

PENGARUH PENGGUNAAN BIOSOLAR DAN PERTAMINA DEX TERHADAP DAYA MESIN DAN EMISI GAS BUANG PADA MESIN DIESEL 4N15 COMMONRAIL

Aulia Rizky S.A., Paryono, Imam Muda Nauri
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang (UM)
Jl. Semarang 5, Malang (65145)
E-mail: auliarizky343@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengetahui perbedaan daya mesin dan emisi gas buang pada mesin Diesel 4N15 commonrail pada bahan bakar Biosolar dan Pertamina dex. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan model eksperimental quasi single subject. Metode analisis data yang digunakan adalah Uji-t berpasangan pada program SPSS 21. Hasil penelitian menunjukkan kenaikan daya mesin mulai Rpm 2250 sampai 3500 selanjutnya menurun, daya maksimum dicapai pada 3500 rpm. Rata-rata emisi gas buang yang dihasilkan pada penggunaan biosolar adalah 4,05%, sedangkan Pertamina dex 1,74%. Sehingga, disimpulkan terdapat perbedaan daya mesin dan emisi gas buang yang signifikan pada penggunaan bahan bakar biosolar dan pertamina dex.

Kata Kunci: Biosolar, Pertamina DEX, Daya Mesin, Emisi gas buang, Diesel.

Abstract: *This study aims to determine differences engine power and exhaust emissions on Commonrail 4N15 Diesel engine on Biosolar and Pertamina dex. This research uses quantitative methods with quasi single subject experimental model. Data analysis method used paired t-test on SPSS 21 program. The results showed increase in engine power from Rpm. 2250 to 3500 and then decreased, maximum power achieved at 3500 rpm. The average exhaust emission resulting from use of biodiesel is 4.05%, while Pertamina's dex is 1.74%. Thus, it concluded that there were significant differences in engine power and exhaust emissions use of biodiesel fuels and pertamina dex.*

Keyword: *Biosolar, Pertamina DEX, Engine Power, Exhaust Emissions, Diesel.*

Bahan bakar fosil bersifat *non renewable* dan diperkirakan cadangan minyak bumi di Indonesia akan habis dalam waktu 18 tahun kedepan. Kondisi ini menuntut upaya untuk mencari sumber bahan bakar alternatif potensial (Syah, 2006:5). Kebutuhan produksi minyak naik rata rata 7% volume pertahun dengan kebutuhan minyak mentah meningkat selama dua dekade tersebut, (LEMIGAS,2010). Konsumsi bahan bakar solar di indonesia pada tahun 2005 rata-rata mencapai 70.000 kilo liter/hari, atau setara dengan 26 juta kilo liter/tahun, padahal produksi bahan bakar solar dalam negeri tidak mencapai 13 juta kilo liter per tahun (Rahayu, 2010), sehingga Indonesia harus memenuhi kebutuhan melalui impor.

Sebagai alternatif, pemerintah, melalui Pertamina, meluncurkan biosolar dan pertamina dex sebagai bahan bakar pengganti solar, di mana keduanya juga mempunyai kualitas yang lebih bagus. Penggunaan bahan bakar biosolar dan pertamina dex diharapkan dapat memperbaiki kinerja sistem pembakaran

pada mesin diesel. Pemanfaatan biosolar (pengganti solar dengan komposisi 20% biodiesel dan 80% solar) bisa dilakukan kepada transportasi *Public Service Obligation (PSO)* maupun *non PSO*, mulai dari kapal laut, kereta api, hingga kendaraan berat di sektor pertambangan.

