



**PENGARUH CAMPURAN BIO SOLAR PRODUK PERTAMINA DAN
BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KEMIRI TERHADAP UNJUK KERJA
MESIN DIESEL**

SKRIPSI

Oleh

Zainul Atiqi

161910101037

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**PENGARUH CAMPURAN BIO SOLAR PRODUK PERTAMINA DAN
BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KEMIRI TERHADAP UNJUK KERJA
MESIN DIESEL**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Zainul Atiqi

161910101037

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2020

PERSEMBAHAN

Dengan segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT, maka saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
2. Ayah saya Saprawi, Ibu saya Riskiyah, Saudara saya Yuliatin, Fikri Hasan, Zammil Muttaqin, Nurkhotijah, Farhan Iqbal, Qorina, dan Lailatul Qomariah yang senantiasa memberikan doa yang tiada putus, kasih sayang, semangat dan motivasi serta dukungan baik berupa materil dan non materil;
3. Keluarga besar yang selalu membantu dan memberi dukungan;
4. Sahabat-sahabat terbaik saya yang selalu memberikan semangat dan dorongan;
5. Seluruh dosen dan civitas akademik jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah membimbing, memberikan banyak ilmu, pelajaran dan motivasi kepada saya;
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan sarana dan prasarana untuk menuntut ilmu.

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain”

(QS Al-Insyirah ayat 6-7)

“Barang siapa tidak mau merasakan pahitnya belajar, ia akan merasakan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya”

(Imam Syafi'i)

“Visi tanpa Eksekusi adalah Halusinasi”

(Henry Ford)

“Tidak masalah seberapa lambat kamu berjalan, yang terpenting kamu tidak pernah berhenti”

(Confucius)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zainul Atiqi

NIM : 161910101037

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan skripsi yang berjudul “Pengaruh Campuran Bio Solar Produk Pertamina dan Biodiesel dari Minyak Biji Kemiri terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan penuh kesadaran tanpa ada unsur pemaksaan serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 April 2020

Yang menyatakan,

Zainul Atiqi

NIM 161910101037

SKRIPSI

**PENGARUH CAMPURAN BIO SOLAR PRODUK PERTAMINA DAN
BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KEMIRI TERHADAP UNJUK KERJA
MESIN DIESEL**

Oleh

Zainul Atiqi

161910101037

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc.

Dosen Pembimbing Anggota : Rahma Rei Sakura, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Campuran Bio Solar Produk Pertamina dan Biodiesel dari Minyak Biji Kemiri terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : 20 April 2020

Tempat : Fakultas Teknik, Universitas Jember secara daring (*online*)

Pembimbing,

Pembimbing I,



Ir. Digo Listyadi Setyawan, M.Sc.
NIP. 196806171995011001

Pembimbing II,



Rahma Rei Sakura, S.T., M.T.
NIP. 760017115

Penguji,

Penguji I,



Intan Hardiatama, S.T., M.T.
NIP. 198904282019032021

Penguji II,



Yuni Hermawan, S.T., M.T.
NIP. 197506152002121008

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember



Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

PENGARUH CAMPURAN BIO SOLAR PRODUK PERTAMINA DAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KEMIRI TERHADAP UNJUK KERJA MESIN DIESEL; Zainul Atiqi, 161910101037; 82 Halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Krisis energi yang terjadi di Indonesia disebabkan oleh kebutuhan masyarakat maupun pelaku industri terhadap bahan bakar minyak (BBM) berbasis fosil semakin meningkat, sedangkan ketersediaan Bahan Bakar Minyak berbasis fosil semakin terbatas. Emisi gas buang pembakaran bahan bakar fosil juga mengakibatkan dampak pencemaran udara yang semakin parah. Pengembangan sumber energi alternatif bersifat terbarukan dan ramah lingkungan seperti biodiesel dapat menjadi solusi permasalahan. Biodiesel berasal dari minyak nabati atau hewani melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi antara minyak dengan alkohol. Hasil reaksi ini akan menghasilkan metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping. Pengembangan biodiesel di Indonesia sangat potensial, mengingat Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan memiliki kekayaan alam yang melimpah. Salah satunya adalah tanaman kemiri yang memiliki kandungan lemak nabati yang berpotensi sebagai bahan baku biodiesel.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar fosil. Penelitian ini akan meneliti unjuk kerja mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel biji kemiri yang dicampur biosolar produk Pertamina dengan komposisi B0 (biosolar 100%), B10 (biodiesel 10% dan biosolar 90%), B20 (biodiesel 20% dan biosolar 80%), dan B30 (biodiesel 30% dan biosolar 70%). Pengujian unjuk kerja mesin diesel menggunakan metode eksperimental dengan variasi putaran mesin yaitu 1600 sampai dengan 2400 rpm dengan interval setiap 200 rpm dan beban konstan sebesar 500 watt.

