



SKRIPSI – ME18481

**STUDI EKSPERIMEN PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL
BERBAHAN BAKAR SOLAR WONOCOLO**

**Salva Swastika Putri
0421 154 0000 057**

**Dosen Pembimbing 1 :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

**Dosen Pembimbing 2 :
Adhi Iswantoro, S.T, M.T**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



BACHELOR THESYS – ME18481

**EXPERIMENTAL STUDY OF DIESEL ENGINE PERFORMANCE AND
EXHAUST GAS EMISSION USING WONOCOLO OIL**

**Salva Swastika Putri
0421 154 0000 057**

**Academic Supervisor 1 :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

**Academic Supervisor 2 :
Adhi Iswanto, S.T, M.T**

**MARINE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Studi Eksperimen Performa dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

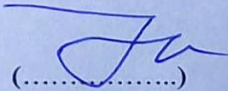
Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) Program Studi S-1
Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Salva Swastika Putri
NRP. 0421 154 0000 057

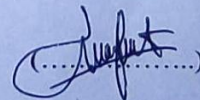
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

Pembimbing 1
Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
NIP: 1956 0519 1986 10 1001



(.....)

Pembimbing 2
Adhi Iswantoro, S.T, M.T
NIP: 1991201711050



(.....)

Surabaya
Juli, 2019

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Studi Eksperimen Performa dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) Program Studi S-1
Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Salva Swastika Putri
NRP. 0421 154 0000 057

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Surabaya
Juli, 2019

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Studi Eksperimen Performa dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo

Nama Mahasiswa : Salva Swastika Putri
NRP : 0421154000057
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
Dosen Pembimbing 2 : Adhi Iswantoro, S.T., M.T

ABSTRAK

Solar wonocolo merupakan solar sulingan tradisional dari desa Wonocolo, Kecamatan Kedewan Kabupaten Bojonegoro yang digunakan sebagai bahan bakar truk dan perahu nelayan. Saat ini belum ada penelitian mengenai dampak digunakannya solar wonocolo ini pada mesin diesel dalam kaitannya dengan kinerja mesin diesel. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan tujuan mengetahui karakteristik, performa dan emisi penggunaan bahan bakar solar wonocolo pada mesin diesel dengan bahan bakar HSD sebagai pembandingnya. Penelitian ini dilakukan melalui metode eksperimental menggunakan Yanmar TF85MH-di *Diesel Engine* di Laboratorium Mesin Kapal & Getaran. Setelah data didapat, dilanjutkan dengan penilaian terhadap karakteristik, performa dan emisi. Karakteristik dinilai kesesuaiannya dengan standard dan tingkat kemiripannya dengan solar wonocolo. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan analisa dan penilaian bahwa kesesuaian solar wonocolo dengan standar Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013 sebesar 71 %. Hal ini mengindikasikan bahwa solar wonocolo telah sesuai dengan standar. Solar wonocolo memiliki karakteristik yang tidak mirip dengan solar non subsidi, karena tingkat kemiripan sebesar 57%. Penggunaan solar wonocolo menghasilkan performa yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar non subsidi dengan poin penilaian sebesar 68 %. Emisi yang dihasilkan dari solar wonocolo lebih tinggi dengan capaian nilai sebesar 37.5%

Kata kunci : Emisi, Karakteristik, Mesin Diesel, Performa, Solar wonocolo.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Experimental Study of Performance and Exhaust Gas Emission Using Wonocolo Oil on Diesel Engine

Student Name : Salva Swastika Putri
NRP : 0421154000057
Department : Marine Engineering
Academic Supervisor 1 : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
Academic Supervisor 2 : Adhi Iswanto, S.T., M.T

Abstract

Wonocolo oil is the traditional oil product from Wonocolo village, Kedewan sub district, Bojonegoro district, that use for truck and fisherman ship. However, nowadays there are no research about the impact of wonocolo oil for diesel engine related to the performance of diesel engine. This research aims to know the wonocolo oil characteristic, the performance and NOx emission of the diesel engine using wonolo oil as the fuel. This research was conducted through experimental method using Yanmar TF85 MH diesel engine. After get the data, the next step is judging characteristic, performance and emission. The characteristic is judged by the suitability and the similarity. From the result of testing, wonocolo oil have meet the standard of Kepdirjen Migas Regulation number 978 of 2013, with 71% points. It indicates that wonocolo oil is suitable with the standard. Wonocolo oil doesn't have similarity with non subsidized oil, because it only get 57% points. The use of wonocolo oil can produce higher emission with 37.5% points.

Keywords : Diesel Engine, Emission, Performance, Properties, Wonocolo Oil

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala berkah, rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Studi Performa dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo” dengan lancar dan tepat waktu. Laporan ini dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S-1) Sarjana Teknik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama pengerjaan tugas akhir, penulis memperoleh banyak bimbingan, bantuan, kritik, dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing satu (1) dalam tugas akhir ini, yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan ilmu, arahan dan masukan serta memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Adhi Iswantoro, S.T., M.T selaku dosen pembimbing dua (2) dalam tugas akhir ini, yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan ilmu, arahan dan masukan serta memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan
4. Muh. Nurafandi selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam persiapan pra eksperimen hingga eksperimen selesai
5. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T selaku dosen wali penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan
6. Kedua orang tua penulis yang selalu memotivasi dan mendoakan serta memberikan dukungan materil kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Sahabat dan teman-teman penulis yang selama ini sudah mendukung dan membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penelitian selanjutnya. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Juli 2019

Salva Swastika Putri

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II	5
Tinjauan Pustaka	5
2.1 Peta Jalan Penelitian.....	5
2.1 Karakteristik Solar.....	6
2.2 Performa	9
2.3 Emisi.....	9
BAB III.....	14
METODE PENELITIAN	14
3.1 Identifikasi Masalah	16
3.2 Studi Literatur	16
3.3 Perumusan Hipotesa.....	16
3.4 Pengambilan dan Pengujian Karakteristik Bahan Bakar.....	16
3.5 Eksperimen.....	17
3.6 Perbandingan Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi, Analisa dan Pembahasan	18
3.7 Kesimpulan dan Saran.....	18
BAB IV	19
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20

4.1	Karakteristik Bahan Bakar Solar Wonocolo	20
4.1.1	<i>Cetane Number</i>	21
4.1.2	Densitas	21
4.1.3	Viskositas Kinematis.....	21
4.1.4	<i>Sulphur Content</i>	22
4.1.5	<i>Flash Point</i>	22
4.1.6	<i>Pour Point</i>	23
4.1.7	<i>Lower Heating Value</i>	23
4.1.8	Analisa Kemiripan Karaketristik.....	23
4.2	Analisa Performa Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo 24	
4.2.1	Pengaruh Penggunaan Jenis Bahan Bakar terhadap <i>Specific Fuel Oil Consumption</i> (SFOC) Motor Diesel.....	24
4.2.2	Perbandingan <i>Specific Fuel Oil Consumption</i> Motor Diesel pada Berbagai Variasi Putaran Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dengan Solar Non Subsidi.....	26
4.2.3	Perbandingan Daya pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine	33
4.2.4	Perbandingan Torsi pada Kondisi Beban Penuh anantara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine	34
4.2.5	Perbandingan BMEP pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine	35
4.2.6	Perbandingan Efisiensi Thermal pada Kondisi Beban Penuh anantara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine.....	36
4.3	Analisa Emisi NOx pada Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo	37
	BAB V	40
	KESIMPULAN DAN SARAN	41
	5.1 Kesimpulan.....	41
	5.2 Saran.....	41
	TINJAUAN PUSTAKA.....	42
	LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Konsumsi BBM Nasional Per Tahun	1
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian Lanjutan.....	15
Gambar 4. 1. Pengaruh dari Bahan Bakar Wonocolo terhadap Specific Fuel Oil.....	25
Gambar 4. 2. Pengaruh dari Bahan Bakar Solar Non Subsidi terhadap Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) Motor Diesel pada Beberapa Variasi Putaran	26
Gambar 4. 3. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 1800.....	27
Gambar 4. 4. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 1900.....	28
Gambar 4. 5. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 2000.....	29
Gambar 4. 6. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 2100.....	30
Gambar 4. 7. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 2200.....	31
Gambar 4. 8. Perbandingan SFOC pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine.....	32
Gambar 4. 9. Perbandingan Daya pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine	33
Gambar 4. 10. Perbandingan Torsi pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine.....	34
Gambar 4. 11. Perbandingan BMEP pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine.....	35
Gambar 4. 12. Perbandingan Efisiensi Thermal pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine.....	36
Gambar 4. 13. Grafik Perbandingan Kandungan NO pada Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi.....	37
Gambar 4. 14. Grafik Perbandingan Kandungan NOx pada Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi	38

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

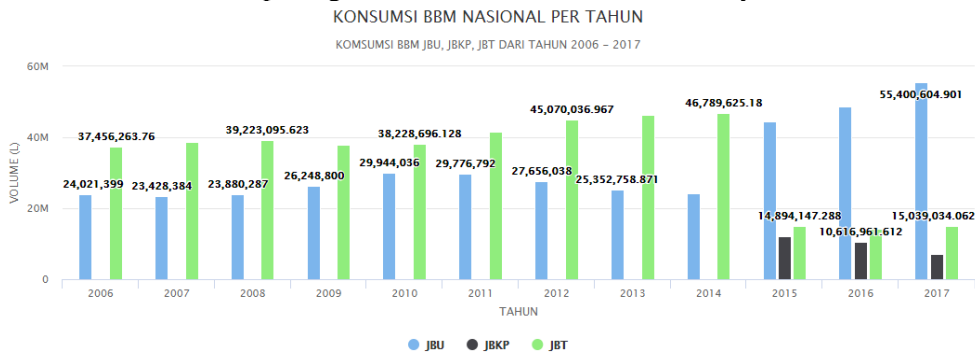
Tabel 2. 1. Spesifikasi Bahan Bakar Solar Menurut Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013.....	8
Tabel 2. 2. Tabel Pengetesan IMO	10
Tabel 3. 1. Pelaksanaan Uji Properties Bahan Bakar	17
Tabel 4. 1. Hasil Pengujian Properties Bahan Bakar.....	20
Tabel 4. 2. Analisa Kemiripan Karakteristik.....	24

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar minyak atau BBM merupakan salah satu jenis bahan bakar yang banyak digunakan pada permesinan di Indonesia. Sehingga, jumlah kebutuhan bahan bakar minyak meningkat semakin hari. Berdasarkan data milik Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi, terlihat peningkatan konsumsi Bahan Bakar Minyak Nasional Per Tahun.



Gambar 1. 1. Konsumsi BBM Nasional Per Tahun

Sumber : www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional

Konsumsi Bahan Bakar Minyak Nasional dibagi menjadi 3 jenis, yakni Jenis BBM Umum (JBU), Jenis BBM Khusus Penugasan (JBKP) dan Jenis BBM Tertentu (JBT). JBU terdiri dari premium, pertalite dan pertamax. Sedangkan untuk JBT terdiri dari bensin jenis solar dan minyak tanah. Dari keseluruhan kebutuhan minyak, sekitar 70 % disediakan dan didistribusikan oleh PT Pertamina (Persero), sisanya dipegang oleh Badan Usaha Swasta (Dian, 2018).

Bojonegoro merupakan salah satu kabupaten di Jawa Timur yang memiliki kekayaan minyak. Salah satu kecamatan yang memiliki potensi kekayaan minyak terletak di kecamatan Kedewan. Kecamatan kedewan terdiri dari 5 desa, yakni Kawengan, Wonocolo, Hargomulyo, Kedewan dan Beji (Suprapti, 2011) . Salah satu desa yang terkenal dengan penambangan minyak secara tradisional yakni desa Wonocolo. Para penambang memanfaatkan pengeboran sumur minyak peninggalan Belanda yang dikelola secara swadaya menjadi minyak mentah dan sebagian disuling sendiri secara tradisional menjadi bahan bakar berjenis solar dan minyak tanah (Rizha dan Agus, 2015).

Minyak hasil sulingan terkenal dengan nama Solar Sulingan Wonocolo dan minyak tanah. Minyak mentah hasil tambang tradisional dijual kepada KUD dan PT Pertamina. Sedangkan, minyak hasil sulingan dijual secara langsung melalui beberapa UD yang terdapat di area wonocolo yang selanjutnya akan didistribusikan kepada pengepul. Pada saat ini, minyak wonocolo hasil pengolahan secara tradisional, digunakan untuk kendaraan seperti truk, dan juga untuk bahan bakar kapal nelayan (Kholis, 2010).

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral telah mengeluarkan peraturan yang tertuang dalam Keputusan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Minyak dan Gas Bumi nomor 978.K/10/DJM.S/2013 yang berisi

mengenai syarat wajib sebuah cairan dapat dikatakan sebagai solar dan pengaruhnya terhadap bahan bakar. Hingga saat ini, pengujian bahan bakar solar sulingan wonocolo hanya sebatas penelitian dari aspek ekonomi, sosial dan hukum. Sedangkan, untuk penggunaan bahan bakar solar produk dari minyak wonocolo ini masih belum diuji kandungan dan dampaknya terhadap mesin diesel. Sehingga, diharapkan dengan adanya studi ini, akan diketahui kandungan serta dampak penggunaan solar ini pada mesin diesel, khususnya pada performa dan emisi gas buang yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan perbandingan dengan jenis minyak yang sama yang terdapat di pasaran yakni solar non subsidi milik PT Pertamina.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan latar belakang diatas maka permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik dari solar wonocolo?
2. Bagaimana performa yang dihasilkan pada penggunaan solar wonocolo sebagai bahan bakar mesin diesel?
3. Bagaimana emisi yang dihasilkan pada penggunaan solar wonocolo sebagai bahan bakar mesin diesel?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, diberikan batasan masalah seperti berikut :

1. Bahan bakar yang diteliti solar wonocolo sulingan. Solar wonocolo yang digunakan yakni solar wonocolo sulingan yang didapat dari UD Pak Dafa.
2. Karakteristik yang akan diuji yakni *lower heating value*, densitas, viskositas, *flash point*, *pour point*, *cetane number* dan *sulphur content*
3. Aspek dari performa yang diteliti adalah *Specific fuel consumption*, daya, torsi, BMEP dan efisiensi thermal
4. Emisi yang akan dianalisa yakni kadar NO_x
5. Bahan bakar yang digunakan sebagai pembanding yakni bahan bakar HSD murni Pertamina.
6. Pengujian dilakukan pada mesin diesel Yanmar TF-85 MH

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik dari solar wonocolo
2. Menganalisa performa yang dihasilkan pada penggunaan solar wonocolo sebagai bahan bakar mesin diesel
3. Menganalisa emisi yang dihasilkan pada penggunaan solar wonocolo sebagai bahan bakar mesin diesel

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti, dengan penelitian ini dapat mengetahui performa mesin diesel dengan menggunakan solar wonocolo dan perbandingannya apabila menggunakan bahan bakar HSD
2. Bagi para akademisi, dengan penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya untuk bidang yang sama
3. Diharapkan kedepannya dapat menjadikan bahan bakar solar wonocolo, mampu bersaing secara global dengan jenis bahan bakar serupa yang beredar di pasaran

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Peta Jalan Penelitian

Wonocolo adalah salah satu kecamatan di Bojonegoro, Jawa Timur yang memiliki luas wilayah 11.37 km², terletak diantara Banyu Urip, Kadewan, Ngantru dan Kali Gede di timur, barat, selatan dan utara. Di kecamatan Wonocolo, terdapat kegiatan penambangan minyak mentah seperti pengeboran, pengilangan dan transportasi yang dioperasikan oleh masyarakat setempat (Namumi dan Trilaksana, 2002).

Wonocolo merupakan desa dengan jumlah sumur dan produksi minyak terbanyak di Kecamatan Kedewan. Tambang minyak bumi rakyat yang terdapat di wilayah kecamatan kedewan sejumlah 74 unit sumur. Sejumlah 44 sumur dengan kapasitas produksi 25.771 L/hari terletak di desa Wonocolo. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ada 35-44 sumur tua aktif yang menghasilkan 25.77 – 50 m³/hari minyak mentah (Handrianto et al., 2012).

