengan menambahkan zat aditif.

Bioaditif merupakan unsur yang berasal dari tumbuhan yang dapat digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan kualitas bahan bakar. Minyak atsiri dapat dimanfaatkan sebagai bioaditif dikarenakan memiliki karakteristik mudah menguap dan diharapkan dapat menekan jumlah air yang ada pada bahan bakar biosolar. Minyak atsiri merupakan bahan bioaditif berasal dari bahan nabati (tumbuhan) sehingga tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Minyak serai wangi, terpenin, clove terpen, serta rhodinol adalah beberapa jenis yang digunakan sebagai bioaditif yang bersifat mudah menguap dan larut ke dalam bahan bakar. Penambahan minyak serai wangi dan minyak cengkeh mampu menurunkan penggunaan jumlah bahan bakar (Septiadi, 2017). Penambahan terpenin dapat menurunkan emisi pada hasil pembakaran terutama pada gas CO, HC dan CO<sub>2</sub>, dilihat dari hal tersebut penambahan minyak terpenin membuat pembakaran pada mesin lebih sempurna (Sulistyo, 2015). Penambahan bioaditif menggunakan eugenol dan sitronelal pada bahan bakar dapat juga menurunkan laju konsumsi gas CO, NOx, SO<sub>2</sub> dan total partikulat pada gas buang hasil pembakaran, sedangkan, pada penambahan rhodinol dapat menurunkan laju konsumsi, kadar partikulat dan kadar air pada bahan bakar solar (Arkan, 2019).

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan di atas maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi senyawa minyak atsiri serai wangi, clove terpen, terpenin serta rhodinol sebagai

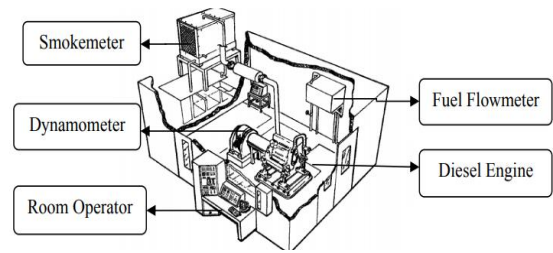
bioaditif pada biosolar B30 melalui evaluasi pada kinerja mesin diesel dan kualitas emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran mesin diesel. Secara spesifik, tujuan dari penelitian ini ialah mengetahui pengaruh penambahan bioaditif turunan minyak atsiri terhadap karakteristik B30, performa dan emisi gas buang mesin diesel serta menentukan formula terbaik dari 2 jenis formula, yaitu bioaditif A (campuran terpenin, clove terpen dan sereh wangi) dan bioaditif B (campuran terpenin, clove terpen dan rhodinol) yang dilakukan pada putaran yang berbeda-beda. Penelitian ini menggunakan dua jenis formula yaitu formula Bioaditif A yang merupakan campuran minyak terpenin, clove terpen dan sereh wangi serta formula B yang merupakan dari campuran minyak terpenin, clove terpen dan rhodinol. Perbedaan formula tersebut ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan yaitu minyak atsiri dan fraksi turunan minyak atsiri yang lebih murni. Rhodinol merupakan fraksi turunan dari minyak sereh wangi yang dihasilkan dari proses fraksinasi distilasi vakum. Fraksi ini kaya akan senyawa sitronellol dan geraniol sehingga kandungan yang lebih murni diharapkan mampu memberikan kinerja mesin yang lebih baik.

**BAHAN DAN METODE**

**Alat dan Bahan**

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan bakar biosolar B30 dan dua formula bioaditif. Bahan bakar B30 merupakan bahan bakar biosolar yang didapatkan dari perusahaan stasiun pengisian bahan bakar X, sedangkan 2 formula bioaditif merupakan hasil formulasi campuran minyak atsiri yang didapatkan dari penyulingan rakyat PT. X yang terdiri dari minyak terpenin (*Pinus merkursii*), clove terpen dari fraksi minyak cengkeh (*Syzygum aromaticum*), sereh wangi (*Cymbopogon nardus. L*) dan rhodinol dari fraksi minyak sereh wangi (*Cymbopogon nardus. L*). Masing-masing bioaditif formula A dan B ditambahkan ke dalam biosolar dengan konsentrasi 0,1%. Campuran kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnetik supaya bioaditif tercampur homogen.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan digital, *magnetic stirrer*, oven, *density meter DMA 4100M Anton Paar*, gelas ukur, gelas piala, *Karl fischer Titration (ASTM D1744)*, *Lasernet 200 Series (ASTM D7596)*, *bom calorimeter (ASTM D4809)*, *flash point tester (ASTM D3828)*, *viskometer (ASTM D445)*, *engine test cell*, *fuel flow meter*, *fuel temperatur*, *fuel pressure*, *exhaust temperature*, *smokemeter*, *room temperature*, mesin genset pertanian RD 65 DI-1S, *Auto Gas Analyzer Testo 350*, bor pengaduk, *homoginezer*, pipet volume, jerigen dan jarum injek. Penggambaran ilustrasi beberapa alat uji engine yang digunakan selama penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat uji bahan bakar mesin. Sumber: (Reksowadojo *et al.*, 2020)

