

Performance of diesel engine with biodiesel fuel from cooking oil

Marlinda^{1,*}, Suparno², Ramli¹, M. Irwan¹, M.K. Yandi²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, 75242, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, 75242, Indonesia

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Article history:</i> Received: 16 December 2022 Received in revised form: 22 April 2023 Accepted: 28 April 2023	Biodiesel from used cooking oil is a very potential material to replace diesel fuel. Besides being cheap, it can also reduce waste. The purpose of the study was to determine the performance of the Nissan SD22 diesel engine on the use of biodiesel as fuel and the optimum composition of biodiesel and diesel mixtures. The results of the diesel engine performance show that a high rotational speed of 2800 rpm could produce a torque of 112 N.m at B10, while the results for the power parameter at a rotational speed of 2750 rpm produced a large power of 33.46 KW for B10. As for fuel consumption for a rotation speed of 2750 rpm, B10 fuel provided 0.293 kg/(kW.hour) of specific fuel while Pertamina Dex requires 0.310 kg/(kW.hour) of specific fuel, meaning that the use of B10 saved 5.48% more than B10.. As for fuel consumption for a rotation speed of 2750 rpm, B10 fuel provides 0.293 kg/kW.hour of specific fuel while Pertamina Dex requires 0.310 kg/kW.hour of specific fuel, meaning that the use of B10 saves 5.48% more than B10. Biodiesel B10 is able to provide good performance for use as a diesel engine fuel. The resulting gas emissions are smaller than diesel emissions. This proves that biodiesel is an environmentally friendly fuel.
<i>Keywords:</i> Biodiesel, diesel engine, cooking oil, machine performance	

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang kaya dengan sumber alamnya antara lain: minyak, gas bumi, batu bara, dan sumber alam lainnya, dimana dari sumber daya alam tersebut dapat dihasilkan berupa produk – produk atau bahan kimia yang banyak digunakan sebagai bahan bakar, namun sumber alam ini tidak dapat diperbaharui. Dengan demikian, jumlah sumber daya alam ini semakin lama akan berkurang, karena itu pada saat ini banyak sekali penelitian – penelitian yang dilakukan dengan menggunakan tumbuhan dan lain –lain yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif, bahan yang digunakan untuk keperluan farmasi ataupun kosmetik. Beberapa negara Eropa dan Amerika Serikat juga telah mengembangkan bahan bakar minyak tumbuhan yang telah dikonversi menjadi bentuk methyl ester asam lemak yang disebut dengan biodiesel [1].

Biodiesel dihasilkan dari proses metanolisis minyak nabati, seperti minyak mentah kelapa sawit (CPO), minyak jarak dll. Biodiesel merupakan bahan bakar yang potensial sebagai sumber energi karena berasal dari minyak nabati yang mudah diperbaharui, dapat dihasilkan secara periodik dan mudah diperoleh. Selain itu harganya juga relatif stabil dan produksinya mudah disesuaikan dengan kebutuhan. Dari segi lingkungan merupakan bahan yang emisi polutannya relatif kecil, karena kadar hidrokarbon yang tidak terbakar dan NO_x-nya lebih rendah, serta bebas emisi SO₂ bila dibakar. Negara-negara maju mulai menggalakkan penggunaan biodiesel untuk alasan tersebut [2].

Gabungan Industri Minyak Nabati Indonesia (GIMNI) melaporkan total konsumsi minyak goreng (migor) domestik pada 2019 berjumlah 13,2 juta ton. Dengan rata-rata konsumsi

perkapita 54,5 kg/tahun dengan asumsi 270 juta jiwa penduduk. Konsumsi minyak goreng semakin meningkat, maka jumlah sisa penggorengan (minyak jelantah) akan semakin meningkat juga setiap tahunnya dan sesuai dengan data tersebut, maka pembuatan bahan baku pembuatan biodiesel dari minyak jelantah akan melimpah. Minyak jelantah (*waste cooking oil*) merupakan limbah dan bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan [3]. Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu upaya pemanfaatan minyak jelantah menjadi biodiesel sebagai bahan bakar alternatif [4].