Pengelolaan minyak di Wonocolo, dilakukan dengan dua cara, yakni modern dan tradisional. Secara modern dilakukan oleh PT Pertamina dengan alat-alat canggih. Pengelolaan minyak secara tradisional dilakukan oleh para penambang yang berasal dari area setempat. Penambangan ini dilakukan secara tradisional dengan menggunakan kayu sebagai penyangga, katrol, t imbal, tali dan diesel. Hasil pengeboran minyak diolah menjadi 2 jenis, yakni minyak mentah dan minyak olahan. Minyak mentah dijual kepada Pertamina EP 4 Field Cepu, sedangkan untuk minyak olahan dihasilkan solar, bensin dan minyak tanah yang dijual kepada KUD setempat maupun dijual secara swadaya (Suprpti, 2011).

Penelitian yang berkaitan dengan minyak tradisional telah dilakukan sebelumnya oleh Dwiyatno (2007) yang berfokus pada peranan penambangan minyak tradisional dalam pembangunan masyarakat desa Ledok, Kecamatan Sambong, Kabupaten Blora. Selanjutnya Imam (2012) melakukan penelitian tentang penambangan pengelolaan minyak dan gas bumi ditinjau dari lingkup kemaslahatan. Kemudian penelitian dengan tema penambangan tradisional juga dilakukan oleh Firmansyah (2006) yakni penelitian yang dibuat untuk memberikan gambaran bagaimana penambangan ini dilakukan, penelitian ini dilakukan dengan menyuguhkan film dokumenter sebagai penggambaran kondisi masyarakat yang bekerja sebagai penambang.

Yuniar (2011) melakukan penelitian yang berfokus pada potret kemiskinan masyarakat penambang minyak tradisional. Elha (2015) memberikan kontribusi penelitian yang berfokus pada analisis konflik pengelolaan pertambangan minyak mentah desa Wonocolo. Suprpti (2011) fokus pada penelitian penyelesaian sengketa pengelolaan sumur tua secara tradisional oleh masyarakat di desa Wonocolo. Kholis (2010) berfokus pada perspektif hukum, ekonomi islam dan hukum positif. Rizha dan Agus (2015) melakukan penelitian yang berfokus pada latar belakang dan dampak pertambangan minyak tradisional.

2.1 Karakteristik Solar

Syarat umum yang harus dimiliki oleh minyak solar adalah harus dapat menyala dan terbakar sesuai dengan kondisi ruang bakar. Solar sebagai bahan bakar memiliki karakteristik yang dipengaruhi oleh sifat-sifat seperti bilangan Cetana, berat jenis, viskositas, kandungan sulfur, titik nyala, titik tuang dan nilai kalori.

a. Bilangan Cetana

Cetana Number menunjukkan bahan bakar minyak solar untuk menyala dengan sendirinya (*auto ignition*) dalam ruang bakar karena tekanan dan suhu ruang bakar. Angka CN yang tinggi menunjukkan bahwa minyak solar dapat menyala pada temperatur yang relatif rendah dan sebaliknya angka CN yang rendah menunjukkan minyak solar baru menyala pada temperatur yang relatif tinggi (Garret et al., 2001).

Angka *cetane* merupakan indikator kualitas suatu bahan bakar bila ditinjau dari kecepatan terbakarnya bahan bakar untuk motor diesel. Semakin tinggi angka cetane pada suatu bahan bakar, maka akan mengurangi waktu tunda pembakaran sehingga bahan bakar tersebut akan dapat terbakar lebih cepat. Dengan berbedanya angka cetane, pada timing injeksi yang sama, maka pembakaran yang dihasilkan akan berbeda, sebab periode pembakaran yang terjadi berbeda (Patria et al., 2016).

b. Berat Jenis

Berat jenis atau densitas merupakan salah satu karakteristik bahan bakar yang sangat penting karena mempengaruhi proses produksi, transportasi dan distribusi bahan bakar. Oleh karena itu, keakuratan bahan bakar menjadi hal yang penting untuk perhitungan konsumsi energi karena mempengaruhi massa dan injeksi bahan bakar dan *heating value*. Berat jenis adalah perbandingan antara berat persatuan volume minyak solar. Berat jenis suatu minyak solar mempunyai satuan kilogram per meter kubik (kg/m^3) (Patria et al., 2016).

c. Viskositas

Viskositas ialah nilai yang diukur dari daya hambatan aliran yang dialami suatu fluida pada suatu tekanan tertentu, biasanya sering disebut kekentalan atau penolakan terhadap penuangan. Sifat kemudahan mengalir minyak solar dinyatakan sebagai viskositas dinamik dan viskositas kinetik. Viskositas dinamik dan viskositas kinetik. Viskositas dinamik adalah ukuran tahanan untuk mengalir dari suatu zat cair, sedang viskositas kinetik adalah tahanan zat cair untuk mengalir karena gaya berat.

Pada mesin pembakaran, viskositas merupakan parameter penting yang berpengaruh dalam tahap penginjeksian. Injeksi bahan bakar dapat mempengaruhi tahap pencampuran bahan bakar dengan udara dan mempengaruhi terjadinya pembakaran sempurna. Viskositas bahan bakar sangat penting karena berpengaruh pada atomisasi bahan bakar ketika diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Viskositas sangat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur, semakin kecil viskositasnya dan sebaliknya semakin rendah temperatur maka semakin besar viskositasnya. Viskositas merupakan parameter yang sangat penting mempengaruhi tahap penginjeksian bahan bakar sehingga berdampak pada tahap pencampuran dengan udara dalam upaya mencapai pembakaran sempurna. Viskositas minyak solar sangat berkaitan dengan laju konsumsi bahan bakar ke dalam ruang bakar dan juga sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengkabutan (*atomizing*) bahan bakar melalui injektor. Pada mesin diesel viskositas berpengaruh pada kemudahan

bahan bakar untuk mengalir di dalam saluran bahan bakar dan injektor. Semakin rendah viskositasnya, maka semakin mudah bahan bakar tersebut mengalir (Patria *et al.*, 2016).

d. Kandungan Sulfur

Jumlah sulfur dalam bahan bakar minyak sangat tergantung pada sumber minyak mentah dan pada proses penyulingannya. Kerugian utama dari adanya sulfur adalah resiko korosi oleh asam sulfat yang terbentuk selama dan sesudah pembakaran, dan pengembunan di cerobong asap, pemanas awal udara dan *economizer*(Patria *et al.*, 2016).

e. Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala dari suatu cairan bahan bakar semacam minyak bumi adalah temperatur minimum fluida pada waktu uap yang keluar dari permukaan fluida langsung menyala. Jika temperatur naik sedikit, yang disebut titik api (*fire point*), dapat menyebabkan uap membantu pembakaran. Oleh karena itu perlu diwaspadai agar temperatur maksimum minyak tidak melebihi titik nyalanya.

f. Titik Tuang (*Pour Point*)

Titik tuang suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar akan tertuang atau mengalir bila didinginkan dibawah kondisi yang sudah ditentukan. Ini merupakan indikasi yang sangat kasar untuk suhu terendah dimana bahan bakar minyak siap untuk dipompakan(Patria *et al.*, 2016).

g. Nilai Kalori

Nilai kalor atau heating value adalah jumlah energi yang dilepaskan pada proses pembakaran per satuan volume atau per satuan massa. Nilai kalor bahan bakar sangat berpengaruh pada konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Makin tinggi nilai kalor bahan bakar menunjukkan tersebut semakin sedikit pemakaian bahan bakarnya (Patria *et al.*, 2016).

Berdasarkan Ketetapan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Minyak dan Gas Bumi nomor 978.K/10/DJM.S/2013 yang berisi mengenai syarat wajib sebuah cairan dapat dikatakan sebagai solar, berikut merupakan spesifikasi bahan bakar solar.

Tabel 2. 1. Spesifikasi Bahan Bakar Solar Menurut Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013

Sumber : Website Resmi Kementerian ESDM Republik Indonesia

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain
1	Bilangan Cetana, Angka Cetana atau Indeks Cetana		48		D 613	
			45		D4737	
2	Berat Jenis (pada suhu 15°)	kg/m ³	815	850	D 1298 atau D4052	
3	Viskositas (pada suhu 40°)	mm ² /s	2	4.5	D 445	
4	Kandungan Sulfur	% m/m		0.35	D 2622 atau D 5453 atau D 4294 atau D 7039	
				0.3		
				0.25		
				0.05		
5	Distilasi : 90 % vol. penguapan				D 86	
6	Titik Nyala	° C	52		D 93	
7	Titik Tuang	° C		18	D 97	
8	Residu Karbon	% m/m		0.1	D 4530 atau D 189	
9	Kandungan Air	mm/kg		500	D 6304	
10	Biological Growth	kg/m ³	nihil			
11	Kandungan FAME	% v/v				
12	Kandungan Methanol	% v/v	tak terdeteksi		D 4815	
13	Korosi Bilah Tembaga	merit		Kelas 1	D 130	
14	Kandungan Abu	% m/m		0.01	D 482	
15	Kandungan Sedimen	% m/m		0.01	D 473	
16	Bilangan Asam Kuat	mg KOH /g		0	D 664	
17	Bilangan Asam Total	mg KOH /g		0.6	D 664	
18	Penampilan Visual		Jernih dan Terang			
19	Warna	No. ASTM		3	D 1500	
20	Lubricity (HFRR wear scan dia. @60° C)	micron		460	D 6079	

2.2 Performa

Parameter yang digunakan untuk menunjukkan performa mesin diesel yakni torsi, daya dan konsumsi bahan bakar.

a. Torsi

Torsi adalah tenaga untuk menggerakkan, menarik atau menjalankan sesuatu (pulling power). Satuan untuk torsi di internasional adalah feet/lbs, feet-pounds atau Newtonmeter (Nm) (Willard W. Pulkrabek).

b. Daya

Power yang dikirimkan oleh mesin adalah dari torsi dan kecepatan sudut yang dihasilkan mesin, power ini disebut sebagai *Power Brake* yang dirumuskan (John B. Heywood, 1998)

$$Pb = \frac{MEP \cdot V_d \cdot N}{60 \cdot n_R \cdot 10^{-2}} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$T = \frac{P_b \cdot 60 \cdot 1000}{2 \cdot \pi \cdot n} \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana,

P_b : daya mesin (W)

- MEP : *mean effective pressure* mesin diesel (576kPa)
- N : putaran mesin (*revolution/minutes*)
- V_d : *displacement* mesin diesel
- N_R : jumlah revolusi *crankshaft*
- T : torsi mesin (Nm)

b. SFOC

SFOC atau *Specific Fuel Oil Consumption* merupakan perbandingan laju aliran massa bahan bakar per satuan tenaga. SFOC digunakan sebagai parameter untuk menentukan tingkat keeffisienan bakar yang digunakan untuk menghasilkan tenaga., konsumsi bahan bakar spesifik dirumuskan (Williard W. Pulkrabek)

$$sfoc = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \dots\dots\dots (2-3)$$

Dimana,

- Sfoc : konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWh)
- \dot{m}_f : laju aliran bahan bakar (kg/jam)
- P_b : daya mesin (kW)

Besarnya laju aliran massa bahan bakar (\dot{m}_f) dihitung dengan persamaan berikut,

$$\dot{m}_f = \frac{sg_f \cdot V_f \cdot 10^{-3}}{t_f} 3600 \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana,

- sg_f : konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWh)
- V_f : laju aliran bahan bakar (kg/jam)
- t_f : daya mesin (kW)

2.3. Emisi

Emisi merupakan zat, energy atau komponen yang dihasilkan oleh kegiatan yang berlebihan, sehingga menimbulkan terganggunya suatu system. Sebagai contoh adalah Emisi Gas Buang. Alat yang biasa untuk mengukur gas buang adalah exhaust gas

analyzer. (Aligra. 2017). Pengujian emisi dan faktor pembebanan harus dilakukan untuk memferifikasikan penyesuaian dari mesin diesel dengan pembatasan limit berdasarkan pada regulasi 13 pada Annex VI (IMO, 2016)

Tabel 2. 2. Tabel Pengetesan IMO

Sumber : IMDG Code , 2016

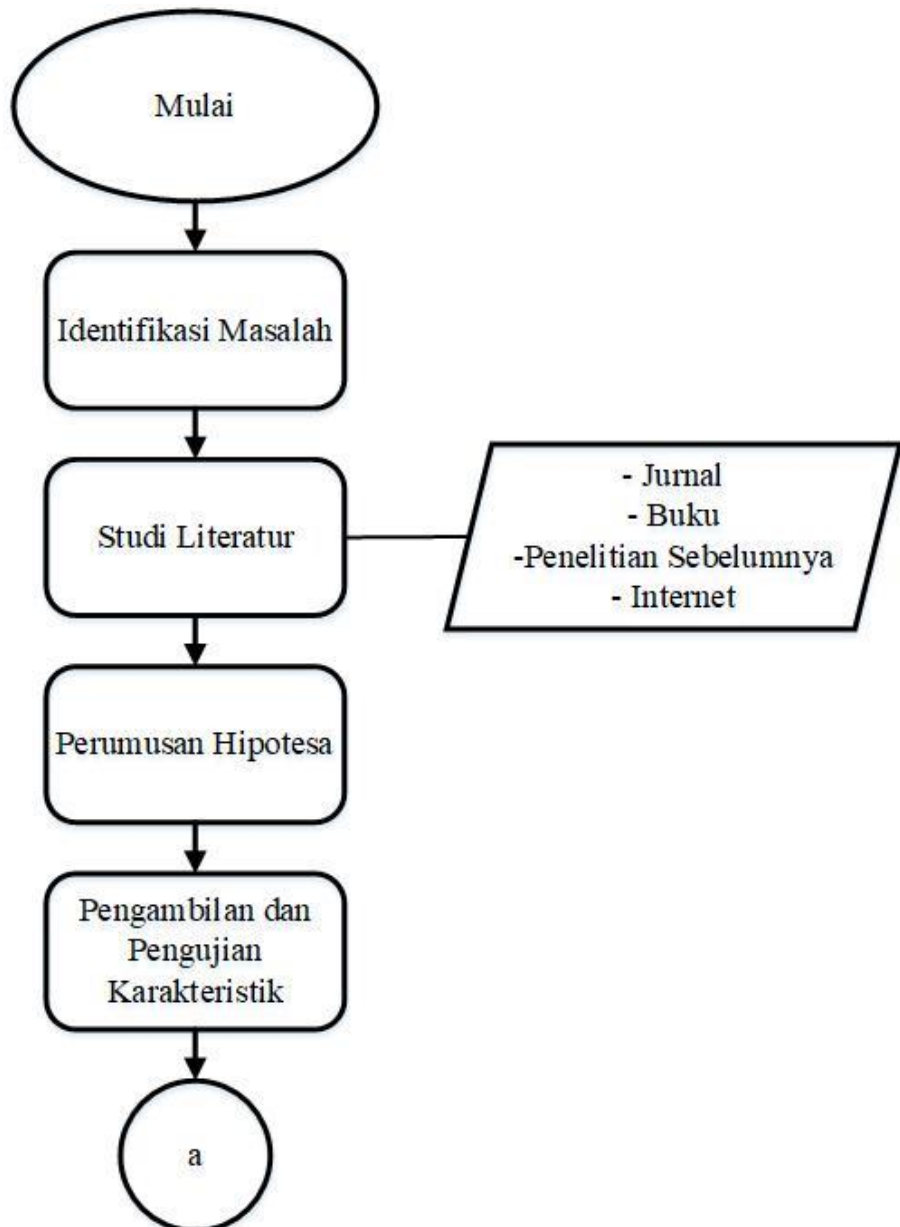
Test Cycle type E2	Speed	100%	100%	100%	100%
	Power	100%	75%	50%	25%
	Weighting faktor	0.2	0.5	0.15	0.15

Test Cycle type E3	Speed	100%	91%	80%	63%
	Power	100%	75%	50%	25%
	Weighting faktor	0.2	0.5	0.15	0.15