**Prosedur Kerja Uji Kinerja**

Pengujian kinerja pada penelitian ini mengacu pada SNI 0119 2012 tentang spesifikasi, kinerja dan metode pengujian motor penyalaan kompresi bolak-balik untuk penggunaan umum. Pengujian yang dilakukan berfokus pada variabel parameter uji torsi, daya, konsumsi bahan bakar, serta konsumsi bahan bakar secara spesifik (*Specific Fuel Consumption*). Pengukuran data putaran pada mesin dilakukan secara langsung menggunakan sensor yang ada pada dinamometer (Setyadi, 2008). Sedangkan pengukuran daya, torsi, konsumsi bahan bakar dapat dihitung menggunakan persamaan (Ramesh dan Sampathrajan, 2008), (Heywood, 1998) dan (Arismunandar, 1997). Hasil yang diperoleh dari pengujian bahan bakar biosolar B30 dengan campuran bioaditif akan dibandingkan dengan bahan bakar biosolar B30 tanpa penambahan bioaditif.

Tahapan pengujian dimulai dari penyalaan mesin yang akan digunakan, kemudian mesin dipanaskan 15-20 menit hingga suhu kinerja oli mesin mencapai 80°C. Konsumsi bahan bakar spesifik dihitung pada tiap variasi beban dan putaran pada mesin kemudian dihitung menggunakan perbandingan laju alir bahan bakar, volume bahan bakar, waktu untuk menghabiskan bahan bakar dalam mL yang diukur menggunakan alat *flowmeter pierburg* yang diteruskan dan dicatat oleh komputer. Perlakuan yang sama dilakukan pada semua jenis perlakuan bahan bakar baik B30 dengan perlakuan maupun tidak.

Selanjutnya adalah perhitungan nilai torsi (T) pada mesin diukur menggunakan dinamometer yang memberikan beban kepada mesin bakar. Prinsip yang digunakan dalam pengujian torsi adalah pengereman yang dilakukan pada poros keluar mesin, yang kemudian mengukur gaya gesek yang tercipta. Gaya gesek yang terjadi dapat dibaca pada massa pembebanan yang terbaca oleh dinamometer. Persamaan yang digunakan untuk mengukur besar torsi yang diberikan menggunakan persamaan (1) (Ramesh dan Sampathraja, 2008), (Heywood, 1998) dan (Arismunandar, 1997) sebagai berikut:

$$T = W \times l \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

W = Beban terbaca pada skala timbangan (N)

l = Jarak pembebanan dengan putaran (m)

Brake Power (BP) adalah tenaga yang dikeluarkan mesin yang siap untuk melakukan kerja. Nilai BP dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$BP = [2\pi \times T \times N] / 60000 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

BP = Brake Power (KW)

T = Torsi (Nm)

N = Putaran mesin (rpm)

Selain pengukuran diatas pengukuran yang dilakukan secara bersamaan adalah pengukuran konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh mesin  $fc = gr/dt$ . Kemudian dari hasil konsumsi bahan bakar dan juga BP didapatkan nilai SFC (Specific Fuel Consumption) yang dapat dirumuskan menggunakan persamaan (3).

$$SFC = [konsumsi\ bahan\ bakar \left(\frac{gr}{jam}\right)] / BP(KW) ..(3)$$

Data yang diperoleh dari konsumsi ini juga akan berkaitan erat dengan jumlah gas buang. Semakin tinggi konsumsi bahan bakar maka semakin tinggi juga gas buang.

**Uji Emisi**

Uji emisi dilakukan pada tiga jenis emisi, yaitu pada NOx, CO<sub>2</sub> dan Smoke. Pengujian dilakukan bersamaan dengan dilakukannya pengujian performa mesin. Pengujian ini dilakukan di sembilan titik putaran mesin. Masing-masing titik dilakukan pengujian selama 15 menit. Masing-masing titik pengujian dilakukan sebanyak tiga kali perulangan.