Bahan bakar diesel adalah hasil fraksi minyak bumi yang mendidih antara 175 sampai 370 oC dan digunakan sebagai bahan bakar dalam mesin diesel. Mesin diesel ditemukan dan dipatenkan oleh Rudolph Diesel pada tahun 1892. Mesin diesel bekerja dengan kecepatan maksimum yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin bensin yang seringkali mempunyai kecepatan di atas 4000 putaran per menit [5].

Mesin diesel yang bekerja dengan kecepatan putaran kurang dari 500 putaran permenit disebut mesin diesel dengan kecepatan putaran lambat, diatas 1200 putaran permenit disebut mesin diesel kecepatan tinggi, sedangkan diantara keduanya disebut mesin diesel kecepatan sedang. Mesin diesel dengan kecepatan rendah digunakan sebagai mesin stationer dan digunakan di kapal-kapal besar. Kecepatan sedang digunakan pada kapal-kapal kecil dan lokomotif sedangkan kecepatan tinggi digunakan untuk traktor, bus, truk dan mobil [6,7].

Prinsip kerja mesin diesel berbeda dengan prinsip kerja mesin bensin, dalam mesin bensin campuran bensin dan udara dinyalakan oleh letusan api dari busi, sedangkan dalam mesin diesel hanya udara yang dihisap kedalam silinder yang

* Corresponding author.

Email: marlinda@polnes.ac.id

<https://doi.org/10.20527/k.v12i1.15098>



kemudian dikompresikan. Karena kompresi itu udara akan menjadi panas sehingga bahan bakar solar yang disemprotkan kedalam silinder akan menyala dengan sendirinya [8].

Dalam mesin diesel bahan bakar diinjeksikan kedalam silinder yang berisi udara bertekanan tinggi. Selama proses pengkompresian udara dalam silinder mesin, suhu udara bersinggungan dengan udara panas ini, maka bahan bakar akan menyala dengan sendirinya tanpa bantuan alat penyalat lain. Karena alasan ini mesin diesel juga disebut mesin penyalat kompresi (*Compression Ignition Engines*). Konsumsi bahan bakar spesifik mesin diesel lebih rendah (kira-kira 25%) dibanding mesin bensin namun perbandingan kompresinya yang lebih tinggi menjadikan tekanan kerjanya juga tinggi [9].

Pada umumnya *performance* mesin bisa diketahui dengan membaca laporan spesifikasi mesin dari produsen pembuat mesin tersebut. Dari laporan spesifikasi dapat diketahui daya, torsi, perbandingan udara bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik dari mesin tersebut. Parameter itulah yang menjadi pedoman praktis prestasi sebuah mesin [10].

Parameter tersebut relatif penting digunakan pada mesin yang berkemampuan kerja dengan variasi kecepatan operasi dan tingkat pembebanan. Daya maksimum didefinisikan sebagai kemampuan maksimum yang bisa dihasilkan oleh suatu mesin. Adapun torsi pada kecepatan tertentu mengindikasikan kemampuan untuk memperoleh aliran udara dan bahan bakar yang tinggi ke dalam mesin pada kecepatan tersebut, sehingga diperlukan perbandingan bahan bakar yang sesuai. Sementara suatu mesin dioperasikan pada waktu yang cukup lama, maka konsumsi bahan bakar serta efisiensi mesinnya menjadi suatu hal yang sangat penting [11].

Berbagai penelitian tentang *performance* mesin diesel telah banyak dilakukan yaitu menggunakan biodiesel dari dimetil ester dengan mesin diesel *TecQuipment* TD4A001 [12]. Penelitian lain menggunakan biodiesel dari minyak biji karet dengan mesin diesel *Engine test bed* [13], biodiesel dari virgin coconut oil dengan mesin diesel *Dong Feng* ZS1110 [14], dan biodiesel dari minyak biji nyamplung dengan mesin diesel *Nissan DWE-47-50-HS-AV* [15]. Penelitian yang dilakukan kali ini yaitu analisa *performance* mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel dari minyak jelantah. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana *performance* mesin diesel jika menggunakan biodiesel sebagai bahan bakarnya dan sebelum dilakukan pengujian langsung pada mesin diesel, biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar bahan bakar diesel.