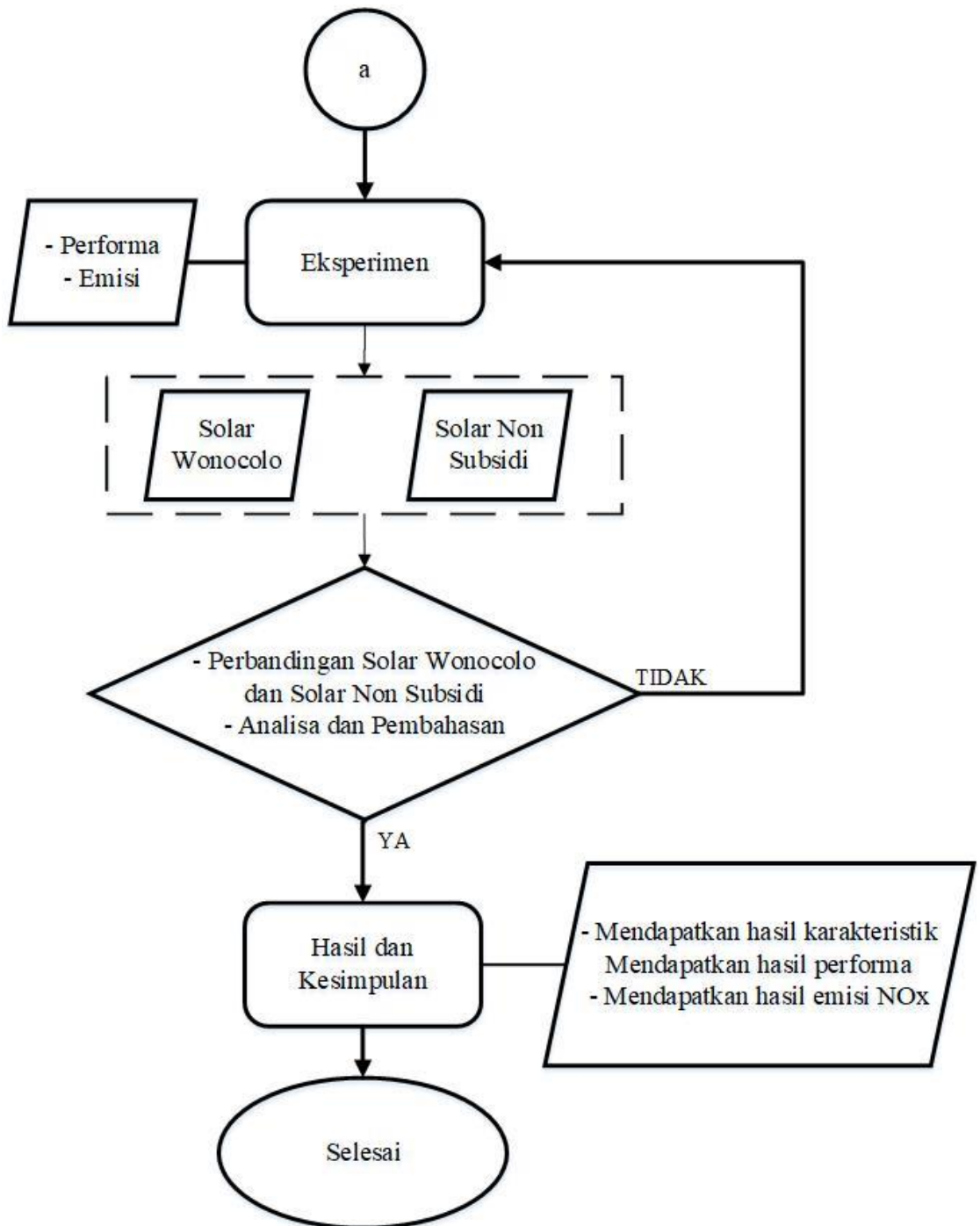
Test Cycle type D2	Speed	100%	100%	100%	100%
	Power	100%	75%	50%	25%
	Weighting faktor	0.05	0.25	0.3	0.1

BAB III METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, digunakan metode eksperimen. Dalam pembuatannya, diperlukan proses yang terstruktur guna mempermudah langkah agar lebih jelas dan terarah. Proses pengerjaan penelitian ini diuraikan dalam diagram alir yang akan disajikan pada gambar 4.



Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian Lanjutan

3.1 Identifikasi Masalah

Pada penelitian ini, dilakukan identifikasi masalah guna mengetahui karakteristik dari bahan bakar solar wonocolo serta solar non subsidi sebagai pembandingnya, selanjutnya yakni mengetahui performa dan emisi gas buang mesin diesel Yanmar TF 85 MH dengan bahan bakar solar wonocolo dan solar non subsidi. Lalu dibandingkan dengan performa dan emisi gas buang pada diesel Yanmar 85 TF berbahan bakar solar non subsidi.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai pendukung penelitian yang hendak dilakukan. Studi literature dilakukan untuk mengetahui sejauh mana permasalahan ini diteliti sebelumnya. Studi literatur dilakukan pada jurnal terkait, buku dan internet sebagai media pembelajaran untuk materi dalam penyelesaian permasalahan yang diambil. Dari studi literature didapatkan informasi bahwa solar wonocolo belum diuji secara teknis dan pengaruhnya pada mesin diesel. Penelitian sebelumnya merujuk pada aspek ekonomi yang timbul dari adanya pertambangan minyak tradisional, dampak yang terjadi pada lingkungan, aspek kebudayaan, serta aspek hukum atas perizinan dan kepemilikan sumber daya.

3.3 Perumusan Hipotesa

Hipotesa pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Solar wonocolo memiliki kandungan yang sesuai dengan standar dan terdapat kemiripan dengan solar non subsidi. Kesesuaian standar tercapai apabila memiliki nilai kesesuaian lebih dari 60% poin indikator. Dikatakan mirip apabila nilai setiap properties dari solar wonocolo berada di kisaran 10% dari nilai properties solar non subsidi, yang selanjutnya dilakukan penilaian untuk semua properties dan mendapatkan nilai kemiripan sebesar lebih dari 60%.
2. Solar wonocolo memiliki performa dibawah solar non subsidi. Batas penilaian adalah poin 50% dari seluruh indikator penilaian performa.
3. Solar wonocolo memiliki emisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar non subsidi. Batas penilaian adalah poin 50% dari seluruh indikator penilaian emisi.

3.4 Pengambilan dan Pengujian Karakteristik Bahan Bakar

Pengambilan bahan bakar dilakukan dengan mendatangi desa wonocolo. Di area penambangan minyak tradisional, terdapat UD yang menjual minyak wonocolo.

Pengujian bertujuan untuk mengetahui karakteristik pada masing-masing bahan bakar yang akan dilakukan penelitian. Tahap pengujian karakteristik bahan bakar akan dijelaskan pada diagram berikut.

1. Sampel Pengujian
Sampel pengujian diperlukan sebagai bahan uji. Setiap aspek properties, membutuhkan 100 ml untuk setiap bahan bakar. Sebelum di serahkan untuk pengujian properties, solar wonocolo disaring menggunakan kertas saring untuk mengurangi kotoran yang terkandung didalamnya.
2. Pengujian Karakteristik

Pelaksanaan pengujian properties bahan bakar dilakukan seperti pada tabel 1.

Tabel 3. 1. Pelaksanaan Uji Properties Bahan Bakar

Tempat	Properties yang Diuji	Metode Pengujian	Waktu yang dibutuhkan
Laboratorium Energi dan Lingkungan LPPM ITS	<i>Cetane Number</i>	Oktane / Cetane Meter	1 bulan
	Viskositas	Viscometer bath	
	<i>Flash Point</i>	ASTM D 92	
	<i>Pour Point</i>	ASTM D 97-85	
	<i>Sulphur Content</i>	SNI 7431:2015	
Laboratorium TAKI Teknik Kimia ITS	<i>Lower Heating Value</i>	ASTM D 5865	5 hari

3. Analisis Hasil Pengujian

Setelah mendapatkan hasil pengujian properties bahan bakar, dilakukan analisis dengan membandingkan nilai kandungan solar wonocolo dengan standar solar yang telah ditetapkan, yakni Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013. Apabila terdapat properties yang tidak sesuai dengan standar, akan dilakukan analisis untuk mengetahui penyebabnya. Tahap selanjutnya yakni membandingkan properties solar wonocolo dengan properties solar non subsidi.

3.5 Eksperimen

Eksperimen dilakukan dalam 2 tahap, yakni pengujian performa dan pengujian emisi. Sebelum eksperimen adalah tahap persiapan yang berupa pengecekan kondisi mesin.

Selanjutnya, mesin diesel dinyalakan dan pengecekan apakah masih ada angin yang terdapat di dalam saluran bahan bakar. Tahap selanjutnya yakni pergantian bahan bakar dari bahan bakar sebelumnya menjadi hanya bahan bakar yang akan digunakan.

1. Pengambilan Data Performa

Uji performa dilakukan untuk mengetahui daya, torsi dan SFOC dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar solar wonocolo dan solar non subsidi. Pengambilan data performa dilakukan pada beberapa variabel, yakni sebagai berikut:

- Variabel bebas : Bahan Bakar (Solar Wonocolo; Solar Non Subsidi)
- Variabel Terikat : Daya; T orsi; SFOC; BMEP
- Variabel Kontrol : - *Speed* (1800; 1900; 2000; 2100; 2200)
- *Dummy Load* (1000; 1500; 2000; 2500; 3000;4000 Watt)

2. Penentuan Titik Uji Emisi

Penentuan titik uji emisi dilakukan dengan metode IMO, yakni menggunakan rpm maksimum dan daya maksimum pada kondisi full load. Berdasarkan hasil perhitungan performa, didapatkan titik yang merupakan kondisi rpm maksimum dan daya maksimum pada kondisi full load, yakni pada saat RPM 2000.

3. Pengambilan Data Emisi

Uji emisi dilakukan untuk mengetahui NO dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar solar wonocolo dan solar non subsidi. Pengambilan data performa dilakukan pada beberapa variabel, yakni sebagai berikut:

- Variabel bebas : Bahan Bakar (Solar Wonocolo; Solar Non Subsidi)

- b. Variabel Terikat : NO_x
- c. Variabel Kontrol : - *Speed* (2000 rpm)
- *Power full load* (100%; 75%; 50%; 25%)

3.6 Perbandingan Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi, Analisa dan Pembahasan

1. Perbandingan Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi

Perbandingan hasil pengujian properties antara solar wonocolo dan solar non subsidi. Selanjutnya dilakukan perbandingan properties solar wonocolo dengan standar yakni peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 tahun 2013.

2. Analisa dan Pembahasan

Analisa dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian. Analisa yang dilakukan yakni sebagai berikut :

- a. Pembahasan mengenai properties solar yang tidak sesuai dengan standar.
- b. Perhitungan nilai kesesuaian properties solar wonocolo dengan standar dan kemiripannya dengan solar non subsidi
- c. Perhitungan dan analisa nilai daya, SFOC, torsi, BMEP, dan efisiensi thermal
- d. Perhitungan nilai performa untuk mencari bahan bakar yang memiliki performa mesin diesel yang lebih tinggi. Penilaian didasarkan pada tiap aspek performa.
- e. Perhitungan dan analisa kandungan NO_x.
- f. Perhitungan nilai emisi untuk mencari bahan bakar yang memiliki emisi mesin diesel yang lebih baik

Pada saat perhitungan, didapatkan data yang tidak sesuai dengan spesifikasi generator, sehingga dilakukan penggantian pulley dan penngulangan tahap eksperimen.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan dilakukan, maka selanjutnya adalah kesimpulan analisa data dan percobaan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi ini. Selain itu diperlukan kritik dan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan skripsi supaya lebih sempurna.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak solar atau bahan bakar diesel adalah suatu campuran hidrokarbon yang dihasilkan dari proses pengolahan (distilasi atmosfer dan *hydrocracker*) dari crude oil pada temperature 200-350 °C. Mutu solar distilasi langsung berasal dari minyak bumi dipengaruhi oleh karakteristik properties minyak tersebut. Diantaranya cetane number, densitas, viskositas kinematis, Sulphur content, flash point, pour point dan lower heating value. Kinerja mesin dinilai dari performa mesin yang didasarkan pada SFOC, daya, torsi, BMEP dan efisiensi thermal. Mesin berbahan bakar fosil didesain dengan efisiensi pembakaran yang tinggi. Namun, memiliki beberapa kekurangan, salah satunya adalah polusi emisi yang tinggi dan mengandung substansi yang berbahaya termasuk NO_x yang dihasilkan selama proses pembakaran (Komariah, Juliani and Dimiyati, 2013).

Solar wonocolo merupakan solar hasil sulingan minyak mentah secara tradisional yang dilakukan oleh warga di desa Wonocolo, Kecamatan Kedewan, Kabupaten Bojonegoro. Proses penambangan minyak mentah dilakukan secara tradisional oleh warga setempat. Para penambang menentukan tempat yang terdapat kandungan minyak dengan cara mengira-ngira dari tempat yang sebelumnya telah ada. Aktivitas penambangan minyak tidak mendapatkan izin, sehingga bahan bakar yang dihasilkan dapat dikategorikan ke dalam bahan bakar ilegal (Supraptri, 2011).

4.1 Karakteristik Bahan Bakar Solar Wonocolo

Pengujian karakteristik solar wonocolo dilakukan untuk mengetahui properties bahan bakar yang terkandung di dalamnya. Pengujian bahan bakar solar wonocolo, disertai dengan pengujian bahan bakar solar non subsidi sebagai bahan bakar pembanding.

Tabel 4. 1. Hasil Pengujian Properties Bahan Bakar

Properties	Metode Uji	Standar*	Solar Wonocolo	Solar Non Subsidi
<i>Cetane Number</i>	Oktane/ Cetane Meter	> 48	65,9	68,35
Densitas (kg/m ³)	Piknometer	815 - 860	850	760
Viskositas Kinematis (CSt)	Viscometer bath	2 – 4,5	1,26	1,50
<i>Sulphur Content</i> (%)	SNI 7431:2015	< 0,25	0,034	0,035
<i>Flash Point</i> (°C)	ASTM D 92	> 52	32	94
<i>Pour Point</i> (°C)	ASTM D 97-85	< 18	6	-2
<i>Lower Heating Value</i> (kJ/kg)	ASTM D 5865	-	45084.27	44393.5

*sumber : Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013 diambil dari situs resmi Kementerian ESDM

Tabel 4 merupakan hasil pengujian properties bahan bakar solar wonocolo yang dilakukan di Laboratorium Energi dan Lingkungan LPPM dan laboratorium TAKI ITS.

Data karakteristik solar wonocolo dilakukan analisa dan disesuaikan dengan spesifikasi minimal bahan bakar yang tertuang pada Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013. Analisa parameter properties dalam pengujian ini meliputi *cetane number*, densitas, viskositas kinematis, *sulphur content*, *flash point*, *pour point* dan *lower heating value*.

4.1.1 Cetane Number

Hasil pengujian menunjukkan nilai *cetane number* bahan bakar solar wonocolo sebesar 65,9. Sedangkan nilai *cetane number* solar non subsidi sebesar 68,35. Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013 telah menetapkan bahwa batasan minimum nilai *cetane number* untuk solar yakni sebesar 48. Nilai *cetane number* untuk kedua bahan bakar solar wonocolo telah sesuai standar.

Cetane number merupakan indikator kualitas suatu bahan bakar bila ditinjau dari kecepatan terbakarnya bahan bakar untuk motor diesel. Semakin tinggi angka cetane pada suatu bahan bakar, maka akan mengurangi waktu tunda pembakaran, sehingga bahan bakar tersebut akan dapat terbakar lebih cepat (Garret et al., 2001)

Bahan bakar solar wonocolo memiliki nilai *cetane number* yang lebih rendah dari solar non subsidi. Hal ini berarti dalam proses pembakaran, solar wonocolo membutuhkan waktu tunda yang lebih lama dari pada solar non subsidi. Sehingga, dalam properties *cetane number*, bahan bakar solar non subsidi lebih unggul dari solar wonocolo.

4.1.2 Densitas

Hasil pengujian menunjukkan nilai densitas bahan bakar solar wonocolo sebesar 850 kg/m³, sedangkan nilai densitas solar non subsidi sebesar 760 kg/m³. Standar nilai densitas berdasarkan Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013 yakni sebesar 815-860 kg/m³. Hal ini berarti solar wonocolo sesuai dengan standar sedangkan solar non subsidi memiliki nilai yang lebih rendah dari standar yang telah ditetapkan.

Densitas merupakan salah satu properties bahan bakar yang penting karena berpengaruh terhadap proses produksi, transportasi dan distribusi bahan bakar. Oleh karena itu, keakuratan densitas bahan bakar menjadi aspek yang penting dalam perhitungan konsumsi energi karena mempengaruhi massa dan injeksi bahan bakar serta heating value (Ramirez, 2012).