Pengujian emisi pada mesin dilakukan menggunakan alat berupa switch (penghubung) sensor. Alat tersebut diletakkan pada lubang gas buang yang dihubungkan ke alat Auto Gas Analyzer gas buang akan dibaca oleh sensor pada alat dan data

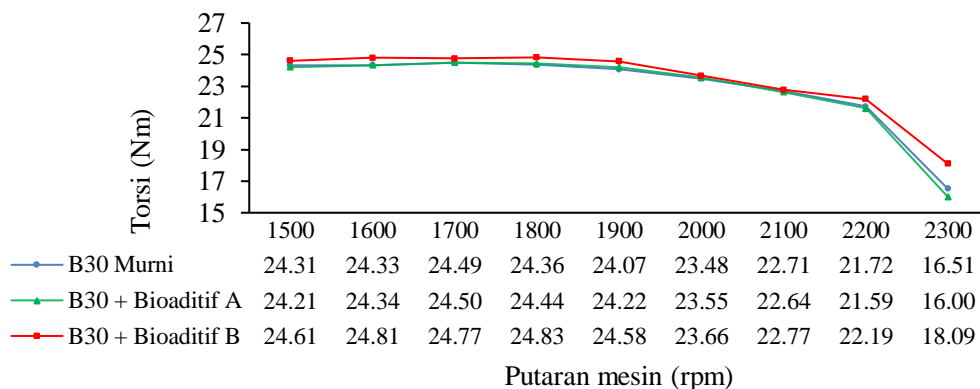
akan muncul pada layar, sedangkan pada pengujian emisi smoke dilakukan menggunakan alat berupa switch penghubung sensor. Alat tersebut diletakkan pada lubang gas buang yang dihubungkan pada alat AVL Smokemeter partikel gas buang akan diambil kemudian dibaca oleh optik pada alat dan data akan muncul pada layar. Cara uji emisi sama seperti data sebelumnya diambil di setiap variasi putaran.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengaruh Bioaditif Terhadap Torsi**

Torsi merupakan salah satu yang penting untuk diamati dari sebuah pengujian kinerja suatu mesin. Torsi dapat diartikan sebagai gaya putar yang dihasilkan oleh poros engkol atau kemampuan motor untuk melakukan kerja (Setyaningsih *et al.*, 2018). Salah satu alat ukur sederhana yang digunakan dalam pengujian ini yang berguna untuk mengukur besaran suatu torsi yang dihasilkan adalah prony brake. Prony brake merupakan perangkat sederhana berbentuk silinder penjepit berlingan. Silinder penjepit pulley sebagai beban pada motor bakar yang diuji. Torsi yang dihasilkan suatu motor bakar sangat dipengaruhi oleh faktor gaya tekan hasil pembakaran atau beban yang terbaca pada skala timbangan (Nm) dan jari-jari engkol pada motor bakar atau lengan. Lengan torsi merupakan faktor tetap sedangkan gaya tekan hasil pembakaran atau beban yang terbaca merupakan faktor tidak tetap artinya dalam kasus ini gaya tekan atau beban yang menjadi faktor paling berpengaruh.

Hasil gaya tekan yang dihasilkan oleh proses pembakaran akan maksimal jika campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam tekanan kompresi maksimal. Nilai torsi yang dihasilkan akan naik dan juga turun tergantung pada tinggi rendahnya putaran yang dihasilkan oleh motor bakar. Torsi dan daya maksimum yang dihasilkan oleh motor bakar pada setiap mesin satu dengan mesin lainnya terjadi pada putaran yang berbeda-beda (Pramuhadi *et al.*, 2016). Pengaruh putaran mesin terhadap torsi pada uji kinerja dan emisi mesin diesel disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Pengaruh putaran mesin terhadap torsi akibat penambahan bioaditif

Hasil perhitungan nilai torsi motor bakar yang ditambahkan B30 bioaditif A maupun bioaditif B dibandingkan dengan B30 murni memiliki pola yang sama. Bahan bakar yang ditambahkan bioaditif A hasil torsi yang dihasilkan cenderung sama dibandingkan dengan B30 murni, sedangkan, pada bioaditif B memiliki nilai torsi yang naik dibandingkan dua jenis bahan bakar lainnya, yaitu B30 murni dan B30 bioaditif A. Peningkatan nilai torsi terjadi di semua putaran, peningkatan nilai torsi pada bahan bakar dengan pencampuran bioaditif B terjadi sebanyak 0,1 - 5% dibandingkan bahan bakar B30 murni. Peningkatan torsi ini dapat terjadi karena beberapa faktor diantaranya penambahan bioaditif pada bahan bakar. Bioaditif yang terbuat dari beberapa campuran bahan, yaitu minyak terpenin, *clove terpen* dan rhodinol yang merupakan bahan yang mengandung senyawa aromatik dan karna adanya fraksi turunan minyak sereh wangi yaitu rhodinol yang dapat membantu mengoptimalkan kinerja pada mesin (Wisesa, 2020). Nilai torsi yang diperoleh pada semua campuran naik pada putaran 1500-1800 rpm, sedangkan pada putaran tinggi torsi dapat mengalami penurunan dikarenakan oleh pengaruh beban yang semakin berkurang serta terjadinya peningkatan gesekan pada putaran yang tinggi (Setyadi, 2008).