Hasil dari penelitian ini adalah dengan penambahan biodiesel biji kemiri pada bahan bakar biosolar produk Pertamina berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin diesel. Daya efektif rata-rata yang tertinggi dihasilkan pada variasi campuran bahan bakar B10 yaitu sebesar 269,39 watt. Torsi rata-rata yang tertinggi dihasilkan pada variasi campuran bahan bakar B10 yaitu sebesar 1,203 Nm. Konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata mengalami peningkatan dari biosolar produk Pertamina seiring bertambahnya komposisi bahan bakar biodiesel. Konsumsi bahan bakar spesifik dari variasi campuran bahan bakar B10, B20, dan B30 yang terbaik dihasilkan pada variasi campuran bahan bakar B10 yaitu sebesar 1275,39 g/kWh. Efisiensi thermal rata-rata mengalami penurunan seiring bertambahnya komposisi bahan bakar biodiesel. Efisiensi thermal dari variasi campuran bahan bakar B10, B20, dan B30 yang terbaik dihasilkan pada variasi campuran bahan bakar B10 yaitu sebesar 7,61%. Opasitas yang dihasilkan mengalami penurunan seiring bertambahnya komposisi bahan bakar biodiesel. Opasitas terbaik dihasilkan pada campuran bahan bakar B30 yaitu sebesar 4,1% HSU.

SUMMARY

THE EFFECT OF MIXED BIO SOLAR PRODUCTS OF PERTAMINA AND BIODIESEL FROM *ALEURITES MOLUCCANA* SEED OILS ON DIESEL MACHINE PERFORMANCE; Zainul Atiqi, 161910101037; 82 pages; Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty, Jember University.

The energy crisis that occurred in Indonesia was caused by the needs of the community and industry players for fossil-based fuels increasing, while the availability of fossil-based fuels was increasingly limited. The exhaust emissions from burning fossil fuels also result in increasingly severe effects of air pollution. The development of alternative energy sources that are renewable and environmentally friendly such as biodiesel can be a solution to the problem. Biodiesel is derived from vegetable or animal oils through the process of esterification and transesterification between oil and alcohol. The results of this reaction will produce methyl esters (biodiesel) and glycerol as a byproduct. The development of biodiesel in Indonesia is very potential, considering that Indonesia is a tropical country and has abundant natural resources. One of them is hazelnut that has the potential of vegetable fat as a raw material for biodiesel.

The purpose of this research is to develop biodiesel as an alternative fuel that is environmentally friendly and can reduce dependence on the use of fossil fuels. This study will examine the performance of diesel engines with candlenut biodiesel fuel mixed with biosolar pertamina products with the composition of B0 (biosolar 100%), B10 (biodiesel 10% and biosolar 90%), B20 (biodiesel 20% and biosolar 80%), and B30 (biodiesel 30% and biosolar 70%). Performance testing of diesel engines uses an experimental method with variations in engine speed of 1600 to 2400 rpm with intervals of every 200 rpm and a constant load of 500 watts.