Bahan bakar solar wonocolo memiliki nilai densitas yang lebih baik dibanding dengan solar non subsidi karena densitas solar wonocolo telah sesuai dengan standar. Sedangkan, solar non subsidi memiliki densitas yang kurang dari standar.

4.1.3 Viskositas Kinematis

Hasil pengujian menunjukkan nilai viskositas bahan bakar solar wonocolo sebesar 1,26 cSt pada suhu 100°C, sedangkan nilai viskositas kinematis solar non subsidi sebesar 1,50 cSt. Standar viskositas kinematis berdasarkan Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013 yakni sebesar 2 – 4,5 cSt. Hal ini berarti kedua bahan bakar tidak memenuhi standar viskositas kinematis.

Viskositas kinematis merupakan salah satu karakteristik bahan bakar yang penting. Viskositas berpengaruh terhadap komponen *fuel injection*, khususnya pada temperatur

rendah berkaitan dengan mampu alir bahan bakar. Viskositas tinggi akan menyulitkan proses pengkabutan dan mengurangi *fuel injector* (Yusaf, et al. 2013).

Kedua bahan bakar memiliki nilai viskositas kinematis kurang dari standar. Pada proses distilasi, proses pengolahan solar wonocolo berupa pemanasan minyak mentah pada tungku dengan menggunakan kayu bakar dan berdasarkan jam yang dibutuhkan, yakni 10 jam. Proses pengolahan bahan bakar tidak dilakukan berdasarkan suhu yang dibutuhkan untuk memisahkan fraksi solar, yaitu sebesar 250 °C. Selain itu, adanya fraksi lain yang terkandung di dalam solar seperti fraksi bensin yang tidak terpisah membuat nilai viskositas menjadi rendah.

4.1.4 Sulphur Content

Hasil pengujian menunjukkan nilai *Sulphur content* bahan bakar solar wonocolo sebesar 0,034%, sedangkan nilai *Sulphur content* solar non subsidi sebesar 0,035%. Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013 telah menetapkan bahwa batasan maksimum kandungan sulfur pada solar, yakni sebesar 0,25 %. Solar non subsidi memiliki kandungan sulfur yang lebih besar dari solar wonocolo. Kedua bahan bakar tersebut telah sesuai dengan standar kandungan sulfur.

Jumlah kandungan sulfur bergantung pada sumber minyak mentah dan proses penyulingannya. Semakin banyak kandungan sulfur yang terdapat dalam bahan bakar akan menurunkan nilai kalori pada bahan bakar tersebut. Kandungan sulfur menyebabkan kerugian yakni adanya korosi oleh asam sulfat yang terbentuk selama dan sesudah proses pembakaran. Semakin rendah kandungan sulfur, maka semakin baik pula kualitas bahan bakar tersebut.

Solar wonocolo memiliki kandungan sulfur yang lebih rendah dari solar non subsidi. Hal ini menunjukkan bahwa dari aspek properties *Sulphur content*, solar wonocolo lebih baik dari pada solar non subsidi.

4.1.5 Flash Point

Hasil pengujian menunjukkan nilai *flash point* bahan bakar solar wonocolo sebesar 32°C, sedangkan nilai *flash point* solar non subsidi sebesar 94 °C. Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013 telah menetapkan bahwa batasan minimum nilai *flash point* untuk solar yakni sebesar yakni sebesar 52 °C. Nilai *flash point* untuk bahan bakar solar wonocolo telah sesuai standar, sedangkan solar non subsidi memiliki nilai *flash point* yang lebih rendah dari batas minimum yang telah ditetapkan.

Flash point adalah suhu terendah dari bahan bakar minyak yang dapat menimbulkan nyala api dalam sekejap apabila pada permukaan bahan bakar minyak tersebut dipercikkan api (Suprpto, 2004). Semakin rendah nilai flash point maka bahan bakar semakin mudah untuk menguap dan terbakar, semakin rendah pula kualitas bahan bakar tersebut.

Nilai *flash point* solar wonocolo lebih rendah dari solar non subsidi dan berada di bawah standar. Hal ini menunjukkan bahwa solar wonocolo membutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk dapat mengalami proses penguapan dan pembakaran. Rendahnya nilai *flash point* solar wonocolo dikarenakan pada proses penyulingan, minyak mentah tidak seluruhnya terpisah berdasarkan titik didihnya. Adanya campuran kerosin yang terkandung dalam solar membuat nilai flash point solar wonocolo menjadi lebih rendah, karena kerosene memiliki nilai *flash point* yang lebih rendah.

4.1.6 Pour Point

Hasil pengujian menunjukkan nilai *pour point* bahan bakar solar wonocolo sebesar 18°C, sedangkan nilai *flash point* solar non subsidi sebesar -2°C. Peraturan Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013 telah menetapkan bahwa batasan maksimum nilai *pour point* untuk solar yakni sebesar yakni sebesar 18 °C. Nilai *pour point* untuk kedua bahan bakar sesuai dengan standar.

Pour point merupakan suhu terendah bahan bakar akan tertuang atau mengalir bila didinginkan. *Pour point* dapat digunakan sebagai indikator suhu terendah bahan bakar siap untuk dipompakan.

Nilai *pour point* solar wonocolo lebih tinggi dari solar non subsidi. tingginya nilai *pour pint* solar wonocolo dikarenakan pada proses penyulingan, minyak mentah tidak seluruhnya terpisah berdasarkan titik didihnya. Adanya campuran kerosin yang terkandung dalam solar dikarenakan pada saat destilasi atau pemanasan, masih terdapat fraksi nafta yang tidak dipisahkan sehingga membuat nilai *pour point* bahan bakar solar menjadi lebih tinggi. Proses pengolahan ulang dari minyak sisa dari proses sebelumnya juga dapat membuat nilai *pour point* solar wonocolo menjadi lebih tinggi.

4.1.7 Lower Heating Value

Hasil pengujian menunjukkan nilai *lower heating value* bahan bakar solar wonocolo sebesar 45084.27 kJ/kg, sedangkan nilai *lower heating value* solar non subsidi sebesar 44393.5 kJ/kg.

Jumlah enegi maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan masa atau volume bahan bakar didefinisikan sebagai nilai kalor bahan bakar (*Heating Value*). Nilai kalor atau *heating value* bahan bakar sangat berpengaruh pada konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Makin tinggi nilai kalor bahan bakar menunjukkan semakin sedikit pemakaian bahan bakarnya. Ditinjau dari H₂O yang merupakan produk pembakaran bahan bakar, nilai kalor dibagi menjadi dua yaitu LHV (*Lower Heating Value*) dan HHV (*Higher Heating Value*). LHV merupakan nilai kalor bawah dimana pada produk pembakaran terdapat H₂O dalam fase gas, sedangkan HHV merupakan nilai kalor atas dimana produk pembakaran terdapat H₂O dalam fase cair.

Solar wonocolo memiliki nilai *lower heating value* yang lebih besar dari solar non subsidi. Sehingga dapat dikatakan bahwa solar wonocolo lebih baik dibandingkan dengan solar non subsidi apabila ditinjau dari segi lower heating value.

4.1.8 Analisa Kemiripan Karakteristik

Analisa kemiripan karakteristik antara bahan bakar solar wonocolo dengan solar non subsidi bertujuan untuk mencari tingkat kemiripan antara keduanya. Tingkat kemiripan dicapai apabila solar wonocolo berada pas kisaran kurang lebih 10% dari nilai properties solar non subsidi.

Tabel 4. 2. Analisa Kemiripan Karakteristik

Properties	Satuan	Solar Non Subsidi	Minimal	Maksimal	Solar Wonocolo
Cetane Number		68.35	61.515	75.185	65.9
Density	kg/m ³	760	684	836	850
Viscosity	CSt	1.5	1.35	1.65	1.26
Sulphur Content	%	0.035	0.0315	0.0385	0.034
Flash Point	° C	94	84.6	103.4	32
Pour Point	° C	-2	-1.8	-2.2	6
Lower Heating Value	kJ/kg	443939.3	399545.4	488333.23	45084.27

Berdasarkan tabel 4.2 mengenai Analisa Kemiripan Karakteristik, dapat kita bandingkan antara solar wonocolo dengan solar non subsidi. Kemiripan antara solar wonocolo dengan solar non subsidi dapat dilihat pada properties *cetane number*, *Sulphur content*, dan *lower heating value*. Ketidak miripan ada pada *properties density*, *viscosity*, *flash point* dan *pour point*.

4.2 Analisa Performa Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo

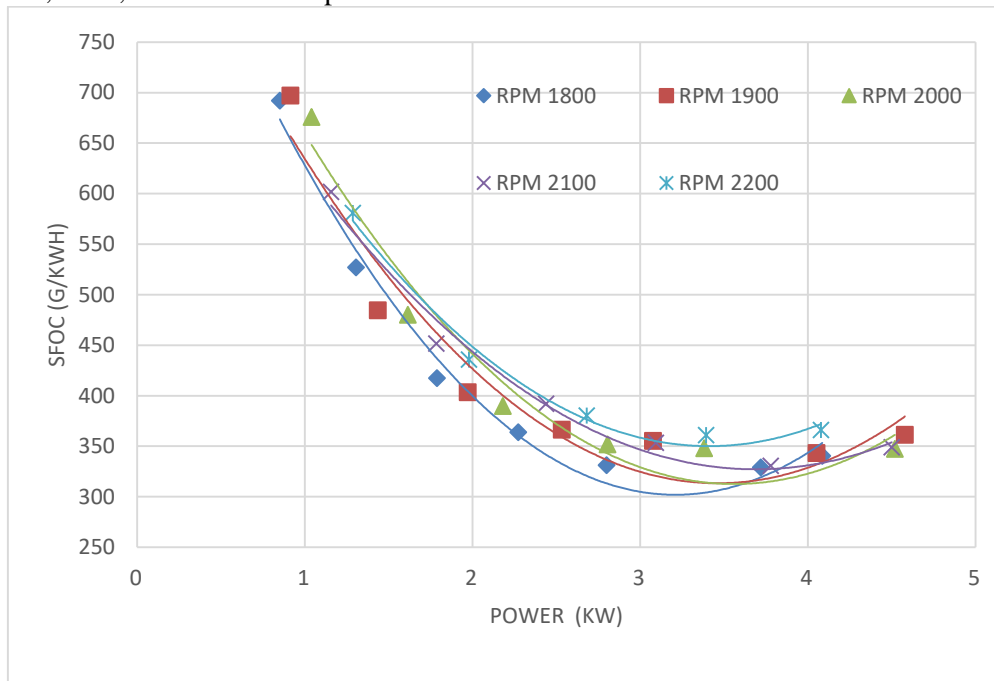
Analisa hasil performa motor diesel digambarkan pada grafik daya, torsi, konsumsi bahan bakar (SFOC), break mean effective pressure (BMEP) dan efisiensi thermal dari hasil pengolahan data eksperimen performa. Hal pertama yang dilakukan yakni menghitung densitas. Densitas merupakan perbandingan massa dan volume. Dengan menimbang 100 mL bahan bakar, maka akan didapatkan berat bahan bakar tersebut. Solar wonocolo memiliki nilai densitas sebesar 850 kg/m³, sedangkan solar non subsidi memiliki densitas sebesar 760 kg/m³.

Langkah selanjutnya yakni menentukan nilai SFOC terhadap daya. Setelah grafik terbentuk, maka titik terendah pada kurva tiap putarannya menunjukkan nilai SFOC terendah, atau dapat dikatakan sebagai titik yang memiliki daya tertinggi.

4.2.1 Pengaruh Penggunaan Jenis Bahan Bakar terhadap *Specific Fuel Oil Consumption* (SFOC) Motor Diesel

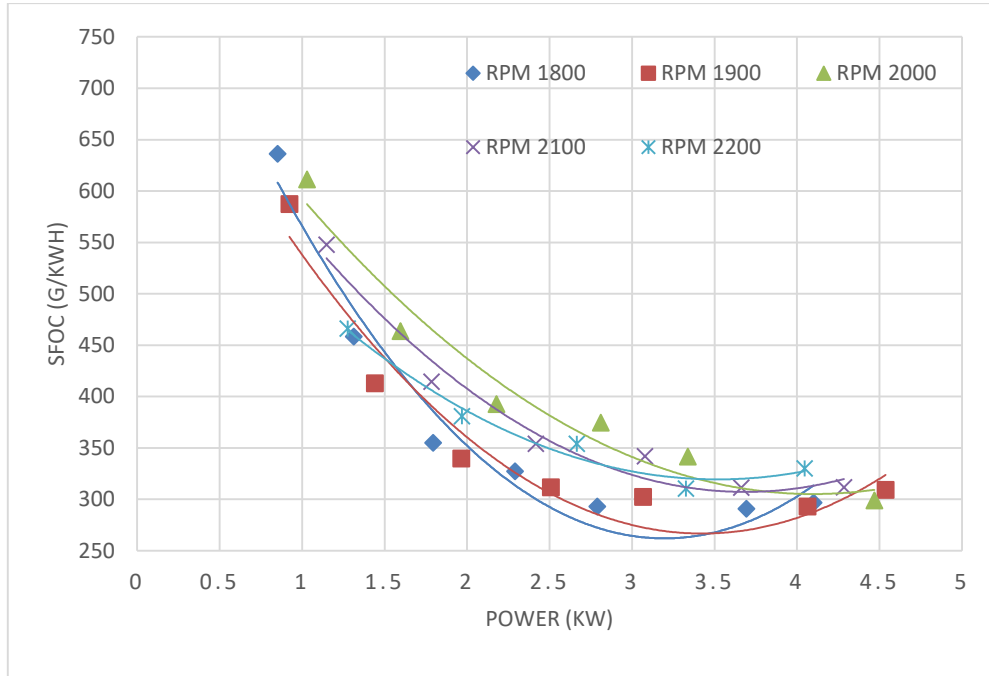
Jenis bahan bakar akan mempengaruhi tingkat konsumsi bahan bakar minyak spesifik (SFOC) dan daya yang dihasilkan pada berbagai putaran mesin. Analisis ini menunjukkan hubungan kinerja mesin antara konsumsi bahan bakar minyak spesifik

(SFOC) dengan daya pada berbagai variasi putaran mesin yang digunakan yakni 1800, 1900, 2000, 2100 dan 2200 rpm.



Gambar 4. 1. Pengaruh dari Bahan Bakar Wonocolo terhadap Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) Motor Diesel pada Beberapa Variasi Putaran

Gambar 4.1 menunjukkan pengaruh dari bahan bakar solar Wonocolo terhadap Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) pada beberapa variasi putaran. Titik SFOC terendah pada masing-masing putaran yakni 1800 sebesar 329.06 g/kWh, 1900 rpm sebesar 343.27 g/kWh, 2000 rpm sebesar 347.16 g/kWh, 2100 rpm sebesar 330.57 g/kWh dan 2200 rpm sebesar 360.81 g/kWh. SFOC terendah pada saat menggunakan bahan bakar wonocolo berada pada putaran 1800 rpm yakni sebesar 329.06 g/kWh. Titik terendah kurva SFOC pada setiap putaran dijadikan nilai untuk membuat grafik full load pada bahan bakar solar Wonocolo.