**Pengaruh Bioaditif Terhadap Daya Mesin**

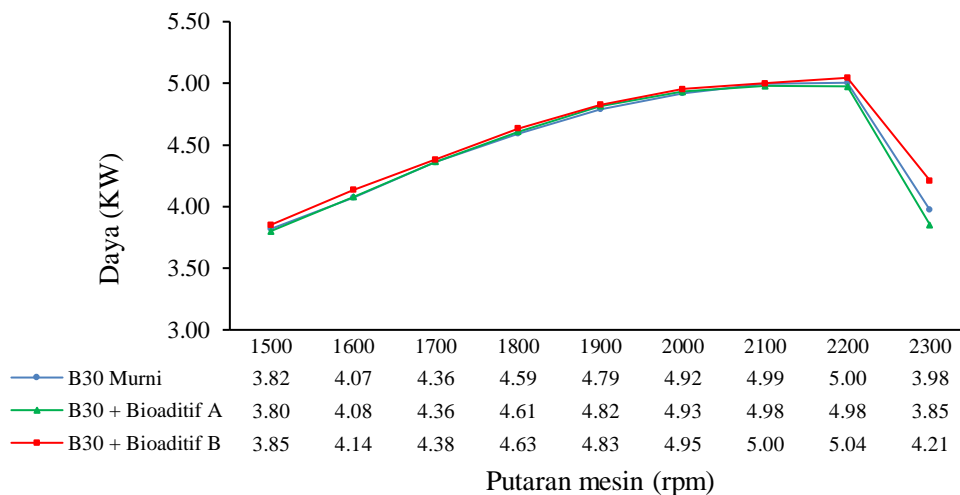
Daya merupakan merupakan jumlah kerja yang dapat dilakukan dalam per satuan waktu. Daya yang besar pada motor bakar didapatkan dari hasil pembakaran yang sempurna. Semakin tinggi frekuensi putar motor maka semakin tinggi daya yang diberikan. Semakin besarnya frekuensi maka semakin banyak langkah kerja yang dialami pada waktu yang sama. Nilai daya sendiri didapatkan setelah nilai torsi didapatkan, nilai daya maksimum didapatkan pada

putaran yang lebih tinggi dibandingkan nilai torsi maksimum (Pramuhadi *et al.*, 2016). Sedangkan menurut Setyadi (2008) peningkatan daya yang dihasilkan oleh motor bakar sejalan dengan peningkatan torsi yang dihasilkan. Pengaruh putaran mesin terhadap daya pada uji kinerja dan emisi mesin diesel disajikan pada Gambar 3.

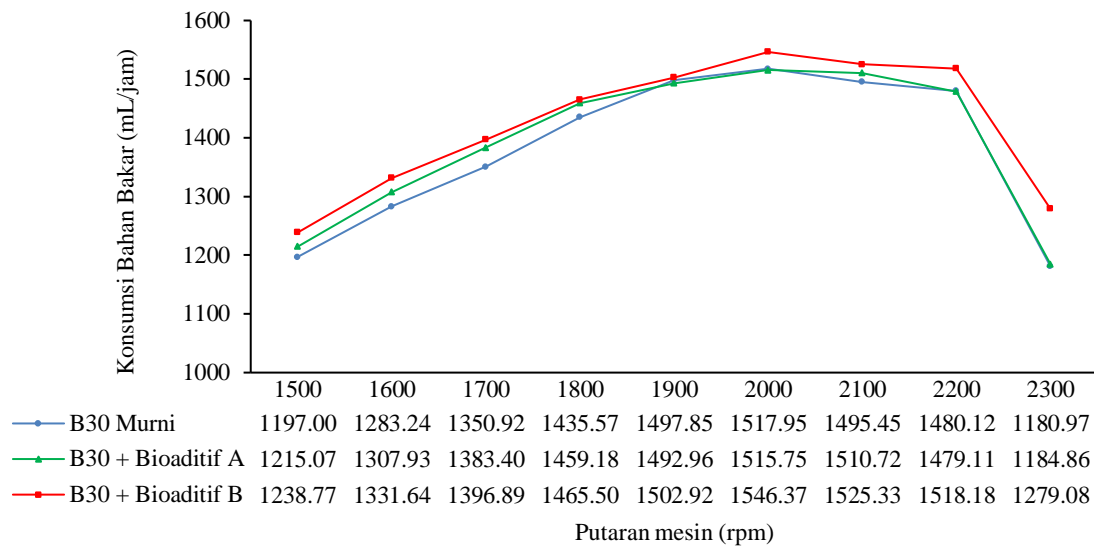
Hasil perhitungan nilai daya yang dihasilkan memiliki pola yang sama di semua bahan bakar yang diujikan. Hasil perhitungan nilai daya yang ditambahkan B30 bioaditif A maupun bioaditif B dibandingkan dengan B30 murni memiliki pola yang sama. Bahan bakar yang ditambahkan bioaditif A cenderung sama dibandingkan dengan B30 murni, sedangkan, pada bioaditif B memiliki nilai daya yang naik dibandingkan dengan dua jenis bahan bakar lainnya, yaitu B30 murni dan B30 bioaditif A. Hal ini juga dipengaruhi karena nilai torsi pada penggunaan bioaditif B meningkat sehingga terjadi peningkatan daya. Peningkatan nilai daya terjadi pada semua putaran, peningkatan nilai daya pada bahan bakar dengan pencampuran bioaditif B terjadi sebanyak 0,1-5% dibandingkan bahan bakar B30 murni. Menurut Setyaningsih *et al.* (2018), peningkatan ini terjadi karena naiknya juga nilai kalor yang dihasilkan dari pencampuran bioaditif B.