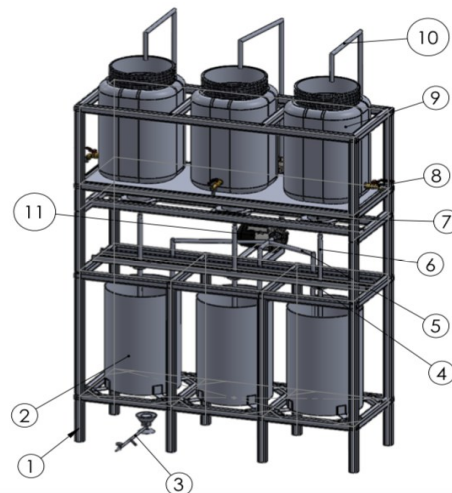
2. Metode Penelitian

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan *prototype* alat pembuatan biodiesel dari minyak jelantah kapasitas 50 L. Pembuatan biodiesel dilakukan dengan proses esterifikasi dengan katalis asam sulfat 1% dan dilanjutkan dengan proses transesterifikasi dengan perbandingan minyak jelantah dan metanol 1:6 dan katalis NaOH 1% berat dari minyak jelantah.

2.1. Pengujian *performance* mesin Type Nissan SD22

Untuk pengujian *performance* mesin maka biodiesel akan dilakukan pencampuran dengan bensin dengan komposisi B5 (5% biodiesel dan 95% solar), B10 (10% biodiesel dan 90%

solar), B15 (15% biodiesel dan 85% solar) dan B20 (20% biodiesel dan 80% solar). Selain itu menggunakan pembanding untuk *performance* mesin adalah Pertamina Dex. Variasi yang dilakukan adalah variasi kecepatan putar (rpm) mesin dengan memperhitungkan torsi, daya dan bahan bakar spesifik (SFC).



Gambar 1 Design Prototype Alat Pembuatan Biodiesel

Analisa *performance* mesin dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Mengurangi beban dengan memutar dynamometer control kekanan secara perlahan sampai putaran mesin mencapai rpm yang diinginkan pada percobaan pertama (3000 – 3500 rpm). *Water pas* disetimbangkan diposisi tengah (*center*).
2. Percobaan kedua dan seterusnya, untuk menurunkan rpm maka beban dynamometer ditambah dengan memutar *control* dynamometer ke arah kiri/*max* dan kondisikan pada rpm yang diinginkan, sedangkan *water pas* diusahakan selalu dalam keadaan setimbang (*center*). Mencatat semua data indikator yang ada yaitu :
 - a. Laju bahan bakar
 - b. Laju aliran pendingin
 - c. Air pendingin (Suhu air masuk, air keluar dan kecepatannya)
 - d. Suhu gas buang
 - e. Suhu pelumasan
 - f. Manometer dan suhu udara masuk
 - g. Beban (kg) dll.
3. Pada setiap tahap / kedudukan hitung:
 - a. Torsi output
 - b. Daya output
 - c. Konsumsi bahan bakar spesifik
 - d. Perbandingan udara bahan bakar
4. Buatlah grafik masing-masing dari hasil perhitungan diatas.
5. Buatlah kesimpulan dari hasil perhitungan tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

Prototype alat pembuatan biodiesel dapat menghasilkan biodiesel dengan kapasitas minimum 5 L dan kapasitas maksimum 50 L. Hasil dari Karakteristik biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan *prototype* alat pembuatan biodiesel dari minyak jelantah akan mengacu pada standar SNI bahan bakar biodiesel.

Dilihat dari Tabel 1 untuk kualitas biodiesel yang dihasilkan masuk standar sebagai syarat bahan bakar diesel. Karakteristik biodiesel yang dihasilkan sudah sesuai dengan

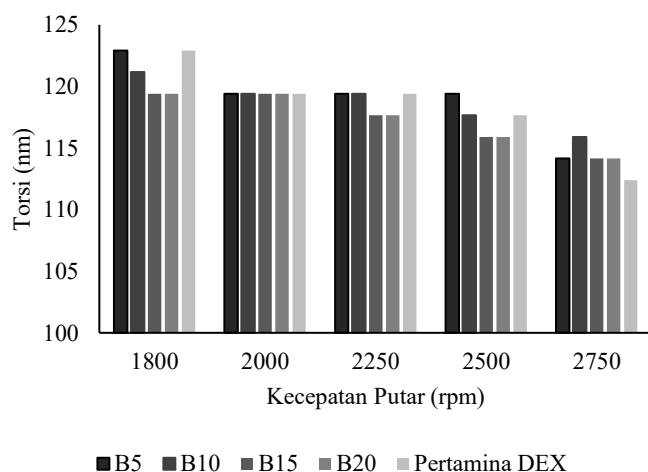
standar SNI bahan bakar syarat mutu biodiesel (SNI-04-7182-2006). kadar metil ester dalam biodiesel 99,61% dan angka setana 54,5 juga telah sesuai sehingga dapat dikatakan bahan bakar biodiesel ini setara dengan solar.