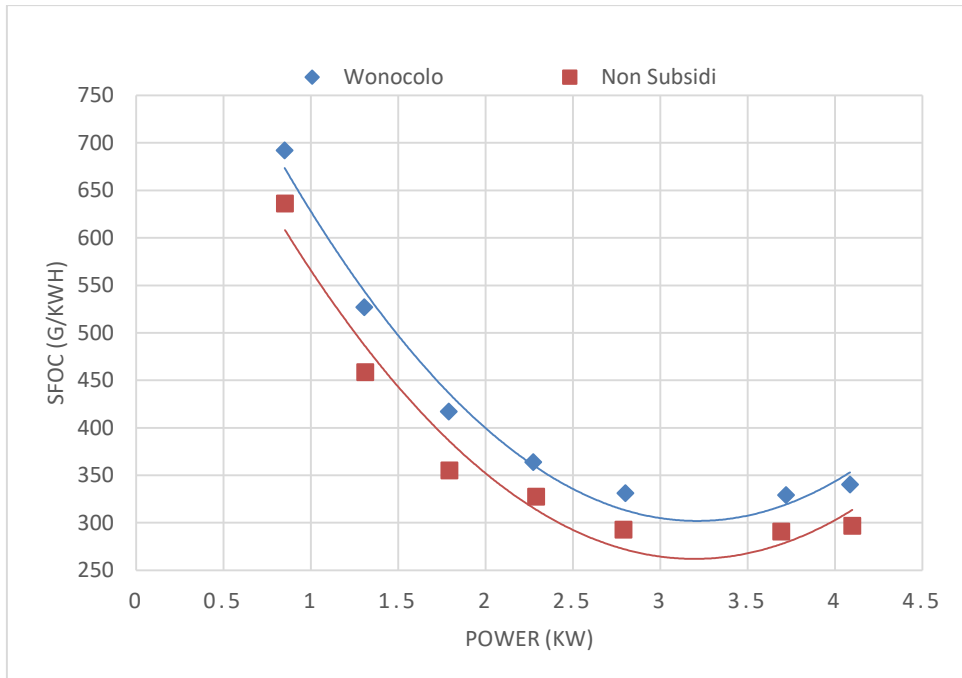


Gambar 4. 2. Pengaruh dari Bahan Bakar Solar Non Subsidi terhadap Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) Motor Diesel pada Beberapa Variasi Putaran

Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh dari bahan bakar solar Non Subsidi terhadap Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) pada beberapa variasi putaran. Titik SFOC terendah pada masing-masing putaran yakni 1800 sebesar 290.64 g/kWh, 1900 rpm sebesar 292.82 g/kWh, 2000 rpm sebesar 298.74 g/kWh, 2100 rpm sebesar 311.29 g/kWh dan 2200 rpm sebesar 310.45 g/kWh. SFOC terendah pada saat menggunakan bahan bakar solar non subsidi berada pada putaran 1800 rpm yakni sebesar 290.64 g/kWh. Titik terendah kurva SFOC pada setiap putaran dijadikan nilai untuk membuat grafik full load pada bahan bakar solar non subsidi.

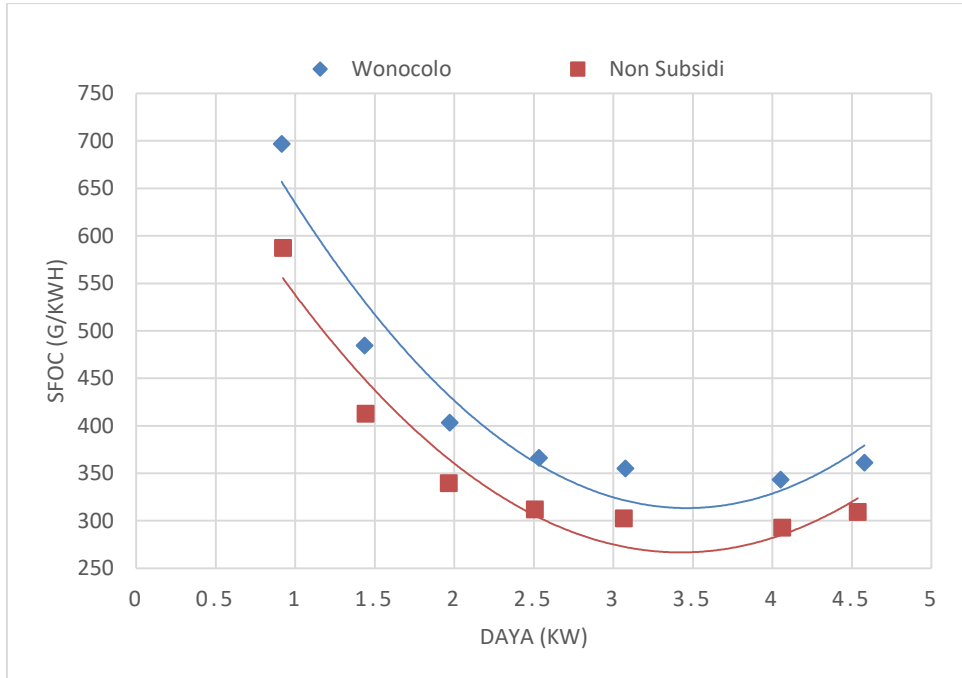
4.2.2 Perbandingan *Specific Fuel Oil Consumption* Motor Diesel pada Berbagai Variasi Putaran Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dengan Solar Non Subsidi

Analisis ini menunjukkan perbandingan konsumsi bahan bakar minauk spesifik (SFOC) motor diesel menggunakan bahan bakar solar wonocolo dan solar non subsidi pada tiap variasi putaran, yakni 1800, 1900, 2000, 2100 dan 2200 rpm.



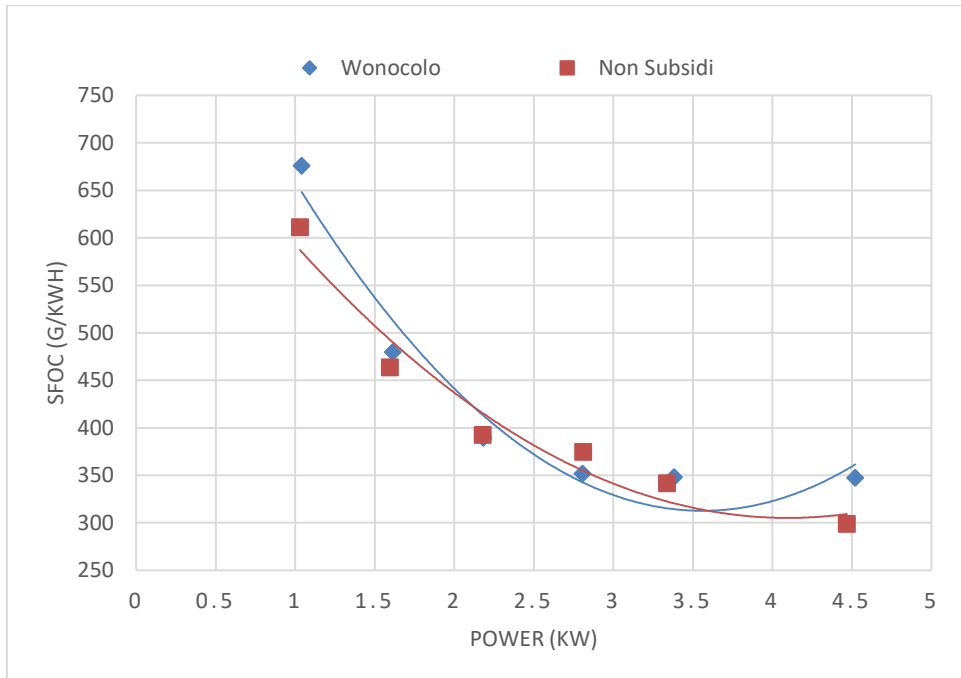
Gambar 4. 3. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 1800

Berdasarkan gambar 2.3 Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi pada RPM 1800, dapat dilihat bahwa bahan bakar yang memiliki SFOC paling kecil yakni bahan bakar solar non subsidi. Nilai SFOC terendah solar non subsidi yakni 329.06 g/kWh. Sedangkan nilai SFOC solar wonocolo sebesar 290.64 g/kWh. nilai SFOC solar non subsidi lebih rendah 38.42 g/kWh atau setara dengan 11.68 %.



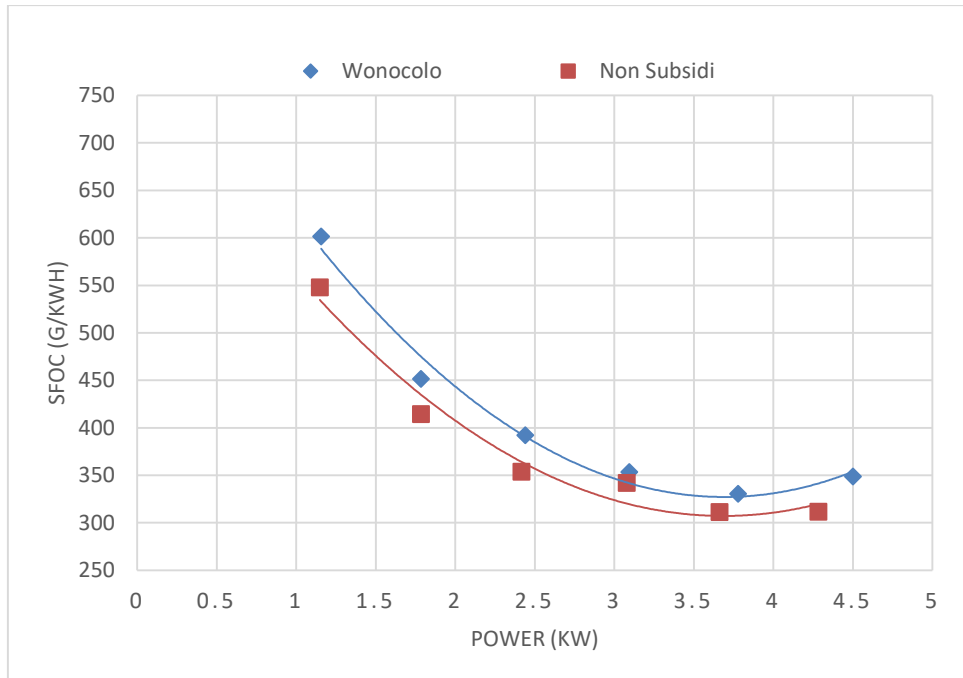
Gambar 4. 4. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 1900

Berdasarkan gambar 4.4 Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi pada RPM 1900, dapat dilihat bahwa bahan bakar yang memiliki SFOC paling kecil yakni bahan bakar solar non subsidi. Nilai SFOC terendah solar non subsidi yakni 292.82 g/kWh. Sedangkan nilai SFOC solar wonocolo sebesar 343.22 g/kWh. nilai SFOC solar non subsidi lebih rendah 50.4 g/kWh atau setara dengan 15 %.



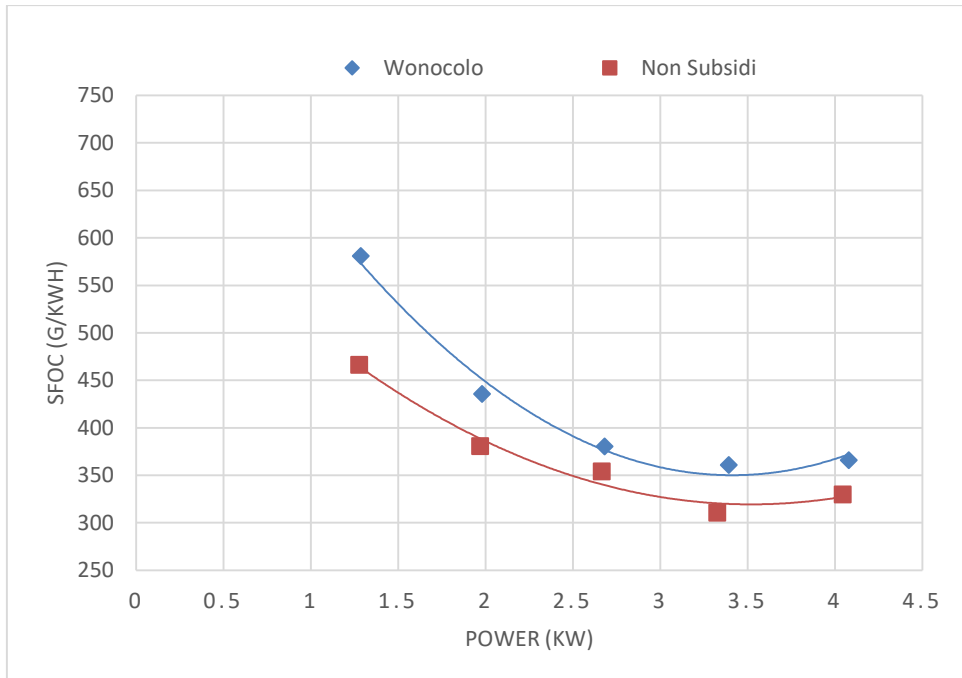
Gambar 4. 5. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 2000

Berdasarkan gambar 4.5 Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi pada RPM 2000, dapat dilihat bahwa bahan bakar yang memiliki SFOC paling kecil yakni bahan bakar solar non subsidi. Nilai SFOC terendah solar non subsidi yakni 298.74 g/kWh. Sedangkan nilai SFOC solar wonocolo sebesar 347.16 g/kWh. nilai SFOC solar non subsidi lebih rendah 48.42 g/kWh atau setara dengan 4 %.



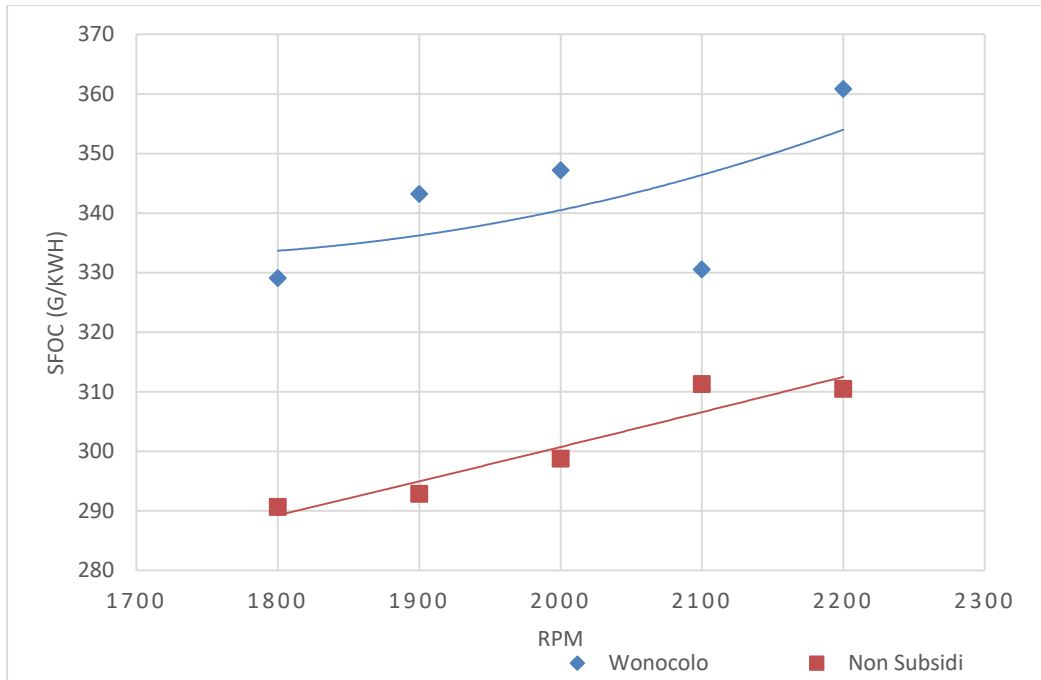
Gambar 4. 6. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 2100

Berdasarkan gambar 4.6 Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi pada RPM 2100, dapat dilihat bahwa bahan bakar yang memiliki SFOC paling kecil yakni bahan bakar solar non subsidi. Nilai SFOC terendah solar non subsidi yakni 311.29 g/kWh. Sedangkan nilai SFOC solar wonocolo sebesar 330.52 g/kWh. nilai SFOC solar non subsidi lebih rendah 19.21 g/kWh atau setara dengan 6 %.



Gambar 4. 7. Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar non subsidi pada RPM 2200

Berdasarkan gambar 4.7 Perbandingan SFOC Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi pada RPM 2200, dapat dilihat bahwa bahan bakar yang memiliki SFOC paling kecil yakni bahan bakar solar non subsidi. Nilai SFOC terendah solar non subsidi yakni 310.45 g/kWh. Sedangkan nilai SFOC solar wonocolo sebesar 350.81 g/kWh. nilai SFOC solar non subsidi lebih rendah 50.36 g/kWh atau setara dengan 14 %.