**Pengaruh Bioaditif Terhadap Konsumsi Bahan Bakar**

Pengujian konsumsi bahan bakar merupakan salah satu cara untuk menguji kualitas bahan bakar yang ditambahkan dengan bioaditif (Khadarohman, 2009). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui efek atau dampak dari penambahan bioaditif terhadap perubahan laju konsumsi bahan bakar B30 yang digunakan. Pengaruh putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar pada uji kinerja dan emisi mesin diesel disajikan pada Gambar 4.



Gambar 2. Pengaruh putaran mesin terhadap daya pada uji kinerja dan emisi mesin diesel



Gambar 3. Pengaruh putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar pada uji kinerja dan emisi mesin diesel

Berdasarkan hasil pengujian, konsumsi bahan bakar B30 mengalami kenaikan. Hal ini berlawanan dengan hasil yang disampaikan oleh beberapa literatur. Menurut Khadarohman (2009), penurunan laju konsumsi bahan bakar pada bahan solar yang ditambahkan dengan bahan bioaditif kemungkinan disebabkan oleh kelarutan minyak atsiri yang tinggi dalam bahan bakar. Hal ini yang dapat mengurangi kekuatan struktur bahan bakar, yaitu menurunkan ikatan *Van der Waals* antar molekul penyusun bahan bakar sehingga dapat meningkatkan reaktivitas pembakaran. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini bahan bakar yang menggunakan bioaditif A maupun bioaditif B tidak menunjukkan adanya penurunan bahan bakar ini dapat diakibatkan karena penggunaan konsentrasi bioaditif yang ditambahkan terlalu kecil, yaitu hanya 0,1% dari jumlah bahan bakar berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan konsentrasi sebanyak 1% dari jumlah bahan bakar yang digunakan. Penggunaan bioaditif dengan konsentrasi 0,1% dipilih berdasarkan pada konsentrasi tersebut sudah mampu menurunkan jumlah emisi CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>.

### Pengaruh Bioaditif Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik atau biasa disebut dengan *Specific Fuel Consumption (SFC)* merupakan ukuran bahan bakar yang digunakan dalam menghasilkan kW daya. Nilai konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan dipengaruhi oleh kondisi mesin yang digunakan serta sifat fisikokimia bahan bakar. Semakin banyak bahan bakar yang diubah menjadi energi maka nilai konsumsi bahan bakar spesifiknya akan semakin kecil. Jika jumlah bahan bakar yang digunakan semakin sedikit untuk menghasilkan energi dalam satu periode pembakaran maka nilai konsumsi bahan bakar spesifik akan

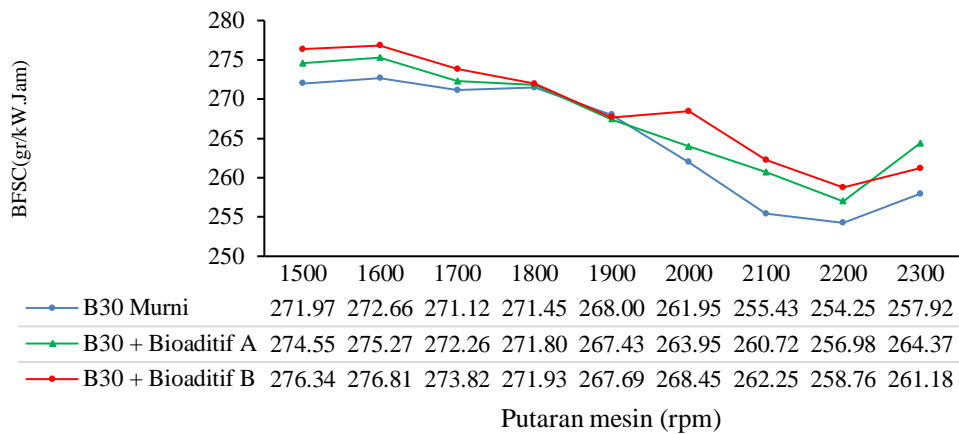
semakin kecil. Pengaruh putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) pada uji kinerja dan emisi mesin diesel disajikan pada Gambar 5.