Daya mesin yang dihasilkan dari proses pembakaran mesin *diesel* dipengaruhi beberapa hal, salah satunya oleh sempurna atau tidaknya proses pembakaran yang terjadi. Sempurnanya proses pembakaran berhubungan dengan angka setana pada bahan bakar tersebut. Angka *setana* yang rendah dapat mengakibatkan terjadinya *detonasi*, karena bahan bakar cepat terbakar dengan sendirinya. Sedangkan angka *setana* yang tinggi menyebabkan bahan bakar lebih sulit terbakar, dan memungkinkan proses pembakaran terjadi lebih lama sehingga proses pembakaran dapat terjadi lebih baik. Maka diperlukan bahan bakar dengan angka *setana* yang sesuai dengan kondisi mesin yang digunakan agar menghasilkan proses pembakaran yang lebih

baik. Pembakaran sempurna atau tidaknya pada mesin *diesel* dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar dimana semakin tinggi angka *cetane* dan rendahnya kandungan sulfur sangat penting. Untuk mendapatkan daya yang maksimal diperlukan kualitas bahan bakar yang bagus.

Selanjutnya, gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor berandil besar pada masalah polusi udara. Emisi gas buang juga dipengaruhi oleh kebocoran oli pelumas di ruang bakar dan ikut terbakar, sehingga diperlukan zat aditif yang terbuat dari bahan nabati yang dapat menghasilkan gas buang yang lebih ramah lingkungan. Secara sederhana, *opasitas* bisa dilihat dari tampilan visual kepekatan asap. Mesin yang baik memiliki *opasitas* di bawah 40%. Selain itu, penyumbang utama warna asap adalah partikulat, sementara gas-gas beracun lainnya seperti CO atau NOx tidak berwarna. Tingginya konsumsi bahan bakar dan kadar polusi dari kendaraan bermotor pada dasarnya dapat dikendalikan dan dikurangi. Salah satu cara yang paling tepat adalah dengan cara memperbaiki proses pembakaran yang terjadi di dalam mesin. Cara-cara yang dapat dilakukan antara lain dengan perbaikan mutu bahan bakar, homogenitas campuran bahan bakar dan mengatur saat pembakaran yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menguji daya mesin dan emisi gas buang pada mesin *diesel* 4N15 *Commonrail* terhadap penggunaan biosolar dan Pertamina Dex.

Mesin Diesel

Mesin *diesel* adalah mesin dengan penyalan kompresi, di mana bahan bakar disemprotkan oleh injektor ke dalam ruang bakar yang telah bertekanan dan bertemperatur tinggi akibat langkah kompresi *piston* yang menekan udara murni. Mesin *diesel* termasuk kedalam jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion*) Arismunandar dan Tsuda (2002). Prinsip kerja motor *diesel* adalah memasukkan udara ke dalam silinder mesin kemudian dikompresi oleh *piston* sehingga volume dari udara tadi mengecil dan suhu/temperatur udara naik. Sebelum *piston* mencapai TMA bahan bakar bertekanan tinggi disemprotkan ke ruang bakar oleh *nozzle*

(injektor). Karena suhu udara pada di ruang bakar yang panas, maka bahan bakar yang disemprotkan tadi terbakar dengan sendirinya.

Biosolar

Biosolar adalah bahan bakar hasil rekayasa atau pencampuran antara solar murni (dari minyak bumi) dengan minyak nabati (dari tumbuh-tumbuhan) seperti minyak jarak atau minyak kelapa. Rahayu (2010) menjelaskan bahwa *biodiesel* terdiri atas *ester alkil* dari asam-asam lemak yang dibuat dari minyak nabati, minyak hewani atau dari minyak goreng bekas atau daur ulang melalui proses *trans* atau *esterifikasi* (bahan bakar cair dari pengolahan tumbuhan). Biosolar merupakan salah satu jenis produk bahan bakar yang dihasilkan oleh PT. Pertamina Persero. Biosolar B20 bahan bakar *diesel* yang ditambahkan *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)* sebesar 20% dengan bahan bakar minyak jenis solar 80 %. Kandungan *Cetane Number* dalam Biosolar ini sebesar 48.