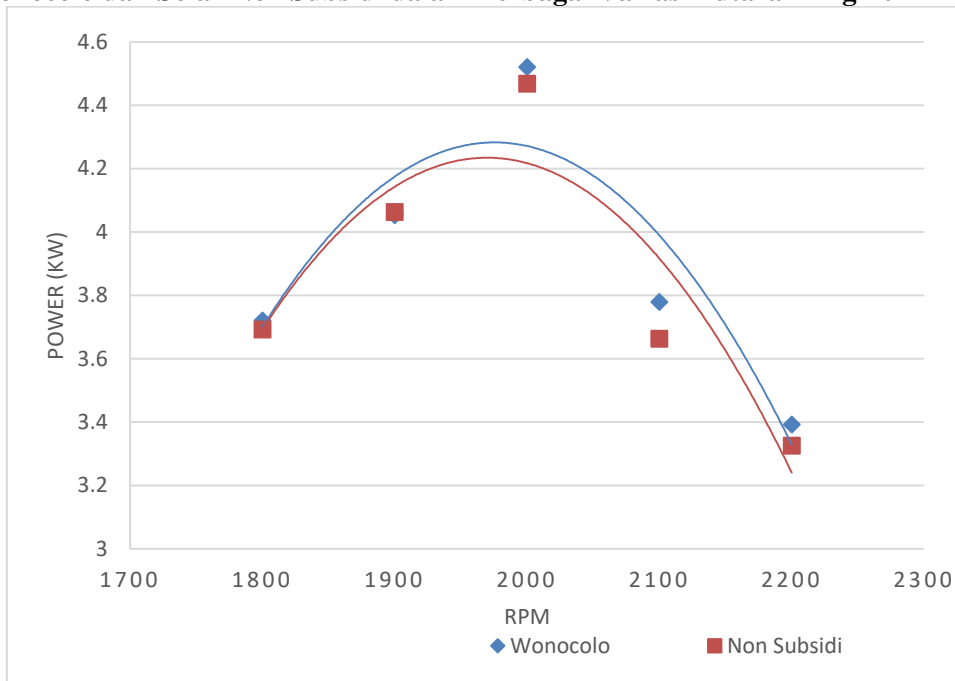


Gambar 4. 8. Perbandingan SFOC pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine

Nilai SFOC pada kondisi full load didapatkan dari grafik SFOC pada setiap RPM dengan nilai paling rendah. Berdasarkan gambar 4.8 Perbandingan SFOC pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine, dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan SFOC seiring dengan bertambahnya rpm. Pada saat rpm 1800 menuju rpm 1900, terjadi kenaikan SFOC sebesar 4% untuk solar wonocolo dan 1% untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 1900 menuju rpm 2000 terjadi kenaikan daya sebesar 1% untuk solar wonocolo dan 2 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 2000 menuju 2100, terjadi penurunan SFOC sebesar 5% untuk solar wonocolo, sedangkan untuk solar non subsidi terjadi penurunan 4 %. Pada saat rpm 2200, terjadi penurunan daya sebesar 9% untuk solar wonocolo. SFOC terendah dicapai pada saat rpm 1800.

Penggunaan bahan bakar solar wonocolo menghasilkan nilai SFOC yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar non subsidi. Selisih SFOC solar wonocolo dengan solar non subsidi sebesar 41.37 g/kWh.

4.2.3 Perbandingan Daya pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine

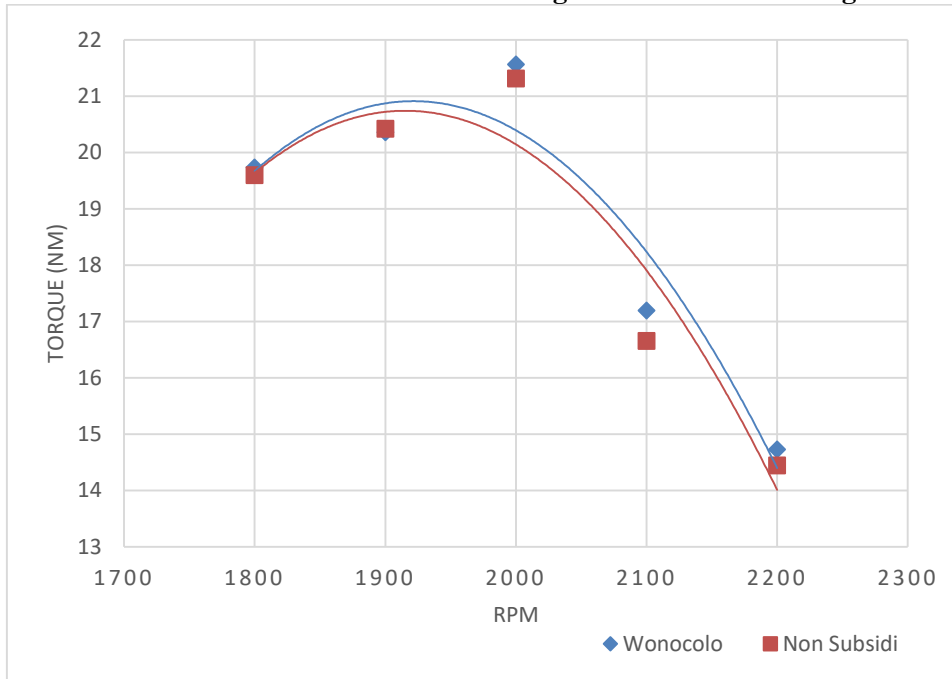


Gambar 4. 9. Perbandingan Daya pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine

Nilai daya pada kondisi full load didapatkan dari grafik SFOC yaitu daya pada saat SFOC terendah untuk setiap putaran. Berdasarkan gambar 4.9 Perbandingan Daya pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine, dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan dan penurunan daya seiring dengan bertambahnya rpm. Pada saat rpm 1800 menuju rpm 1900, terjadi kenaikan daya sebesar 9 % untuk solar wonocolo dan 10 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 1900 menuju rpm 2000 terjadi kenaikan daya sebesar 12 % untuk solar wonocolo dan 10 % untuk solar non subsidi. Daya tertinggi dicapai oleh kedua bahan bakar tersebut pada rpm 2000, yaitu sebesar 4.52 Kw untuk bahan bakar solar Wonocolo dan 4.47 Kw untuk bahan bakar solar non subsidi. Setelah daya maksimum dicapai, terjadi penurunan daya sebesar 16 % untuk solar wonocolo dan 18 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 2200, terjadi penurunan daya sebesar 10 % untuk solar wonocolo dan 9 % untuk solar non subsidi.

Penggunaan solar wonocolo menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan solar non subsidi. Daya yang dihasilkan solar non subsidi tidak memiliki selisih yang signifikan bila dibandingkan dengan solar wonocolo. Selisih daya antara solar wonocolo dengan solar non subsidi sebesar 0.051 kW.

4.2.4 Perbandingan Torsi pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine

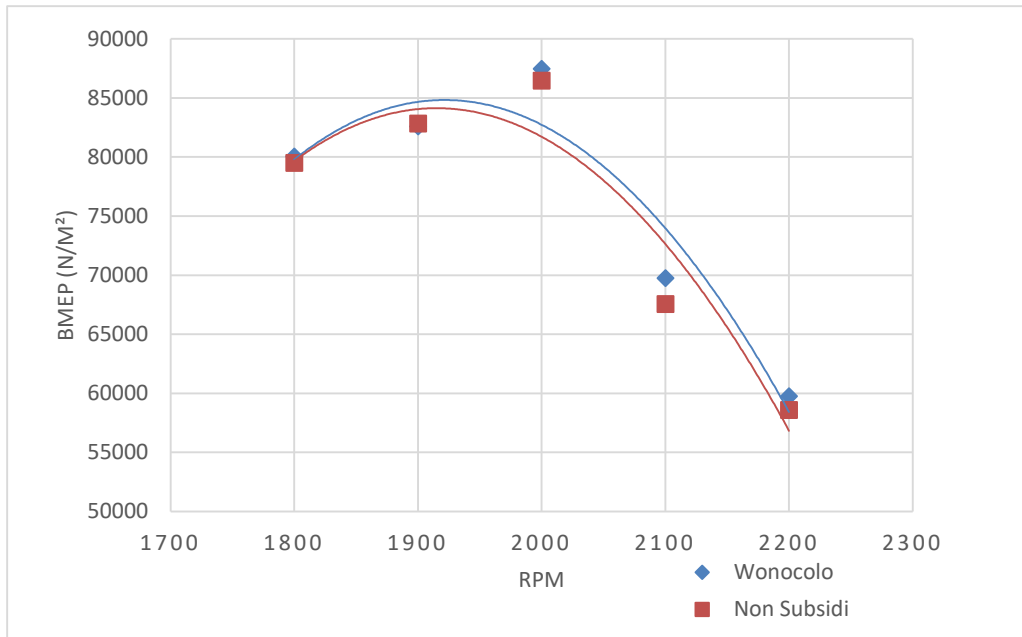


Gambar 4. 10. Perbandingan Torsi pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine

Nilai torsi kondisi full load didapatkan dari perhitungan torsi dimana terdapat fungsi daya pada kondisi full load didalamnya. Berdasarkan gambar 4.10 Perbandingan Torsi pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine, dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan dan penurunan torsi seiring dengan bertambahnya rpm. Pada saat rpm 1800 menuju rpm 1900, terjadi kenaikan torsi sebesar 3 % untuk solar wonocolo dan 4 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 1900 menuju rpm 2000 terjadi kenaikan torsi sebesar 6 % untuk solar wonocolo dan 4 % untuk solar non subsidi. Nilai torsi tertinggi dicapai oleh kedua bahan bakar tersebut pada rpm 2000, yaitu sebesar 21.56 Nm untuk bahan bakar solar Wonocolo dan 21.3 Nm untuk bahan bakar solar non subsidi. Setelah torsi maksimum dicapai, terjadi penurunan torsi sebesar 20 % untuk solar wonocolo dan 22 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 2200, terjadi penurunan torsi sebesar 14 % untuk solar wonocolo dan 13 % untuk solar non subsidi. Penurunan torsi terjadi karena adanya penurunan daya.

Penggunaan solar wonocolo menghasilkan torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan non subsidi. Nilai torsi yang dihasilkan solar non subsidi tidak memiliki selisih yang signifikan bila dibandingkan dengan solar wonocolo. Selisih torsi solar wonocolo dengan solar non subsidi sebesar 0.23 Nm.

4.2.5 Perbandingan BMEP pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine

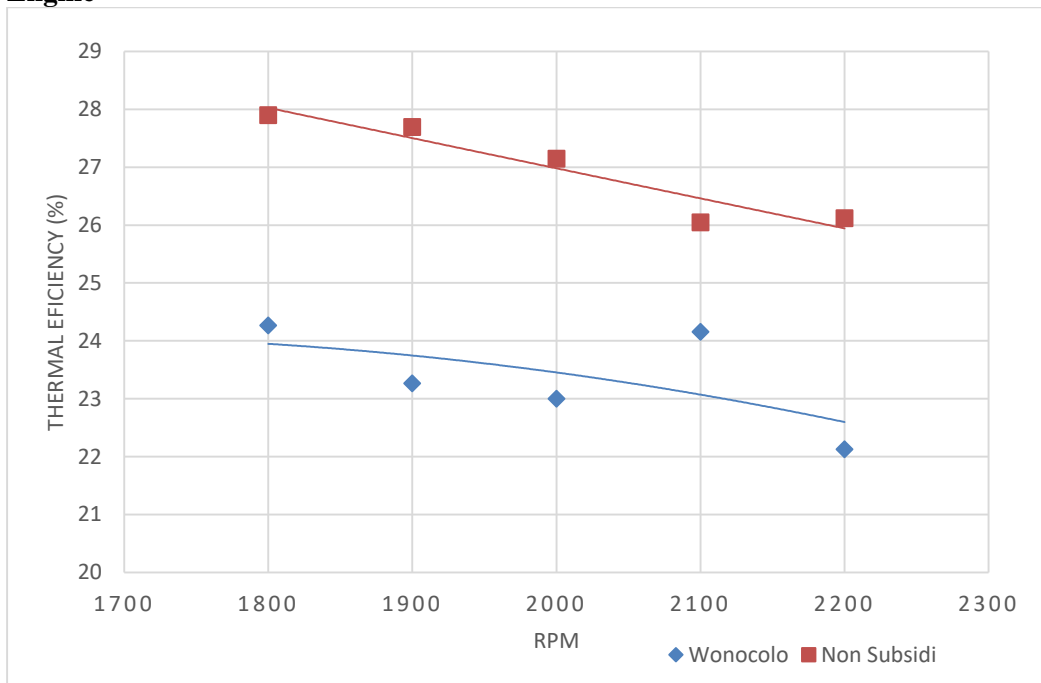


Gambar 4. 11. Perbandingan BMEP pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine

Nilai BMEP kondisi full load didapatkan dari perhitungan BMEP dimana terdapat fungsi daya dan torsi pada kondisi full load didalamnya. Berdasarkan gambar 4.11 Perbandingan BMEP pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine, dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan dan penurunan BMEP seiring dengan bertambahnya rpm. Pada saat rpm 1800 menuju rpm 1900, terjadi kenaikan BMEP sebesar 3 % untuk solar wonocolo dan 4 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 1900 menuju rpm 2000 terjadi kenaikan BMEP sebesar 6 % untuk solar wonocolo dan 4 % untuk solar non subsidi. Nilai BMEP tertinggi dicapai oleh kedua bahan bakar tersebut pada rpm 2000, yaitu sebesar 87468.9 N/m² untuk bahan bakar solar Wonocolo dan 86450.25 N/m² untuk bahan bakar solar non subsidi. Setelah BMEP maksimum dicapai, terjadi penurunan BMEP sebesar 20 % untuk solar wonocolo dan 22 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 2200, terjadi penurunan BMEP sebesar 14 % untuk solar wonocolo dan 13 % untuk solar non subsidi. Penurunan BMEP terjadi karena adanya penurunan daya.

Penggunaan solar wonocolo menghasilkan BMEP yang lebih tinggi dibandingkan solar non subsidi. Selisih BMEP antara solar wonocolo dengan solar non subsidi sebesar 932.79 N/m².

4.2.6 Perbandingan Efisiensi Thermal pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine



Gambar 4. 12. Perbandingan Efisiensi Thermal pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine

Nilai efisiensi thermal kondisi full load didapatkan dari perhitungan thermal efisiensi dimana terdapat fungsi daya, torsi dan BMEP pada kondisi full load didalamnya. Berdasarkan gambar 4.12 Perbandingan Thermal Efisiensi pada Kondisi Beban Penuh antara Bahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi dalam Berbagai Variasi Putaran Engine, dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan dan penurunan nilai efisiensi thermal seiring dengan bertambahnya rpm dengan kecenderungan tren menurun. Pada saat rpm 1800 menuju rpm 1900, terjadi penurunan efisiensi thermal sebesar 4 % untuk solar wonocolo dan 1 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 1900 menuju rpm 2000 terjadi penurunan efisiensi thermal sebesar 1 % untuk solar wonocolo dan 2 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 2000 menuju rpm 2100 terjadi kenaikan efisiensi thermal sebesar 5 % untuk solar wonocolo dan penurunan sebesar 4 % untuk solar non subsidi. Pada saat rpm 2100 menuju rpm 2200 terjadi penurunan efisiensi thermal sebesar 8 % untuk solar wonocolo dan untuk kurang dari 1 % solar non subsidi. Nilai efisiensi thermal tertinggi dicapai oleh kedua bahan bakar tersebut pada rpm 1800, yaitu sebesar 24.266 % untuk bahan bakar solar Wonocolo dan 27.902 % untuk bahan bakar solar non subsidi.

Penggunaan solar wonocolo menghasilkan efisiensi thermal yang lebih rendah dibanding dengan solar non subsidi memiliki selisih yang signifikan bila dibandingkan dengan solar wonocolo. Selisih efisiensi thermal antara solar wonocolo dengan solar non subsidi sebesar 3.62 %.

4.3 Analisa Emisi NOx pada Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo

Laju pembentukan NO awal dalam produk pembakaran dibentuk dengan membakar campuran bahan bakar hidrokarbon tertentu dengan udara (awalnya pada 700 K, pada tekanan konstan 15 atm). Periode waktu kritis adalah ketika suhu gas yang terbakar maksimum: yaitu, antara awal pembakaran dan sesaat setelah terjadinya tekanan silinder puncak. Campuran yang terbakar pada awal proses pembakaran sangat penting karena dikompresi ke suhu yang lebih tinggi, meningkatkan laju pembentukan NO, karena hasil pembakaran dan tekanan silinder meningkat. Karena waktu injeksi terlambat, maka proses pembakaran juga terlambat; pembentukan NO terjadi kemudian, dan konsentrasi lebih rendah karena suhu puncak lebih rendah. Pada beban tinggi, dengan tekanan puncak yang lebih tinggi, dan karenanya suhu, dan daerah yang lebih besar dari gas yang terbakar secara stoikiometrik, level NO meningkat. Baik NO dan NO₂, konsentrasi diukur; NO₂ adalah 10 hingga 20 persen dari total NOx.