Hasil uji yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan mengalami peningkatan baik dari bahan bakar yang ditambahkan bioaditif A dan juga bioaditif B dibandingkan dengan bahan bakar B30 murni. Hal ini disebabkan oleh beberapa alasan diantaranya adalah adanya peningkatan titik nyala pada bahan bakar yang ditambahkan dengan bioaditif A maupun bioaditif B yang menyebabkan atau menjadi indikasi bahwa pembakaran yang terjadi tidak lebih baik dari bahan bakar yang tidak ditambahkan dengan bioaditif.

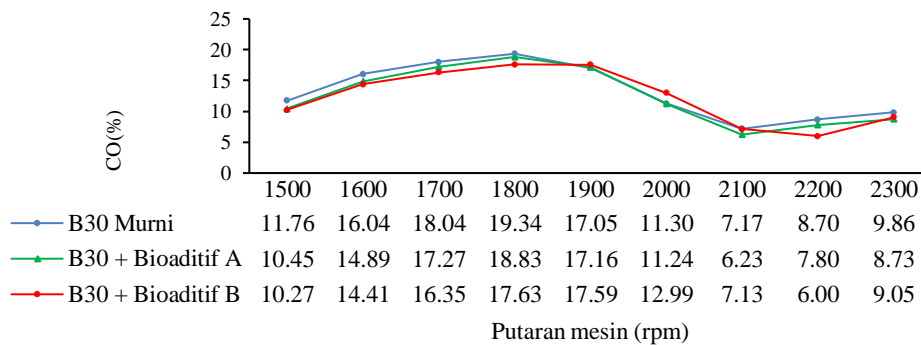
### Pengaruh Bioaditif Terhadap Emisi CO<sub>2</sub>

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan gas buang yang tidak berwarna, tidak berbau dan mudah larut dalam air. Kandungan gas CO<sub>2</sub> yang tinggi dapat menyebabkan pemanasan global, hal ini dikarenakan hutan yang menjadi penyerap CO<sub>2</sub> sudah semakin sedikit (Ellyanie, 2011). Karbon dioksida merupakan salah satu indikator pembakaran mesin lebih sempurna (Kristanto, 2015). Pengaruh putaran mesin terhadap CO<sub>2</sub> pada uji kinerja dan emisi mesin diesel disajikan pada Gambar 6.

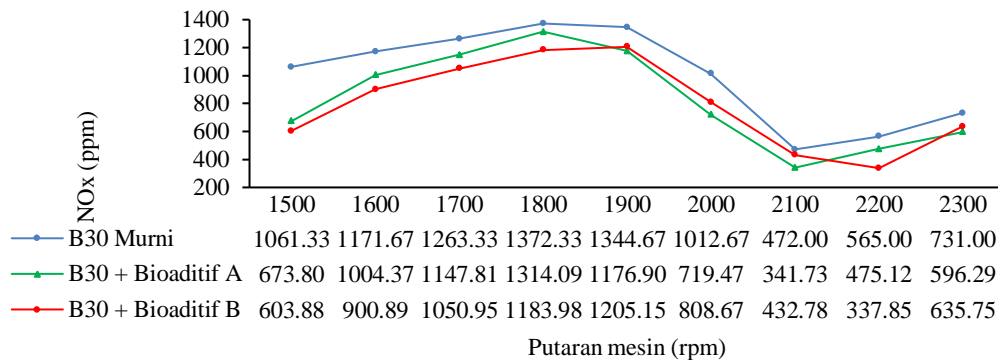
Hasil pengujian menunjukkan gas CO<sub>2</sub> yang diberikan cenderung memiliki nilai yang lebih rendah pada bahan bakar dengan penambahan bioaditif A maupun bioaditif B. Penurunan yang terjadi tidak terlalu banyak bahkan hasilnya cenderung sama di semua jenis bahan bakar. Hal ini bertentangan dengan beberapa literatur. Menurut Senthikumar dan Sivaprakasam (2013), peningkatan CO<sub>2</sub> disebabkan oleh pada proses pembakaran CO berubah menjadi CO<sub>2</sub> akibat terdapatnya oksigen yang berlebih oleh bahan bioaditif.