Tabel 1. Hasil dan Karakteristik Biodiesel

Parameter	Nilai (Standar SNI)	*Nilai Biodiesel murni
Massa jenis pada 40°C (kg/m ³)	850 – 890	861
Viskositas kinematik pada 40°C (mm ² /s)	2.3 – 6.0	4.522
Angka Setana	Min.51	54.5
Titik nyala (°C)	Min. 100	148.5
Titik kabut (°C)	Maks. 18	3
Kadar ester alkil (%-m)	Min. 96,5	99.61

Pengujian bahan bakar biodiesel untuk *performance* mesin dengan menggunakan mesin diesel type Nissan SD22. Pengujian *performance* mesin dilakukan dengan pencampuran biodiesel dan solar dengan perbandingan B5, B10, B15 dan B20 dengan variasi kecepatan putaran (rpm) untuk mengukur kinerja mesin dengan menggunakan parameter torsi, daya serta bahan bakar spesifik (SFC).

Performance mesin diesel Nissan SD22 dengan bahan bakar biodiesel mempunyai kemampuan yang bisa melebihi kinerja solar sebagai bahan bakar.



Gambar 2. Grafik hubungan antara kecepatan putaran dan torsi

Berdasarkan gambar 2 pada putaran mesin semakin tinggi maka gesekan pada dinding silinder semakin besar, proses pembakaran pun menjadi tidak sempurna dan piston tidak memiliki cukup waktu untuk menghisap udara secara penuh. Campuran yang masuk ke dalam ruang bakar mulai berkurang sehingga tekanan kompresi menurun dan torsi yang dihasilkan semakin kecil pula [15]. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan.

Dari gambar 2 khusus pada putaran 2750 rpm (kondisi optimum), tampak bahwa Pertamina DEX menghasilkan torsi sebesar 112.38 Nm sedangkan B10

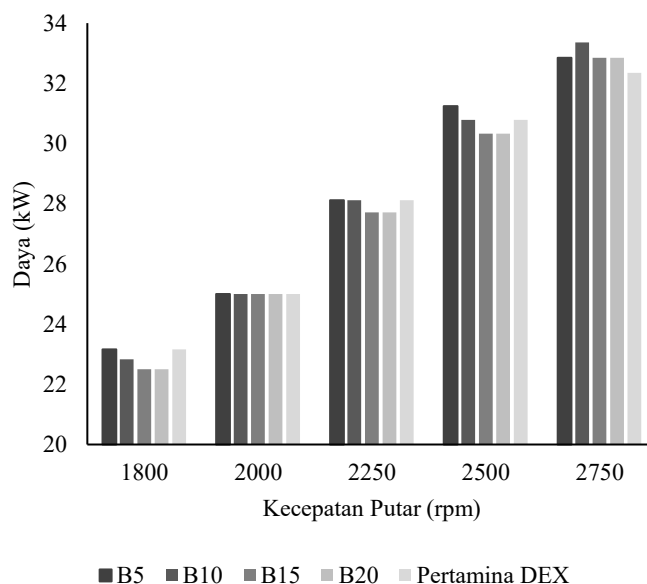
menghasilkan torsi sebesar 115.90 Nm. Dengan demikian maka pemakaian B10 mampu menaikkan torsi sebesar 3.04%. Tetapi jika dilihat nilai rata-ratanya, antara putaran 1800 s/d 2750 rpm, tampak bahwa bahan bakar B10 dapat menghasilkan torsi sebesar 0.3%.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa secara umum bentuk grafik untuk bahan bakar B5 sampai B20 dan Pertamina DEX hampir sama. Tampak pula bahwa semakin tinggi putaran maka daya yang dihasilkan juga semakin tinggi, daya maksimum diperoleh pada saat menggunakan bahan bakar biodiesel B10 pada putaran mesin 2750 rpm yaitu sebesar 33.36 kW.