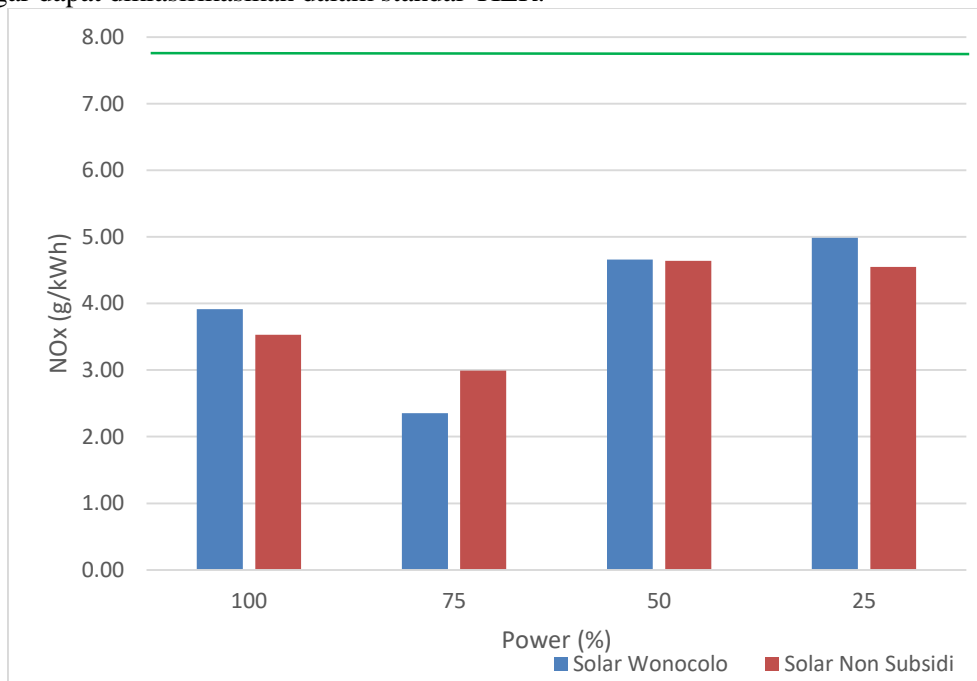


Gambar 4. 13. Grafik Perbandingan Kandungan NO pada Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi

Berdasarkan gambar 4.13 Grafik Perbandingan Kandungan NO pada Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi, dapat dikatakan bahwa emisi NO solar wonocolo tidak lebih tinggi secara konsisten. Pada 100% power, nilai kandungan NO untuk solar wonocolo sebesar 260 ppm, sedangkan untuk solar non subsidi sebesar 208.5 ppm. Pada 75% power, nilai kandungan NO untuk solar wonocolo sebesar 118.5 ppm, sedangkan untuk solar wonocolo sebesar 133 ppm. Pada 50% power, nilai kandungan NO untuk solar wonocolo sebesar 118 ppm, sedangkan untuk solar non subsidi sebesar 134 ppm. Pada 25% power, nilai kandungan NO pada solar wonocolo sebesar 93 ppm, sedangkan untuk solar non subsidi sebesar 63.5 ppm. Penggunaan solar wonocolo pada kecepatan dan daya maksimum dapat menaikkan emisi NO sebesar 20%

dari penggunaan bahan bakar solar non subsidi. Sedangkan pada kecepatan maksimum dan daya kisaran 50% hingga 75%, penggunaan bahan bakar solar wonocolo dapat menurunkan emisi NO sebesar 12% dan 14 % dari penggunaan solar non subsidi. Penggunaan solar wonocolo pada kecepatan maksimum dan daya minimum, yakni pada saat 25% daya, dapat menaikkan emisi NO sebesar 32% dari penggunaan solar non subsidi. Emisi NO terendah dicapai pada saat penggunaan bahan bakar solar non subsidi pada putaran maksimum dan daya minimum (25%), sedangkan emisi NO terendah terjadi pada saat penggunaan solar wonocolo pada daya maksimum kecepatan maksimum.

Dalam penelitian ini, analisa data emisi NO_x direpresentasikan berdasarkan kandungan NO (tanpa NO₂). Data yang didapatkan dari pembacaan alat *Exhaust Gas Analyzer* yang memiliki satuan ppm (*part per million*) dikonversi menjadi satuan g/kWh agar dapat diklasifikasikan dalam standar TIER.



Gambar 4. 14. Grafik Perbandingan Kandungan NO_x pada Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi

Berdasarkan gambar 4.14 Grafik Perbandingan Kandungan NO_x pada Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar Wonocolo dan Solar Non Subsidi, dapat dikatakan bahwa emisi NO_x solar wonocolo tidak lebih tinggi secara konsisten. Pada 100% power, nilai kandungan NO_x untuk solar wonocolo sebesar 3.92 g/kWh, sedangkan untuk solar non subsidi sebesar 3.53 g/kWh. Pada 75% power, nilai kandungan NO_x untuk solar wonocolo sebesar 2.35 g/kWh, sedangkan untuk solar wonocolo sebesar 2.99 g/kWh. Pada 50% power, nilai kandungan NO_x untuk solar wonocolo sebesar 4.66 g/kWh, sedangkan untuk solar non subsidi sebesar 4.64 g/kWh. Pada 25% power, nilai kandungan NO_x pada solar wonocolo sebesar 4.99 g/kWh, sedangkan untuk solar non subsidi sebesar 4.55 g/kWh. Penggunaan solar wonocolo pada kecepatan dan daya maksimum dapat menaikkan emisi NO_x sebesar 11% dari penggunaan bahan bakar solar non subsidi. Pada kecepatan maksimum dan daya 75%, penggunaan bahan bakar solar

wonocolo dapat menurunkan emisi NO_x sebesar 21% solar non subsidi. Penggunaan solar wonocolo pada kecepatan maksimum dan daya minimum, yakni pada saat 25% daya, dapat menaikkan emisi NO_x sebesar 10% dari penggunaan solar non subsidi. Emisi NO_x terendah dicapai pada saat penggunaan bahan bakar solar wonocolo pada putaran maksimum dan pada 75% daya, sedangkan emisi NO_x tertinggi terjadi pada saat penggunaan solar wonocolo pada daya maksimum kecepatanminimum. Emisi bahan Bakar pada penggunaan solar wonocolo dan solar non subsidi diklasifikasikan ke dalam standar emisi TIER II yaitu berada pada interval 0 hingga 7.7 g/kWh.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen, pengujian dan analisa yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Solar wonocolo sesuai dengan standar Kepdirjen Migas nomor 978 Tahun 2013, dengan tingkat kesesuaian sebesar 71%. Hal ini dikarenakan properties viskositas dan *flash point* berada di bawah standard. Selain itu, properties solar wonocolo tidak sama dengan properties yang dimiliki oleh solar non subsidi Karen a tingkat kemiripan hanya bernilai 57%.
2. Hasil penilaian performa menunjukkan bahwa solar wonocolo memiliki performa yang lebih baik dibanding dengan solar non subsidi, dengan hasil penilaian sebesar 68%. Hal ini menandakan bahwa perbandingan performa antara solar wonocolo dengan solar non subsidi sebesar 68 : 32. Aspek performa yang rendah dikarenakan solar wonocolo memiliki efisiensi thermal yang lebih rendah dibanding dengan solar non subsidi.
3. Emisi yang dihasilkan oleh solar wonocolo tinggi dibandingkan dengan solar non subsidi dengan capaian penilaian sebesar 37.5 %. Hal ini menandakan bahwa perbandingan emisi solar wonocolo dengan solar non subsidi sebesar 37.5 : 62.5.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan analisa pembakaran pada bahan bakar solar wonocolo
2. Dilakukan analisa keekonomisan pada bahan bakar solar wonocolo

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

TINJAUAN PUSTAKA

- Aslan R., Altimis K, Keskin A. (2015) The Pollutan Emission Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi. 2018. Konsumsi BBM Nasional per Tahun. [online]. (www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional, diakses pada tanggal 5 Februari 2019 pukul 21.32)
- Garrett, T.K., Newton, K., dan Steeds, W. 2001. *The Motor Vehicle*. Butterworth: Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
- Heywood, J.B., 1988. *Internal combustion engine fundamentals*, McGraw-Hill series in mechanical engineering. McGraw-Hill, New York.
- Karjono. 2006. *Proses Pengolahan Minyak dan Gas bumi*. Cepu Kementrian Energi dan Sumber daya Mineral Mineral. Peraturan Keputusan Dirjen Minyak dan Gas Bumi. (<https://jdih.esdm.go.id/?page=peraturan&act=listperaturan&id=90> diakses pada 8 Maret 2019 pukul 22.08)
- Kristianto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Jakarta: Penerbit Andi
- Lubis, Siti Saleha. 2007. *Studi Studi Pengaruh Pencampuran Biodiesel Jarak Pagar Dengan Solar Terhadap Perubahan Karakteristik Fisikanya*. Tesis Mahasiswa. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Marwoto M. 2010. *Problem analysis and Strategy of Old Wells Management in Cepu Block (In Indonesian)*. Case Study: Crude Oil Mine in Wonocolo Village, Bojonegoro. Master. Thesis. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Nasution, As. 2010. *Proses Pembuatan Bensin Dan Solar Ramah Lingkungan*. Jakarta : PPPTMBG Lemigas
- Naumi R.H., Trilaksana A. 2015. *Traditional Oil Mining at Wonocolo Sub-district, Kedewan, Bojonegoro District in 1970–1987 (In Indonesian)*. AVATARA, 3(1);136–146.
- Ramirez-Verduzco Dkk. 2012. *A predicting cetan number, kinematic viscosity, density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition fuel*. Pp: 102-111
- Siddiqoh, E. A. A. 2015. *Konflik Masyarakat Penambang Minyak Mentah (Analisis Konflik Pengelolaan Pertambangan Minyak Mentah Desa Wonocolo, Kecamatan Kedewan, Kabupaten Bojonegoro Periode 2009 - 2015)*. Departemen Sosiologi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Airlangga Surabaya, Indonesia.
- Suprapti. 2011. *Penyelesaian Sengketa Pengelolaan Sumur Tua Secara Tradisional Oleh Masyarakat Wonocolo Bojonegoro Ditinjau dari Aspek Hukum*. Jurnal Sosial Humaniora. Vol 4
- Suprptono. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumasan*. Semarang. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- Wang, X., Ni, P., 2017. *Combustion and emission characteristics of diesel engine fueled with diesel-like fuel from waste lubrication oil*. Energy Convers. Manag. 133, 275–283.

- Yusaf, T., Hamawand, I., Baker, P., Najafi, G., 2013. The effect of Methanol-Diesel Blended Ratio On CI Engine Performance. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. Volume 8: 1358 – 1395
- Zulkarnain. 2007. *Studi Biodiesel Mesin Diesel*. Skripsi Mahasiswa. Jakarta: Universitas Indonesia.
- ZHU L, CHEUNG Z, HUANG Z. 2011. Combustion performance and emissions characteristic of a diesel engine fueled with ethanol-biodiesel blend. *Fuel characteristic*, Vol. 90, pp. 1743

LAMPIRAN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
LABORATORIUM ENERGI DAN LINGKUNGAN
 Jl. Teknik Kimia, Gedung Robotika Lt. 2, Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111
 Telp. : 031 5951362, 031 5994251-54, PABX : 1467
 Email : lab.energi.lingkungan.its@gmail.com
 Website : www.lab.energi-lingkungan.its.ac.id

SURAT KETERANGAN
 No 36924/IT2.VII/TU.00.08/2019

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa pengujian contoh telah dilakukan oleh Laboratorium Energi dan Lingkungan – LPPM ITS (Jl.Teknik Kimia, Gedung LPPM It.2 & Jl. Teknik Kimia Gedung Robotika It.2 Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111) dengan rincian sebagai berikut:

1. Nama Pelanggan	:	Salva Swastika Putri
2. Alamat Pelanggan	:	Teknik Sistem Perkapalan ITS
3. Kegiatan Pengujian	:	
a. Contoh diterima tanggal	:	12 April 2019
b. Contoh diuji tanggal	:	15 April 2019
c. Contoh selesai diuji tanggal	:	03 Mei 2019
d. Jumlah dan jenis yang diuji	:	02/ Terlampir
e. Standar Metode yang digunakan	:	Terlampir
f. Laporan Hasil Pengujian	:	Terlampir

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya 03 MAY 2019



Kapala LPPM
 Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
 NIP. 19640405199002100154

FR/LEL-ITS/7.8-01 Laporan Hasil Pengujian

Terl/Rev./TP: 2/1/30042018

Lampiran 1 dari hal 1

Lampiran No : /IT2.VII /TU.00.08/2019

No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1.	Solar Wonocolo	Viscositas	1,26	cSt	Viscometer bath
		Flash Point	32	°C	ASTM D 92
		Pour Point	6	°C	ASTM D 97-85
		Cetane Number	65,9	-	Oktane/Cetane Meter
		Sulfur Content	0,034	%	SNI 7431:2015
2.	HSD Murni	Viscositas	1,50	cSt	Viscometer bath
		Flash Point	94	°C	ASTM D 92
		Pour Point	-2	°C	ASTM D 97-85
		Cetane Number	68,35	-	Oktane/Cetane Meter
		Sulfur Content	0,035	%	SNI 7431:2015

Manajer Teknis

Vita Yuliana, S.Si
NIP. 1990201822404



LABORATORIUM TAKI
 (Teknologi Air dan Konsultasi Industri)
 Departemen Teknik Kimia FTI - ITS

Kampus ITS, Keputih - Sukolilo, Surabaya, Telp. 031-5922935
 Fax. 031-5922935, E-mail : lab.taki@chem-eng.its.ac.id

KETERANGAN HASIL ANALISA

No. 16/LTAKI/VII/2019


Terima dari : **Salva**
 Sistem Perkapalan ITS
 Jenis contoh : Bahan bakar
 Kode contoh : A. Solar Wonocolo
 B. Solar Non-subsidi (Pertamina)
 Untuk analisa : Low Heating Value (LHV)
 Diterima tanggal : 9 Juli 2019

Parameter	Unit	Hasil analisa		Metode analisa
		A	B	
Low Heating Value (LHV)	Cal/g	10.774,4	10.610,3	ASTM D 5865

Keterangan :

- Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima

Surabaya, 10 Juli 2019


Siti Nurkhamidah, ST,MS,Ph.D
 Kepala Laboratorium TAKI

HASIL EKSPERIMENBahan Bakar : Solar WonocoloTanggal : 2 Mei 2019

Putaran Engine		Putaran Generator	Dummy Load	Alternator		Suhu Gas Buang	Waktu / 20 mL Bahan Bakar
(RPM)				Tegangan	Arus		
Control	Actual	(RPM)	(watt)	(volt)	(Ampere)		(menit)
1800	1803	1317	1000	190	4.21	131	1:44
	1800	1311	1500	191	6.41	149	1:29
	1803	1311	2000	193	8.68	166	1:22
	1805	1310	2500	194	10.95	193	1:14
	1800	1308	3000	197	13.3	211	1:06
	1801	1305	4000	196	17.71	257	0:50
	1801	1301	4500	193	19.7	288	0:44
1900	1900	1386	1000	198	4.34	142	1:36
	1903	1385	1500	202	6.66	163	1:28
	1904	1384	2000	205	9	178	1:17
	1901	1381	2500	208	11.39	185	1:06
	1900	1381	3000	209	13.78	226	0:56
	1902	1379	4000	207	18.28	248	0:44
	1904	1376	4500	207	20.59	310	0:37
2000	2002	1458	1000	215	4.54	194	1:27
	2002	1457	1500	218	6.94	173	1:19
	2000	1456	2000	219	9.34	192	1:12
	2002	1454	2500	222	11.82	215	1:02
	2003	1454	3000	222	14.24	234	0:52
	2003	1449	4000	222	18.97	267	0:53
2100	2104	1534	1000	230	4.72	195	1:28
	2100	1527	1500	232	7.2	197	1:16
	2102	1530	2000	235	9.73	198	1:04
	2103	1525	2500	236	12.24	223	0:56
	2100	1523	3000	238	14.83	250	0:49
	2102	1522	3500	236	17.78	292	0:39
2200	2201	1603	1000	246	4.9	203	1:22
	2201	1602	1500	248	7.48	220	1:11