Gambar 4. Pengaruh putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (BFSC) pada uji kinerja dan emisi mesin diesel



Gambar 5. Pengaruh putaran mesin terhadap konsumsi CO<sub>2</sub> pada uji kinerja dan emisi mesin diesel



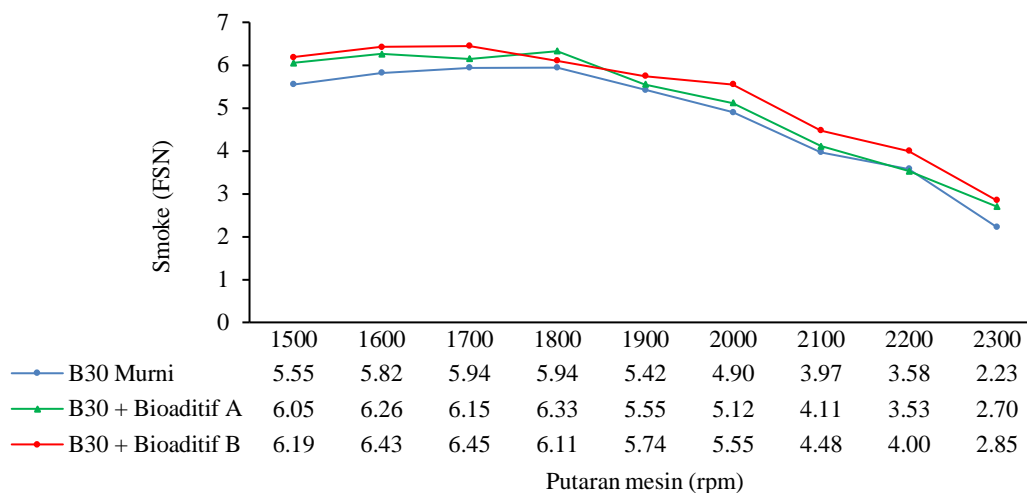
Gambar 6. Pengaruh putaran mesin terhadap NOx pada uji kinerja dan emisi mesin diesel

Hasil yang ditunjukkan oleh penelitian ini tidak demikian karena penggunaan bioaditif yang digunakan juga jauh lebih sedikit, yaitu 0,1% sedangkan penelitian sebelumnya menggunakan kadar bioaditif sebanyak 1% sehingga jumlah oksigen yang tersedia juga semakin sedikit.

#### Pengaruh Bioaditif Terhadap Emisi NO<sub>x</sub>

Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>) merupakan emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran dan kebanyakan disebabkan oleh kendaraan, produksi energi dan pengolahan sampah. NO<sub>x</sub> memiliki sifat

yang berbahaya bagi manusia, hal ini dikarenakan sifat dari NO<sub>x</sub> yang toxic. NO<sub>x</sub> di udara dapat membentuk partikel yang sangat halus sehingga dapat masuk kedalam jaringan sensitif paru-paru dan menyebabkan penyakit pernafasan, seperti bronkitis dan emfisema semakin buruk. NO<sub>x</sub> juga dapat menyebabkan beberapa penyakit pernafasan, radang paru paru (pneumonia) bahkan kematian (Salatin 2019). Pengaruh putaran mesin terhadap NO<sub>x</sub> pada uji kinerja dan emisi mesin diesel disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh putaran mesin terhadap *Smoke* pada uji kinerja dan emisi mesin diesel

Berdasarkan hasil pengujian emisi, diperoleh gas buang emisi NO<sub>x</sub> mengalami penurunan, baik dari bahan bakar dengan penambahan bioaditif A maupun bioaditif B terhadap B30 murni. Penurunan ini terjadi pada semua putaran mesin. Penurunan nilai NO<sub>x</sub> yang paling banyak terjadi pada bioaditif B hal tersebut dapat dilihat pada gambar grafik diatas. Menurut Darmana (2017), pembentukan NO<sub>x</sub> terjadi pada temperatur pembakaran yang tinggi. Hal ini juga dipengaruhi oleh nilai titik nyala pada bahan bakar yang ditambahkan oleh bioaditif A maupun bioaditif B yang mengalami peningkatan sehingga pembakaran yang terjadi akan lebih lama dan menyebabkan temperatur pembakaran di ruang bakar akan relatif lebih rendah dibandingkan dengan B30 murni.

### Pengaruh Bioaditif Terhadap Smoke

Emisi gas buang pada mesin diesel tidak hanya menghasilkan senyawa yang tidak terlihat namun ada juga yang dapat dilihat secara langsung, yaitu berupa asap hitam hasil pembakaran. Asap hitam hasil pembakaran yang terjadi pada mesin diesel terjadi karena pembakaran pada ruang bakar kurang sempurna (Nofendri, 2018). Pengujian akan dilakukan dengan cara mengukur nilai penghitam yang ada pada kertas filter hasil penangkapan jelaga hasil pembakaran pada gas buang mesin diesel yang akan disajikan dalam bentuk nilai *Filter Smoke Number* (FSN). Semakin besar nilai FSN yang dihasilkan maka asap yang dihasilkan semakin pekat atau hitam yang menandakan emisi asap yang dihasilkan pun semakin banyak. Pengaruh putaran mesin terhadap *Smoke* pada uji kinerja dan emisi mesin diesel disajikan pada Gambar 8.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penambahan bioaditif A yang terdiri dari campuran minyak terpenin, *clove terpen* dan sereh