Pertamina Dex

Pertamina Dex adalah bahan bakar *diesel* nonsubsidi, yang diproduksi oleh Pertamina. Merupakan bahan bakar jenis *diesel* yang mempunyai *cetane* 53, yang menjadikannya sejajar dengan bahan bakar *diesel* premium kelas dunia. Dimana semakin besar nilai *cetane* semakin bagus kualitas bahan bakar *diesel* tersebut karna memiliki nilai titik didih atau nilai kalor yang lebih tinggi. Kandungan sulfur maksimal 300 ppm sesuai standar internasional EURO 4 yang berfungsi untuk mengurangi resiko terjadinya penyumbatan pada pompa bahan bakar dan *nozzle*. Makin tinggi kandungan sulfur, maka harganya makin murah. Sulfur mengganggu kinerja *catalytic converter*, memperpendek usia, bisa merusak komponen, seperti pompa jika ketemu dengan air, dan mengakibatkan *korosi* (karat). Pertamina dex memiliki beberapa keunggulan, antara lain angka *cetane number* minimum 53, sehingga membuat mesin lebih bertenaga, lebih irit, suara lebih halus dan mudah dinyalakan. Selain itu, kandungan sulfur di bawah 300 ppm dan kandungan partikulat yang sangat sedikit dan bersih, membuat emisi dan *opasitas* gas buang kendaraan menjadi lebih ramah lingkungan (Hidayat, 2015).

Daya Mesin

Daya merupakan tenaga yang dihasilkan oleh suatu mesin. Satuan daya pada kendaraan menurut standart inggris adalah HP (Horsepower) $1 \text{ HP} = 746 \text{ watt}$. Menurut Putra (2014: 15) daya mesin adalah kemampuan suatu mesin menghasilkan tenaga maksimal pada putaran yang telah ditentukan dan dijelaskan besarnya kerja mesin dengan waktu atau rata-rata yang dihasilkan, sedangkan menurut Arends dan Berenschot (1980: 18) daya mesin adalah besarnya tenaga suatu mesin yang dihasilkan selama waktu tertentu dan satuannya adalah watt. Pada fisika daya merupakan kecepatan untuk melakukan suatu kerja. Daya sama dengan jumlah energi yang dihasilkan per satuan waktu. Untuk mengukur sebuah daya pada mesin adalah dynamometer.

Emisi dan *Opasitas* Gas Buang

Emisi gas buang adalah besarnya kandungan hasil pembakaran tiap satuan waktu. Pengukuran emisi gas buang dilakukan dengan *Diesel Smoke Analyzer*. Berdasarkan *European Union* (2010), emisi kendaran bermotor mengandung gas karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), *volatile hydro carbon (VHC)*, dan partikel lain yang berdampak negatif pada manusia ataupun lingkungan bila melebihi ambang konsentrasi tertentu. Selanjutnya, *opasitas* adalah kandungan dari sisa pembakaran yang berbahaya jika dilepas ke lingkungan sehingga perlu diminimalisir dampaknya. Cara meminimalisirnya bisa dengan penggunaan bahan bakar yang ramah.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan model eksperimental *quasi single subject design*. Menurut Sugiyono (2013), menjelaskan bahwa Penelitian eksperimen (*eksperimental research*) adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan dari suatu perlakuan pada variabel bebasnya terhadap subjek penelitian.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan penggunaan Biosolar

dan Pertamina dex terhadap daya mesin dan emisi gas buang (*opasitas*) pada mesin *Diesel 4N15 commonrail*. Objek penelitian adalah mesin *diesel* dengan tipe *commonrail*, karena menurut data GAIKINDO (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia) mencatat angka penjualan sebanyak 34.100 unit pada kuartal pertama tahun 2019 (Januari-Maret). Mitsubishi pajero sport menjadi pemimpin kelas SUV mesin *diesel commonrail*.



Gambar 1. Mitsubishi All New Pajero
Sumber: Dokumen Pribadi

Pengambilan data dilakukan untuk mengungkap data pada variabel daya mesin dan emisi gas buang (*opasitas*) sebagai akibat dari penggunaan Biosolar dan Pertamina Dex pada variasi putaran mesin yang berbeda yaitu 2250 rpm, 2500 rpm, 2750 rpm, 3000 rpm, 3250 rpm, 3500 rpm, 3750 rpm dan 4000 rpm. Desain penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah desain perbandingan kelompok statis, dengan rancangan percobaan yang dijelaskan pada tabel 1. Data primer dikumpulkan berdasarkan hasil eksperimen, dan dianalisis secara statistik dengan Uji-t berpasangan (*Paired sample t-Test*).