The results of this study are the addition of candlenut biodiesel to biofuel fuels in Pertamina products affect the performance of diesel engines. The highest average effective power is produced in a variation of the B10 fuel mixture that is equal to 269.39 watts. The highest average torque is produced in a variation of the B10 fuel mixture that is equal to 1.203 Nm. The specific fuel consumption on average has increased from biosolar Pertamina products as the composition of biodiesel fuels increases. The specific fuel consumption of the best B10, B20 and B30 fuel mix variations is produced in the B10 fuel mix variation which is 1275.39 g / kWh. The average thermal efficiency decreases as the composition of biodiesel fuels increases. The thermal efficiency of a variation of the B10 fuel mixture, The best B20 and B30 are produced in a variation of the B10 fuel mixture which is 7.61%. The resulting opacity has decreased as the composition of biodiesel fuel increases. The best opacity is produced in the B30 fuel mixture which is 4.1% HSU.

PRAKATA

Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Pengaruh Campuran Biosolar Produk Pertamina dan Biodiesel dari Minyak Biji Kemiri terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel”. Laporan skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing Utama yang penuh kesabaran memberikan bimbingan, meluangkan waktu, pikiran, motivasi dan saran kepada penulis selama penyusunan proyek akhir ini sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
4. Ibu Rahma Rei Sakura, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang penuh kesabaran memberikan bimbingan, meluangkan waktu, pikiran, motivasi dan saran kepada penulis selama penyusunan proyek akhir ini sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan motivasi kepada penulis.
6. Ayah saya Saprawi, Ibu saya Riskiyah, Saudara saya Yuliatin, Fikri Hasan, Zammil Muttaqin, Nurkhotijah, Farhan Iqbal, Qorina, dan Lailatul Qomariah yang senantiasa memberikan doa yang tiada putus, kasih sayang, semangat dan motivasi serta dukungan baik berupa materil dan non materil;

7. Saudara seperjuangan tim riset biodiesel Moh. Wafir, Radhea Afif Rahmatullah, dan Avitio Dwi Bagaskoro;
8. Saudara seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis;
9. Saudara – saudara Kontrakan Asoy Rendi, Irul, Iqbal, Rosi, Juju, Wafir, Homaidi, Ahmad, Adan, Arip, Jali, Dida, Etak, Dayat, Ical, Zei, Radhea, Aldin, Rimas, Devita, Uul, Ocha, Uly, Ipe, Kiki, Stef, dan Dila yang selalu menemani, memberi semangat, dan mengajarkan arti kerasnya kehidupan, serta menjadi keluarga kedua penulis selama tinggal di Jember;
10. Saudara – saudara Jong Madura perkumpulan mahasiswa Madura di Jember;
11. Saudara – saudara kelompok KKN 219 Desa Tunjung Lumajang;
12. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu – persatu.

Proyek akhir ini disusun berdasarkan data-data yang diperoleh dari studi lapangan dan studi literatur, apabila ada kekurangan, penulis senantiasa terbuka untuk menerima kritik dan saran dalam upaya penyempurnaan skripsi ini.

Jember, 20 April 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|----------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTTO | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | iv |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN..... | v |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | vi |
| RINGKASAN | vii |
| PRAKATA | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xviii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xix |
| | |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan..... | 3 |
| 1.4 Manfaat..... | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 4 |
| | |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Biodiesel..... | 5 |
| 2.1.1 Ketersediaan Bahan Baku Biodiesel..... | 6 |
| 2.1.2 Karakteristik Biodiesel | 7 |
| 2.1.3 Pembuatan Biodiesel | 8 |
| 2.2 Biosolar | 10 |
| 2.3 Biji Kemiri..... | 10 |
| 2.4 Unjuk Kerja Mesin Diesel..... | 12 |
| 2.4.1 Nilai Kalor Bahan Bakar | 12 |