Daya yang dihasilkan mesin dipengaruhi oleh putaran poros engkol yang terjadi akibat dorongan piston yang dihasilkan karena adanya pembakaran bahan bakar dengan udara. Jika konsumsi bahan bakar dan udara diperbesar maka akan semakin besar pula daya yang dihasilkan mesin. Semakin cepat poros engkol berputar maka akan semakin besar daya yang dihasilkan [9].

Pada gambar 3 untuk daya pada B5 dan B10 hampir berimpit, tetapi daya yang dihasilkan oleh B10 pada putaran rendah lebih kecil dari pada B5. Sedangkan untuk B15 dan B20 memiliki nilai daya yang sama. Jadi, daya mesin maksimum yang dihasilkan jika menggunakan bahan bakar B10. Jika dibandingkan B10 dengan Pertamina DEX, dari gambar 3 pada putaran 2750 rpm (kondisi optimum) tampak bahwa Pertamina DEX menghasilkan daya sebesar 32.35 kW sedangkan B-10 menghasilkan daya sebesar 33.36 kW. Dengan demikian maka pemakaian B-10 mampu menaikkan daya mesin sebesar 3.03%.

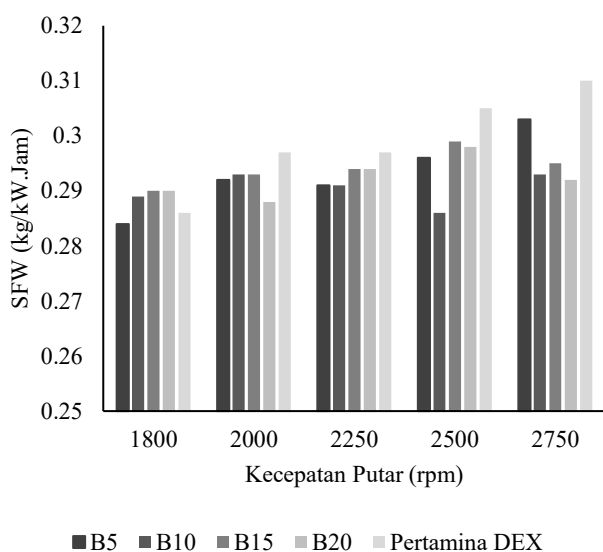
Tetapi jika dilihat nilai rata-ratanya antara putaran 1800 s/d 2750 rpm, tampak bahwa bahan bakar B10 dapat menghasilkan daya rata-rata sebesar 28.02 kW sedangkan Pertamina DEX sebesar 27.88 kW. Dengan demikian berarti bahwa secara rata-rata, pemakaian bahan bakar B10 mampu meningkatkan daya mesin sebesar 0.5%.



Gambar 3. Grafik hubungan antara kecepatan putaran dan daya

Gambar 4 terlihat bahwa konsumsi bahan bakar spesifik untuk B15 dan B20 cenderung hampir berimpit mulai putaran 1800 sampai 2750 rpm. Pada putaran 2750 rpm jelas ada perbedaan yaitu B20 terendah dan Pertamina DEX tertinggi. Khusus untuk B10 pada putaran 2750 rpm pada daya

maksimum memerlukan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,293 kg/kW.Jam.



Gambar 4. Grafik hubungan antara kecepatan putaran dan konsumsi bahan bakar (SFC)

Konsumsi ini hampir sama dengan untuk putaran mulai 1800 rpm sampai dengan 2750 rpm. Jika dibandingkan B10 dengan Pertamina DEX, dari data pada tabel 4.1.4 khusus pada putaran 2750 rpm (kondisi optimum) tampak bahwa B10 memerlukan bahan bakar spesifik yaitu sebesar 0.293 kg/kW.Jam sedangkan Pertamina DEX memerlukan bahan bakar spesifik lebih besar dari B10 yaitu sebesar 0,310kg/kW.Jam.