Tabel 1. Penelitian eksperimen desain perbandingan kelompok statis

	X (treatment)	O_1 (Observasi)
B1	menggunakan Biosolar	Pengujian terhadap daya mesin
B2	menggunakan Pertamina DEX	O_2 (Observasi) Pengujian emisi gas buang (<i>opasitas</i>)

Pengujian daya mesin dilakukan di Bengkel WWAUTOTECHNIC, Buduran, Sidoarjo, Jawa Timur. Pengukuran daya mesin dilakukan dengan menggunakan Dinamo meter atau Dynotest. Selanjutnya, pengujian Emisi Gas buang (*opasitas*) dilakukan di SMK

perbedaan angka *cetane* pada bahan bakar biosolar dan Pertamina dex, maka pembakaran yang terjadi juga berbeda, yakni mengikuti periode pembakaran.

Selanjutnya, dilakukan analisis dengan Uji-t untuk mengetahui perbedaan daya mesin diesel ketika menggunakan bahan bakar Biosolar dengan ketika menggunakan Pertamina Dex. Hasil dijelaskan sebagai berikut:

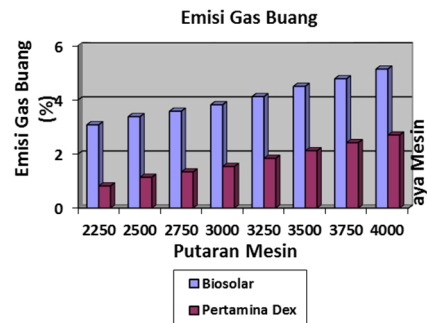
Tabel 2. Hasil Uji Daya Mesin

	Levene's Test		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	.095	.763	-2.265	14	.040	-10.86	47.902	-1.309	1.309
Equal variances not assumed			-2.265	13.77	.040	-10.86	47.939	-1.273	1.273

Hasil uji-t pada perbandingan daya mesin antara kelompok bahan bakar Biosolar dan Pertamina Dex menunjukkan nilai t hitung sebesar 2,265 dan signifikansi sebesar 0,040 ($p < 0,05$). Sehingga, dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan terhadap daya mesin antara penggunaan bahan bakar biosolar dan bahan bakar Pertamina dex.

Emisi Gas Buang Mesin Diesel Terhadap Penggunaan Biosolar Dan Pertamina Dex

Selain daya mesin, faktor yang menjadi kualitas pembakaran yaitu Karakterisasi Bahan Bakar adalah kondisi emisi gas buang motor *diesel* (*opasitas*). Emisi gas buang merupakan sisa dari hasil sebuah pembakaran. Dalam penelitian ini emisi yang dimaksud *opasitas* atau kepekatan adalah gas buang yang berupa gas berwarna hitam pekat. Besarnya emisi pada mesin *diesel* ditentukan dalam bentuk *opasitas* (ketebalan asap) (Warju, 2013). Semakin tinggi emisi gas buang pada mesin, maka semakin rendah nilai efisiensi bahan bakar yang digunakan, sebaliknya semakin rendah emisi gas buang pada mesin, maka semakin tinggi nilai efisiensi bahan bakar yang digunakan.