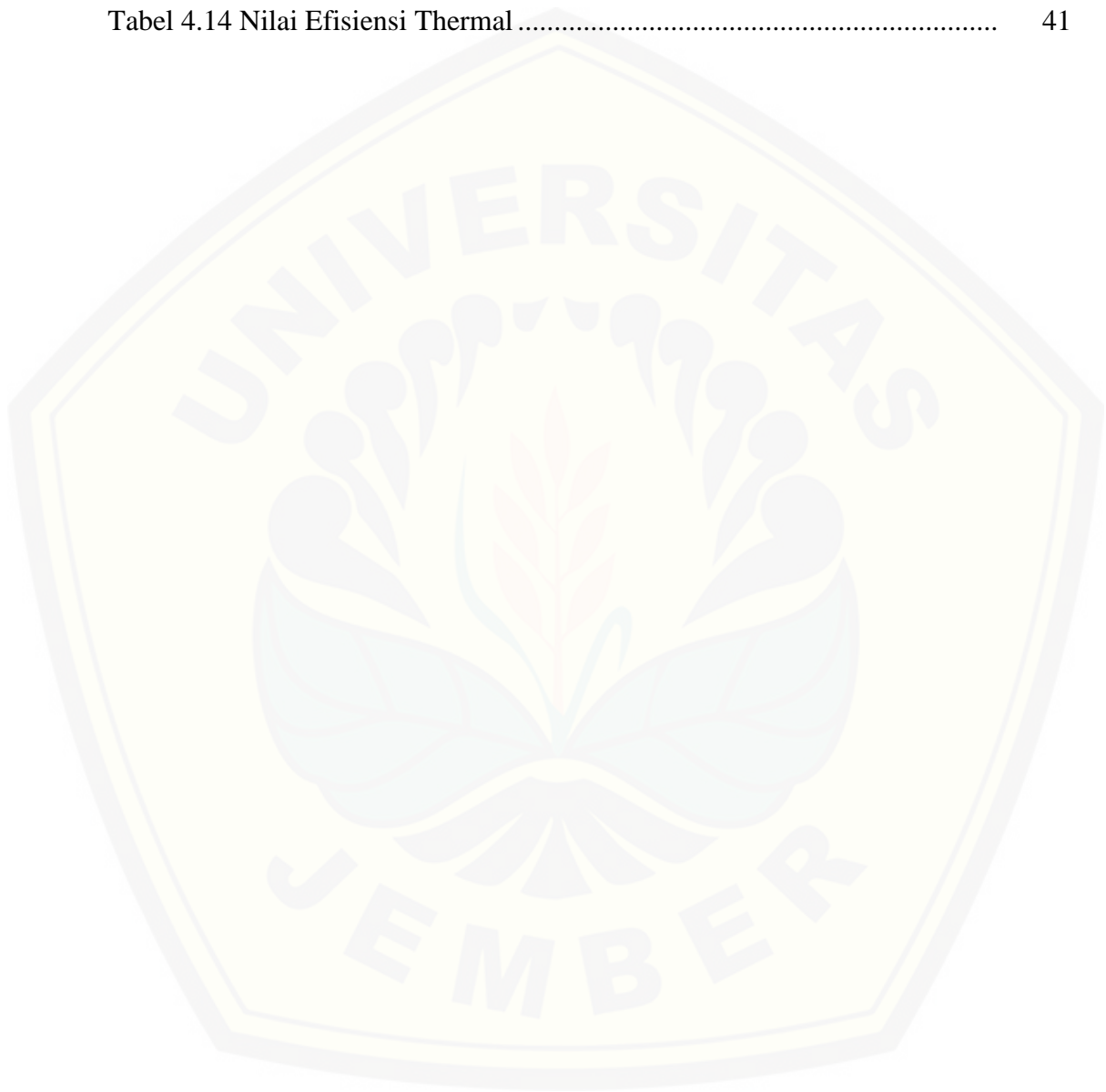
| | | |
|---------------|--|-----------|
| 2.4.2 | Daya Efektif..... | 13 |
| 2.4.3 | Torsi..... | 14 |
| 2.4.4 | Konsumsi Bahan Bakar Spesifik | 14 |
| 2.4.5 | Efisiensi Thermal..... | 15 |
| 2.4.6 | Opasitas | 16 |
| 2.5 | Penelitian Sebelumnya | 16 |
| 2.6 | Hipotesis | 17 |
| BAB 3. | METODE PENELITIAN..... | 18 |
| 3.1 | Metode Penelitian | 18 |
| 3.2 | Waktu dan Tempat Penelitian..... | 18 |
| 3.2.1 | Tempat Penelitian | 18 |
| 3.2.2 | Waktu Penelitian..... | 19 |
| 3.3 | Alat dan Bahan | 19 |
| 3.3.1 | Pembuatan Biodiesel | 19 |
| 3.3.2 | Mesin Pengujian Unjuk Kerja/Mesin Diesel | 21 |
| 3.4 | Variabel Penelitian | 23 |
| 3.4.1 | Variabel Bebas..... | 23 |
| 3.4.2 | Variabel Terikat | 23 |
| 3.4.3 | Variabel Kontrol | 24 |
| 3.5 | Pengumpulan Data dan Pengolahan Data..... | 24 |
| 3.6 | Tahap Pembuatan Biodiesel Biji Kemiri..... | 24 |
| 3.7 | Tahap Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel | 25 |
| 3.8 | Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data | 26 |
| 3.8.1 | Tahap Pengambilan Nilai Karakteristik Bahan Bakar..... | 26 |
| 3.8.2 | Tahap Pengambilan Data Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel | 27 |
| 3.8.3 | Tahap Pengolahan Data | 29 |
| 3.9 | Diagram Alir Penelitian | 31 |
| BAB 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 32 |
| 4.1 | Data Hasil Penelitian | 32 |
| 4.1.1 | Karakteristik Bahan Bakar Biodiesel B100..... | 32 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.2 Karakteristik Campuran Bahan Bakar Biodiesel | |
| Biji Kemiri dan Biosolar..... | 32 |
| 4.1.3 Data Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel | 33 |
| 4.1.4 Pengujian Opasitas Gas Buang..... | 36 |
| 4.2 Pengolahan Data | 37 |
| 4.2.1 Daya Efektif..... | 37 |
| 4.2.2 Torsi..... | 38 |
| 4.2.3 Laju Aliran Massa Bahan Bakar..... | 39 |
| 4.2.4 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik | 40 |
| 4.2.5 Efisiensi Thermal..... | 41 |
| 4.3 Analisis Data | 42 |
| 4.3.1 Daya Efektif..... | 42 |