	2205	1601	2000	249	10.07	226	1:00
	2201	1597	2500	250	12.68	252	0:50
	2202	1595	3000	249	15.28	260	0:41

Bahan Bakar : Solar Non SubsidiTanggal : 8 Mei 2019

Putaran Engine		Putaran Generator	Dummy Load	Alternator		Suhu Gas Buang	Waktu / 20 mL Bahan Bakar
(RPM)				Tegangan	Arus		
Control	Actual	(RPM)	(watt)	(volt)	(Ampere)		(menit)
1800	1802	1315	1000	191	4.19	132	1:41
	1801	1314	1500	192	6.42	147	1:31
	1801	1312	2000	194	8.67	159	1:26
	1803	1311	2500	196	10.94	174	1:13
	1804	1310	3000	197	13.24	193	1:07
	1800	1306	4000	196	17.6	246	0:51
	1804	1306	4500	194	19.7	262	0:45
1900	1900	1385	1000	200	4.33	158	1:41
	1900	1384	1500	203	6.66	159	1:32
	1901	1383	2000	205	8.98	173	1:22
	1901	1382	2500	207	11.34	182	1:10
	1902	1380	3000	209	13.71	214	0:59
	1901	1377	4000	208	18.22	258	0:46
	1901	1376	4500	207	20.43	281	0:39
2000	2002	1458	1000	214	4.51	155	1:27
	2000	1458	1500	217	6.9	170	1:14
	2000	1457	2000	219	9.33	181	1:04
	2003	1458	2500	223	11.81	202	0:52
	2002	1452	3000	221	14.11	217	0:48
	2003	1451	4000	221	18.86	244	0:41
2100	2100	1532	1000	230	4.69	173	1:27
	2103	1531	1500	233	7.18	176	1:14
	2100	1527	2000	234	9.67	188	1:04
	2102	1526	2500	236	12.19	2069	0:52
	2101	1524	3000	234	14.62	248	0:48
	2101	1522	3500	234	17.08	272	0:41
2200	2200	1604	1000	246	4.87	192	1:32
	2201	1602	1500	248	7.44	190	1:13
	2201	1602	2000	249	10.03	207	0:58

	2200	1600	2500	249	12.51	220	0:53
	2201	1596	3000	249	15.17	262	0:41

HASIL PERHITUNGAN PERFORMA

Putaran Engine (RPM)	Effisiensi Slip (%)	Daya (kW)	FCR (g/hr)	SFOC (G/kWh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m ²)	LHV (kJ/kg)	Thermal eff (%)
1800	0.996067	0.850297	588.4615	692.0659	4.505744262	18278.88	45084.27	11.53799
	0.993182	1.305228	687.6404	526.8357	6.927959203	28105.31	45084.27	15.15662
	0.991529	1.788937	746.3415	417.1983	9.479620664	38456.88	45084.27	19.13969
	0.989675	2.272724	827.027	363.8924	12.02987653	48802.74	45084.27	21.94343
	0.990909	2.799675	927.2727	331.2073	14.86027135	60285.08	45084.27	24.10891
	0.988087	3.719657	1224	329.0626	19.73243757	80050.46	45084.27	24.26604
	0.985059	4.086815	1390.909	340.3406	21.68017858	87952.04	45084.27	23.46192
1900	0.994737	0.914682	637.5	696.9633	4.599475459	18659.13	45084.27	11.45691
	0.992452	1.43529	695.4545	484.5394	7.205969867	29233.14	45084.27	16.47966
	0.991215	1.970844	794.8052	403.2817	9.889558342	40119.91	45084.27	19.80017
	0.990627	2.532215	927.2727	366.1904	12.72652975	51628.92	45084.27	21.80572
	0.991148	3.076667	1092.857	355.2082	15.47100198	62762.69	45084.27	22.4799
	0.988672	4.052451	1390.909	343.2266	20.35630209	82581.35	45084.27	23.26465
	0.985485	4.579312	1654.054	361.2015	22.97866928	93219.75	45084.27	22.1069
2000	0.993098	1.040701	703.4483	675.9371	4.966533912	20148.21	45084.27	11.8133
	0.992417	1.614156	774.6835	479.931	7.703232904	31250.44	45084.27	16.6379
	0.992727	2.181648	850	389.6138	10.42188394	42279.45	45084.27	20.49477
	0.990373	2.805402	987.0968	351.8557	13.38821447	54313.24	45084.27	22.69409
	0.989879	3.381462	1176.923	348.0515	16.12928715	65433.21	45084.27	22.94214
	0.986475	4.520202	1569.231	347.1594	21.56098197	87468.49	45084.27	23.00109
2100	0.99421	1.156153	695.4545	601.5248	5.250021616	21298.26	45084.27	13.27467
	0.991558	1.783716	805.2632	451.4525	8.115178197	32921.62	45084.27	17.68745
	0.992561	2.439198	956.25	392.0347	11.0867917	44976.84	45084.27	20.36821
	0.988847	3.093057	1092.857	353.326	14.05206641	57006.35	45084.27	22.59966
	0.988961	3.778875	1248.98	330.5163	17.19233327	69745.77	45084.27	24.15931
	0.987371	4.499734	1569.231	348.7386	20.45246809	82971.47	45084.27	22.89694
2200	0.993144	1.285117	746.3415	580.7575	5.578459459	22630.67	45084.27	13.74936
	0.992524	1.978955	861.9718	435.5693	8.590281257	34849.01	45084.27	18.33244
	0.990105	2.681459	1020	380.39	11.61860808	47134.31	45084.27	20.99174
	0.989426	3.39234	1224	360.8129	14.72553094	59738.46	45084.27	22.13071
	0.987738	4.078536	1492.683	365.985	17.69614346	71789.63	45084.27	21.81796

Putaran Engine (RPM)		Daya	FCR	SFOC	Torsi	BMEP	LHV	Thermal eff
Control	Actual	(kW)	(g/hr)	(G/kWh)	(Nm)	(N/m ²)	kJ/kg	%
1800	1802	0.851533	541.7821782	636.2434	4.514797	18315.61	44393.5	12.74558813
	1801	1.311836	601.3186813	458.3794	6.959171	28231.93	44393.5	17.69123206
	1801	1.792775	636.2790698	354.913	9.510506	38582.17	44393.5	22.8486865
	1803	2.289768	749.5890411	327.3647	12.13353	49223.26	44393.5	24.7714467
	1804	2.788974	816.7164179	292.8376	14.77065	59921.49	44393.5	27.69212823
	1800	3.691672	1072.941176	290.6383	19.59486	79492.34	44393.5	27.90167823
	1804	4.099079	1216	296.652	21.70908	88069.29	44393.5	27.33605935
1900	1900	0.922458	541.7821782	587.3243	4.638577	18817.76	44393.5	13.80718602
	1900	1.441162	594.7826087	412.7105	7.246875	29399.09	44393.5	19.64887491
	1901	1.964785	667.3170732	339.6386	9.874716	40059.7	44393.5	23.87624735
	1901	2.507163	781.7142857	311.7924	12.60062	51118.14	44393.5	26.00863718
	1902	3.06648	927.4576271	302.4502	15.40357	62489.11	44393.5	26.81200312
	1901	4.062421	1189.565217	292.8218	20.41712	82828.05	44393.5	27.69362445
	1901	4.536568	1403.076923	309.2816	22.80011	92495.37	44393.5	26.21978249
2000	2002	1.029015	628.9655172	611.2304	4.910768	19921.98	44393.5	13.26716711
	2000	1.5948	739.4594595	463.669	7.618473	30906.58	44393.5	17.48940757
	2000	2.177816	855	392.5951	10.40358	42205.19	44393.5	20.65562113
	2003	2.809333	1052.307692	374.5757	13.40028	54362.19	44393.5	21.64928771
	2002	3.338426	1140	341.4783	15.93196	64632.71	44393.5	23.74761854
	2003	4.467582	1334.634146	298.7375	21.30999	86450.25	44393.5	27.14522453
2100	2100	1.148117	628.9655172	547.8234	5.223463	21190.52	44393.5	14.80275473
	2103	1.784306	739.4594595	414.424	8.106284	32885.53	44393.5	19.56763098
	2100	2.416282	855	353.8494	10.99309	44596.73	44393.5	22.9173631
	2102	3.076939	1052.307692	341.9982	13.98549	56736.28	44393.5	23.71151552
	2101	3.662093	1140	311.2974	16.65309	67558.18	44393.5	26.04999446
	2101	4.283908	1334.634146	311.5459	19.48075	79029.41	44393.5	26.02921454
2200	2200	1.275873	594.7826087	466.177	5.540849	22478.09	44393.5	17.3953149
	2201	1.968372	749.5890411	380.8168	8.544344	34662.65	44393.5	21.29448248
	2201	2.664298	943.4482759	354.1076	11.56523	46917.78	44393.5	22.9006541
	2200	3.32571	1032.45283	310.4458	14.44286	58591.74	44393.5	26.12145157
	2201	4.0448	1334.634146	329.9629	17.55774	71228.16	44393.5	24.57638618

HASIL PERHITUNGAN EMISI

Keterangan	O2 (%)			NO (ppm)			CO2 (%)			Excess Air (%)		
	Hasil 1	Hasil 2	Rata-Rata	Hasil 1	Hasil 2	Rata-Rata	Hasil 1	Hasil 2	Rata-Rata	Hasil 1	Hasil 2	Rata-Rata
Solar Wonocolo 100 %	18.1	17.9	18	274	246	260	1.6	1.7	1.65	7.24	6.77	7.005
Solar Wonocolo 75 %	19.2	19.3	19.25	124	113	118.5	1	0.9	0.95	11.67	12.35	12.01
Solar Wonocolo 50 %	18.9	19.4	19.15	137	99	118	1.2	0.9	1.05	10	13.3	11.65
Solar Wonocolo 25 %	19.4	19.4	19.4	93	93	93	0.9	0.9	0.9	13.3	13.13	13.215
Keterangan	O2 (%)			NO (ppm)			CO2 (%)			Excess Air (%)		
	Hasil 1	Hasil 2	Rata-Rata	Hasil 1	Hasil 2	Rata-Rata	Hasil 1	Hasil 2	Rata-Rata	Hasil 1	Hasil 2	Rata-Rata
Solar Non Subsidi 100 %	18.8	18.8	18.8	209	208	208.5	1.2	1.2	1.2	9.55	9.55	9.55
Solar Non Subsidi 75 %	19.3	19.3	19.3	133	133	133	0.9	0.9	0.9	12.35	12.35	12.35
Solar Non Subsidi 50 %	19.1	19.2	19.15	135	133	134	1.1	1	1.05	11.05	11.67	11.36
Solar Non Subsidi 25 %	20.1	20.1	20.1	63	64	63.5	0.5	0.5	0.5	23.33	23.33	23.33

Keterangan	Engine Power	Fuel Density	Air Density	Engine Capacity	Humidity Correction	Engine RPM	Volume Flow Rate (m ³ /s)	Air Mass Flow Rate (g/s)	Torque (Nm)	IMEP (kPa)	SFOC (gr/kWh)	Fuel Mass Flow Rate	Exhaust Gas Mass Flow	Weight Factor	NOx Mass Flow Rate (g/h)	Nox (g/kWh)
Wonocolo	4.524	850000	1204	0.000493	1.12	2001	0.0082208	9.89781	21.60	550.31	322.3623	0.405	37.09	0.20	17.72	3.92
	3.393					2001	0.0082208	9.89781	16.20	412.69	300.8715	0.284	36.65	0.50	7.98	2.35
	1.694					2002	0.0082249	9.90276	8.08	205.91	451.3072	0.212	36.41	0.15	7.90	4.66
	1.271					2003	0.0082290	9.90771	6.06	154.49	1128.2681	0.398	37.10	0.23	6.34	4.99
Non Subsidi	4.000	760000	1204	0.000493	1.12	2001	0.0082208	9.89781	19.10	486.52	304.0300	0.338	36.85	0.20	14.12	3.53
	2.984					2001	0.0082208	9.89781	14.25	362.93	305.6766	0.253	36.54	0.50	8.93	2.99
	1.928					2001	0.0082208	9.89781	9.21	234.56	363.8199	0.195	36.33	0.15	8.95	4.64
	0.928					2003	0.0082290	9.90771	4.42	112.73	546.1654	0.141	36.17	0.23	4.22	4.55

PENILAIAN

Penilaian untuk aspek				Karakteristik	Nilai	Kandungan	Standar	Indikator
Sesuai Standar	Ketercapaian Properties	Bobot Properties	Properties	Cetane Number	1	65.9	>48	Sesuai dengan Standar
				Density	1	850	815 - 860	Sesuai dengan Standar
				Viscosity	0	1.26	2 - 4.5	Sesuai dengan Standar
				Sulphur Content	1	0.034	<0.25	Sesuai dengan Standar
0.714285714	0	0.142857143	Flash Point	Pour Point	0	32	> 52	Sesuai dengan Standar
				Pour Point	1	6	<18	Sesuai dengan Standar
				Lower Heating Value	1	45084.27	-	Sesuai dengan Standar
				Lower Heating Value	1	45084.27	443939.3	Solar Non Subsidi
Mirip dengan Solar Non Subsidi	Ketercapaian Properties	Bobot Properties	Properties	Cetane Number	1	65.9	68.35	Solar Non Subsidi
				Density	1	850	760	Solar Non Subsidi
				Viscosity	0	1.26	1.5	Solar Non Subsidi
				Sulphur Content	1	0.034	0.035	Solar Non Subsidi
0.571428571	0	0.142857143	Flash Point	Pour Point	0	32	94	Solar Non Subsidi
				Pour Point	0	6	-2	Solar Non Subsidi
				Lower Heating Value	1	45084.27	443939.3	Solar Non Subsidi
				Lower Heating Value	1	45084.27	443939.3	Solar Non Subsidi

Penilaian untuk aspek				Performa		
Sesuai Standar	Ketercapaian Aspek Performa	Bobot Aspek Performa	Aspek Performa	Nilai	Pembuktian	Indikator
0,68	0,2	0,2	SFOC	1	Grafik SFOC- RPPM kondisi full load	SFOC lebih rendah dari solar non subsidi
	0,16	0,2	Daya	0,8	Grafik Daya- RPPM kondisi full load	Daya lebih tinggi dari solar non subsidi
	0,16	0,2	Torsi	0,8	Grafik Torsi- RPPM kondisi full load	Torsi lebih tinggi dari solar non subsidi
	0,16	0,2	BMEP	0,8	Grafik BMEP - RPPM kondisi full load	BMEP lebih tinggi dari solar non subsidi
	0	0,2	Efisiensi Thermal	0	Grafik Thermal Efisiensi- RPPM kondisi full load	Efisiensi Thermal lebih tinggi dari solar non subsidi

Penilaian untuk aspek		Emisi				
Ketercapaian Aspek Emisi	Bobot Aspek Emisi	Aspek Emisi	Nilai	Pembuktian	Indikator	
0.25	0.5	NO (ppm)	0.5	Grafik NO	Nilai NO lebih rendah pada setiap pembagian load	
0.125	0.5	Nox (g/kWh)	0.25	Grafik Nox	Nilai NOx lebih rendah pada setiap pembagian load	

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Malang, 13 September 1997, merupakan anak ke 1 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah diantaranya SDN Bareng 1 Malang, SMPN 3 Malang, SMAN 5 Malang dan melanjutkan ke jenjang Strata 1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS pada tahun 2015 melalui jalur SBMPTN. Penulis terdaftar dengan NRP 04211540000057. Selama berada di bangku perkuliahan, penulis mengikuti beberapa kegiatan yang diadakan Himpunan Teknik Sistem Perkapalan, dan aktif di organisasi BEM FTK, BEM ITS maupun dunia Kepemanduan di dalam dan di luar ITS. Pada tahun keempat berkuliah, penulis mengambil konsentrasi Tugas Akhir di bidang studi

Marine Power Plant (MPP). Pengalaman Kerja Praktek yang pernah ditempuh penulis antara lain di PT Yasa Wahana Tirta Samudera Semarang, Jawa Tengah dan Pertamina Shipping Jakarta. Selama semester akhir, penulis banyak menghabiskan waktu untuk menyelesaikan Tugas Akhir di Laboraturium *Marine Power Plant (MPP)* dan Getaran Mesin serta msih aktif di dalam dunia kepemanduan di ITS maupun di luar ITS.