Gambar 4. Grafik Emisi Gas Buang Motor Diesel 4N15

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Bengkel Otomotif SMKN 10 Malang, tingkat emisi antara Biosolar dan Pertamina dex, terlihat ada perbedaan emisi gas buang antara Biosolar rata-ratanya 4,05 % dan Pertamina dex rata-rata 1,74 %. Sehingga, dapat dikatakan bahwa penggunaan bahan bakar Pertamina dex lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan Biosolar. Hal ini sejalan dengan tingginya angka *cetane* yaitu untuk nilai *cetane* biosolar yaitu 48 sedangkan Pertamina dex yaitu 53 dan rendahnya angka karbon yaitu untuk bahan bakar Pertamina dex memiliki nilai 13-25 dan untuk bahan bakar biosolar memiliki 26-38 yang menyebabkan bahan bakar lebih bisa terbakar secara menyeluruh dan gas sisa pembuangan kurang mengandung jelaga yang menjadi penyebab *opasitas* relatif rendah.

Andi dan Muhaji (2014) yang menyatakan bahwa “Pada campuran bahan bakar solar dengan *biodiesel* menunjukkan adanya perbaikan kualitas *opasitas* yang dikeluarkan.” Demikian juga hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Sumarsono (2008) menyatakan bahwa “makin naik presentase minyak jarak makin rendah *opasitas* gas buang”. Hal ini disebabkan makin berkurangnya unsur karbon yang tidak terbakar dengan makin lebih baiknya proses pembakaran campuran bahan bakar pada presentase minyak jarak yang makin besar. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Suyanto, W. dkk (2015: 9) Seperti yang diketahui secara teoritis, dengan angka *cetane* yang lebih tinggi maka menghasilkan dampak pembakaran yang lebih baik. Penelitian Suryaningrat (2019) juga menjelaskan bahwa semakin rendah nilai *cetane* bahan bakar *diesel* semakin banyak juga

kandungan jelaga didalamnya yang mengakibatkan pembakaran tidak sempurna dan mengakibatkan emisi gas buang (*opasitas*) bertambah pekat.

Selanjutnya, dilakukan analisis dengan Uji-t untuk mengetahui perbedaan emisi gas buang (*opasitas*) yang dihasilkan oleh mesin *diesel* ketika menggunakan bahan bakar Biosolar dengan ketika menggunakan Pertamina Dex. Hasil dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil uji Emisi Gas Buang (opasitas)

	Levene's Test		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	.109	.746	6.14	14	.000	2.3100	.34166	1.57722	3.04278
Equal variances not assumed			6.13	13	.000	2.3100	.34166	1.57655	3.04345

Perbandingan emisi gas buang (*opasitas*) antara kelompok bahan bakar Biosolar dan Pertamina Dex menunjukkan nilai t hitung sebesar 6,761 dan signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Sehingga, terdapat perbedaan signifikan terhadap *opasitas* antara penggunaan bahan bakar bio solar dan bahan bakar pertamina dex.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ada perbedaan penggunaan Biosolar dan Pertamina dex terhadap daya mesin *diesel* 4N15 commonrail dengan putaran mesin 2250, 2500, 2750, 3000, 3250, 3500, 3750 dan 4000 rpm.
2. Ada perbedaan penggunaan Biosolar dan Pertamina dex terhadap emisi gas buang (*opasitas*) mesin *diesel* 4N15 commonrail dengan putaran mesin 2250, 2500, 2750, 3000, 3250, 3500, 3750 dan 4000 rpm

Saran

Praktisi teknik disarankan untuk memaksimalkan daya mesin dalam penggunaan Biosolar dengan menambahkan dengan zat aditif untuk menaikkan *Cetane Number* agar mendekati karakteristik Pertamina dex. Selanjutnya, peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan penelitian ini dengan tujuan untuk memaksimalkan kerja mesin dan meminimalisir emisi gas buang.