| 4.3.2 Torsi..... | 47 |
| 4.3.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik | 50 |
| 4.3.4 Efisiensi Thermal..... | 54 |
| 4.3.5 Opasitas..... | 58 |
| BAB 5. PENUTUP | 60 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 60 |
| 5.2 Saran..... | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA | 62 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | 65 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|----------------|
| Tabel 2.1 Tumbuhan Penghasil Minyak Lemak di Indonesia | 6 |
| Tabel 2.2 Standar Mutu Biodiesel (SNI 7182:2015) | 8 |
| Tabel 2.3 Standar Mutu Biosolar | 10 |
| Tabel 2.4 Karakteristik Biodiesel Biji Kemiri | 12 |
| Tabel 3.1 <i>Time line</i> penelitian..... | 19 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Diesel MDX-170 F..... | 22 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi Generator | 23 |
| Tabel 3.4 Data Nilai Karakteristik Bahan Bakar | 27 |
| Tabel 3.5 Data pada 1600 rpm | 27 |
| Tabel 3.6 Data pada 1800 rpm | 27 |
| Tabel 3.7 Data pada 2000 rpm | 28 |
| Tabel 3.8 Data pada 2200 rpm | 28 |
| Tabel 3.9 Data pada 2400 rpm | 28 |
| Tabel 3.10 Nilai Daya | 29 |
| Tabel 3.11 Nilai Torsi | 29 |
| Tabel 3.12 Nilai Konsumsi Bahan Bakar Spesifik | 30 |
| Tabel 3.13 Nilai Efisiensi Thermal | 30 |
| Tabel 4.1 Karakteristik Bahan Bakar Biodiesel B100 | 32 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian Campuran Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri Dan Biosolar | 33 |
| Tabel 4.3 Data pada 1600 rpm | 34 |
| Tabel 4.4 Data pada 1800 rpm | 34 |
| Tabel 4.5 Data pada 2000 rpm | 35 |
| Tabel 4.6 Data pada 2200 rpm | 35 |
| Tabel 4.7 Data pada 2400 rpm | 36 |
| Tabel 4.8 Hasil Pengujian Opasitas | 36 |
| Tabel 4.9 Data Nilai Opasitas | 36 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4.10 Nilai Daya | 37 |
| Tabel 4.11 Nilai Torsi | 38 |
| Tabel 4.12 Laju Aliran Massa Bahan Bakar Spesifik | 39 |
| Tabel 4.13 Nilai Konsumsi Bahan Bakar Spesifik | 40 |
| Tabel 4.14 Nilai Efisiensi Thermal | 41 |