wangi maupun bioaditif B yang merupakan dari campuran minyak terpenin, *clove terpen* dan rhodinol pada B30 menunjukkan performa kinerja mesin yang baik. Dari uji kinerja mesin diesel yang dilakukan, adapun penambahan bioaditif B memiliki kinerja lebih baik dibandingkan bioaditif A dilihat dari peningkatan nilai torsi dan daya mesin lebih baik yaitu sebesar 18,09–24,58 Nm dan 3,85–5,04 KW, terjadi penurunan nilai emisi CO<sub>2</sub> antara 6–17,6% dan NO<sub>x</sub> antara 337–1.205 ppm yang dihasilkan lebih rendah, namun mengalami kenaikan konsumsi bahan bakar sebesar 1.215–1.515 mL/jam dan ada kenaikan kepekatan asap (*smoke*) yaitu sebesar 2,85–6,45 FSN. Penggunaan konsentrasi bioaditif A dan bioaditif B pada B30 yaitu sebanyak 0,1% dipilih dikarenakan sudah mampu menurunkan jumlah emisi CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>.

### Saran

Penentuan konsentrasi optimum beserta pemilihan kandidat minyak atsiri lain perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil pengujian bioaditif yang dapat meningkatkan kinerja mesin diesel terbaik. Selain itu, perlu juga dilakukan uji deposit ataupun *durability* untuk mengetahui dampak dari penambahan bioaditif ke dalam biosolar B30 dalam jangka waktu yang lama.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan, Kementerian Keuangan yang telah membiayai penelitian ini melalui program Pendanaan Riset Inovatif-Produktif (RISPRO) Komersial.

## DAFTAR PUSTAKA

Ali B dan Nugroho PA. 2017. Analisis pemakaian bahan bakar high speed diesel dan biosolar (B30) terhadap konsumsi bahan bakar dan



- emisi gas buang mesin diesel pltd 1.4 mmw. *PRESISI*. 18(2): 30-41.
- Arismunandar W. 1997. *Penggerak Mula Turbin*. Bandung: ITB Bandung.
- Arkan F. 2019. Pengaruh aditif dari fraksi rhodinol minyak sereh wangi terhadap konsumsi bahan bakar dan kualitas biosolar (B-20) [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Darmana E. 2017. Studi eksperimental EGT dan smoke opacity pada mesin diesel menggunakan bahan bakar campuran Jatropa dengan sistem cold EGR. *Eksergi*. 13 (2): 32 – 38.
- Ellyanie. 2011. Pengaruh penggunaan *three-way catalytic converter* terhadap emisi gas buang pada kendaraan toyota kijang innova. *Prosiding Seminar Nasional Avoer*. 437-445 ISBN: 979-587-395-4.
- Farobie O dan Hartulistiyoso E. 2022. Palm oil biodiesel as a renewable energy resource in indonesia: current status and challenges. *BioEnergy Research*. 15: 93-111.
- Khadarohman. 2009. Eksplorasi minyak atsiri sebagai bioaditif bahan bakar solar. *Jurnal Pengajaran MIPA*. 14(2): 121-141.
- Kristanto. 2015. *Motor Bakar Torak (Teori dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Maceiras R, Rodriguez M, Cancela A, Urrejola S, Sanchez A. 2011. Macroalgae raw material for biodiesel production. *Applied Energy*. 88(10): 3318-3323.
- Munawir M. 2006. Blending bioaditif dan biodiesel solar pada bahan bakar minyak solar untuk penurunan *SFC* dan emisi gas buang. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 4(2):135-139.
- Salatin A, Arif C, dan Rachmawati ND. 2019. Analisis tingkat risiko paparan nox terhadap pekerja di gardu tol akibat volume kendaraan di Pintu Tol Jagorawi, Bogor. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 4(1):49-58.
- Sastrohamidjojo H. 1981. *Study of Some Indonesian Essential Oils*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Septiadi T. 2017. Formulasi minyak sereh wangi dengan cengkeh sebagai bioaditif untuk meningkatkan kinerja bahan bakar solar [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Setyadi M. 2008. Karakteristik biodiesel dari minyak jelantah dan solar di dalam mesin diesel. *Jurnal Berkala MIPA*. 18(2):102-113.
- Setyaningsih D, Faiziin MN, dan Muna N. 2018. Pemanfaatan minyak atsiri sebagai bioaditif penghemat bahan bakar biosolar. *Indones Journal Essent Oil*. 3(1): 45-54.
- Srivastava A dan Prasad R. 2000. Triglycerides base biosolar fuels. *Journal Renewable Sustainable Energy*. 4(2): 111-133.
- Sulistyo. 2015. Pemanfaatan terpenin untuk mengurangi emisi gas buang pada sepeda motor. *Jurnal Pendidikan Otomotif*. 6(2):233-244.
- Wisasa BU. 2020. Pengembangan bioaditif serai wangi pada bahan bakar bensin terhadap performa mesin dan emisi gas buang sepeda motor. *Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*. 10(2):29-35.