DAFTAR RUJUKAN

- Anonim. *Training Manual INTERMEDIATE*. Jakarta: PT. Sun Star Motor Mitsubishi Training Center.
- Arif Budiman DKK. 2017. *Biodiesel Bahan Baku, Proses, dan Teknologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Aris Munandar Dan Tsuda. 2002. *Mesin Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta, Pradnya.
- Balai Standardisasi Nasional. 2015. *Biodiesel*. (<http://btbrd.bppt.go.id/index.php/services/26-pojok-biodiesel/94-sni-biodiesel>) diakses pada tanggal 28 November 2018.
- Falah Milad. 2016. *Perbedaan Konsumsi Bahan Bakar Dan Kepekatan Gas Buang Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Dan Campuran Solar Dengan Minyak Cengkeh*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Ibi Leba Uumbu Tagela & Padmomartono Sumardjono. 2014. *Profesi Kependikan*. Yogyakarta: Ombak.
- Jaedun Amat. 2011. *Metodologi Penelitian Eksperimen*. Yogyakarta: Puslit Dikdasmen, Lemlit UNY.
- Kusuma Hendra. 21 Agustus 2018. *Pemerintah Resmi Perluas Penggunaan Biodiesel*. (Online). DetikFinance. <https://finance.detik.com/energi/d-4176188/pemerintah-resmi-perluas-penggunaan-biodiesel>. Diakses pada tanggal 2 September 2018.
- Peraturan Presiden Nomor 66 Tahun 2018 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2015 Tentang Penghimpunan Dan Penggunaan Dana Perkebunan Kelapa Sawit.

- Priyatno Duwi. 2017. *Panduan Praktis Olah Data Menggunakan SPSS*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Rames, D. and Sampathrajan, A. 2008. *Investigation on Performance and Emission Characteristics of Diesel Engine With Jatropha Biodiesel and Its Blends*. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript EE 07 013. Vol. X. March, 2008.
- Santoso, N. Pradana, F. dan Rachimoellah, M. 2012. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Kapuk Randu (Ceiba Pentandra) Melalui Proses Transesterifikasi Dengan Menggunakan CaO*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)-Undergraduate Journal.
- Syah, Andi 2006. *Biodiesel Jarak Pagar Bahan Bakar Alternatif Yang Ramah Lingkungan*. edisi. 1. Jakarta: Argo Media Pustaka.
- Suharto. 2017. *Bioteknologi Dalam Bahan Bakar Nonfosil*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: CV. Alfabeta.
- Suyatno, Wardan., Siswanto, Tri Budi & Wakhid, Muhammad. 2015. *Karakterisasi Bahan Bakar Pada Motor Diesel*. *Jurnal Penelitian Sainstek*. Vol. 20, Nomor 1, April 2015. (online) (<http://journal.uny.ac.id/index.php/sainstek/article/view/5604>), diakses 20 April 2019.
- Tohari. 2015. *Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk Randu (Ceiba pentandra L.) dengan Variasi Waktu Lama Pengadukan Pada Reaksi Transesterifikasi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wahyu Dwi. 4 September 2018. Biodiesel B20. Gridoto. Ringkasnya. <https://www.gridoto.com/read/221035257/biodiesel-b20-ini-penjelasan-ringkasnya#!%2F>. Diakses pada tanggal 4 Desember 2018.
- Warju. 2013. *Teknologi Reduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.
- Widianto, A., Muhaji. 2014. *Uji Kemampuan Campuran Bahan Bakar Solar Biodiesel dari Minyak Biji Jarak terhadap Unjuk Kerja dan Opasitas Mesin Diesel 4 Langkah*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Surabaya. Vol. 02, No. 03, 38-46. (online) (<http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/jtmunesa/article/view/7461/7907>), diakses 18 April 2019.
- Wiranto Arismunandar, *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, edisi III, penerbit ITB, Bandung 1980.
- Wirawan SS, Tambunan AH, Djamin M, Nabetani H, Yuwono AS. 2008. *Studi efek penggunaan biodiesel terhadap emisi pada sektor transportasi di Jakarta*. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Yohan Effendi, Agustian. 2016. *Pengaruh Pencampuran Bahan Bakar Bio Solar Dengan Pertamax Dengan Perbandingan 40:1 Terhadap Daya Dan Konsumsi Bahan Bakar Mesin Diesel Isuzu Panther*. Skripsi. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Yunizurwan. 2007. *Analisis Potensi Dan Peluang ekonomi Biodiesel Dari Minyak jarak Pagar (Jatropha Curcas L) Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. (Tesis) PTKI, Medan.