Jadi, bahan bakar B10 dapat menghemat pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 5.48%. Tetapi jika dilihat nilai rata-ratanya antara putaran 1800 s/d 2750 rpm, tampak bahwa bahan bakar B10 dapat menghemat pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 3.01%.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada *performance* mesin diesel nissan SD22 penggunaan B10 menghasilkan torsi tertinggi diantara penggunaan bahan bakar lain. Sedangkan besar kecilnya daya mesin bergantung pada besar kecilnya torsi, semakin besar torsi yang didapat dari hasil pengujian maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Selain dipengaruhi oleh torsi, daya yang dihasilkan mesin juga dipengaruhi oleh putaran poros engkol yang terjadi akibat dorongan piston yang dihasilkan karena adanya pembakaran bahan bakar dengan udara. Dilihat dari konsumsi bahan bakar spesifik, penggunaan B10 memberikan keuntungan yaitu dengan daya maksimum penggunaan bahan bakar lebih hemat jika dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina DEX dan bahan bakar dari campuran biodiesel dengan solar lainnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa bahan bakar biodiesel minyak jelantah B10 menghasilkan kinerja mesin terbaik pada putaran 2750 rpm. Pada putaran ini diperoleh torsi 115.90 Nm, daya maksimum 33.36 kW, konsumsi bahan bakar spesifik terendah 0.293 kg/kW.Jam. Komposisi optimum dari campuran biodiesel dan solar yang mempunyai *performance* mesin yang lebih baik untuk type mesin Nissan SD22 adalah campuran B10 yaitu 10% biodiesel dan 90% solar.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Samarinda beserta jajaran manajemen Politeknik Negeri Samarinda atas pemberian Hibah Penelitian Penugasan dan teknisi mesin yang telah membantu *prototype* alat pembuatan biodiesel.

Referensi

- [1] B. Susilo, Biodiesel sumber energi alternatif pengganti solar yang terbuat dari ekstraksi minyak jarak pagar, Trubus Agrisarana, Surabaya, 2006.
- [2] M.C. Gultom, Kajian eksperimental performansi generator diesel menggunakan solar, biosolar dan pertadex, Jurusan Teknik Mesin, (2012).
- [3] I. Aziz, Uji performance mesin diesel menggunakan biodiesel dari minyak goreng bekas, Jurnal Kimia Valensi, 1 (2010) 291-297.
- [4] R. Muchtar, Pemanfaatan teknologi gelombang ultrasonik dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah, Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Samarinda, (2012).
- [5] B. Fajar, T.S. Utomo, M. Murni, Kaji eksperimental pengaruh temperatur biodiesel minyak sawit terhadap performansi mesin direct injection putaran konstan, Rotasi, 11 (2012) 28-31.
- [6] N. Soenarta, & Furuham, S., Motor Serba Guna, Pradnya Paramita, Jakarta, 2002.
- [7] Hardjono, Teknologi Minyak Bumi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2000.
- [8] Daryanto, Motor diesel pada mobil, Yrama Widya, Bandung, 2004.
- [9] K.T.A.P. Naibaho, Pengujian performansi motor diesel dengan biodiesel dari dimethyl ester, In Skripsi Universitas Sumatera Utara, (2009).
- [10] E. Pranomo, Unjuk kerja motor diesel tipe S- 1110 dengan bahan bakar biodiesel M20 dari minyak jelantah dengan katalis 0,35% NaOH, Teknik Mesin, Universitas Gunadarma, (2012).
- [11] A. Budiman, Karakteristik emisi jelaga mesin diesel menggunakan venturi scrubber EGR (Exhaust Gas Recirculation) dengan bahan bakar solar, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [12] J. Tumip, Pengujian dan analisa performance motor bakar diesel menggunakan biodiesel dimethyl ester B-01 dan B-02., Repositori Institusi USU, (2009).
- [13] D. Setyawardhani, dkk., Pembuatan biodiesel dari minyak biji karet dengan pengujian menggunakan mesin diesel (Engine Test Bed), Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret, (2011).
- [14] A. Bhikuning, Analisa performa mesin dengan biodiesel terbuat dari virgin coconut oil pada mesin diesel, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Trisakti, (2013).
- [15] A.P. Hutomo, Proses pembuatan biodiesel dari minyak biji nyamplung dan uji kinerja pada mesin diesel, JTM, 2 (2014) 179-185.