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|----------------|
| Gambar 2.1 Biji Kemiri..... | 11 |
| Gambar 3.1 Mesin press hidrolik..... | 19 |
| Gambar 3.2 <i>Magnetic stirrer</i> | 19 |
| Gambar 3.3 Biji kemiri | 20 |
| Gambar 3.4 Kalium hidroksida..... | 20 |
| Gambar 3.5 Methanol..... | 21 |
| Gambar 3.6 <i>Bomb calorimeter</i> | 21 |
| Gambar 3.7 Mesin Diesel Matsumoto MDX-170 F..... | 22 |
| Gambar 3.8 Generator..... | 22 |
| Gambar 3.9 Instalasi pengujian unjuk kerja mesin diesel..... | 26 |
| Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian | 31 |
| Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Putaran Mesin terhadap Daya Efektif..... | 42 |
| Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Campuran Bahan Bakar terhadap Daya Efektif | 45 |
| Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Putaran Mesin terhadap Torsi..... | 47 |
| Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Campuran Bahan Bakar terhadap Torsi..... | 49 |
| Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Putaran Mesin terhadap SFC | 51 |
| Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Campuran Bahan Bakar terhadap SFC..... | 53 |
| Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Putaran Mesin terhadap Efisiensi Thermal..... | 54 |
| Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Campuran Bahan Bakar terhadap Efisiensi Thermal | 57 |
| Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Campuran Bahan Bakar terhadap Opasitas | 58 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|----------------|
| Lampiran A. Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bakar | 65 |
| Lampiran B. Spesifikasi Biosolar Produk Pertamina..... | 71 |
| Lampiran C. Hasil Pengujian Opasitas | 72 |
| Lampiran D. Standar Opasitas Mesin Diesel Stasioner | 77 |
| Lampiran E. Tabel Konversi Satuan Opasitas $K\cdot m^{-1}$ menjadi %HSU | 78 |
| Lampiran F. Kalibrasi Mesin Uji Unjuk Kerja Mesin Diesel | 79 |
| Lampiran G. Alat Penelitian | 81 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi yang terjadi di Indonesia disebabkan oleh kebutuhan masyarakat maupun pelaku industri terhadap bahan bakar minyak (BBM) berbasis fosil semakin meningkat, sedangkan ketersediaan Bahan Bakar Minyak berbasis fosil semakin terbatas. Emisi gas buang pembakaran bahan bakar fosil juga mengakibatkan dampak pencemaran udara yang semakin parah. Pengembangan sumber energi alternatif bersifat terbarukan dan ramah lingkungan seperti biofuel dapat menjadi solusi penyelesaian permasalahan (Thoai dkk., 2017).

Bahan bakar alternatif yang banyak dikembangkan adalah berasal dari tumbuh-tumbuhan. Salah satu jenis bahan bakar nabati yang dikembangkan adalah biodiesel (Bappenas, 2015:9). Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Biodiesel berasal dari minyak nabati atau hewani melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi antara minyak dengan alkohol. Hasil reaksi ini akan menghasilkan metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat digunakan langsung ataupun dicampur dengan solar. Biodiesel dapat digunakan secara langsung pada pembakaran eksternal, seperti yang terjadi pada ruang bakar furnace ketel uap/boiler. Biodiesel murni (B100) juga dapat digunakan pada pembakaran internal, namun mesin yang digunakan harus dimodifikasi terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya penyumbatan dalam filter ataupun kesulitan dalam *start up* (Havendri, 2008).

Pengembangan biodiesel di Indonesia sangat potensial, mengingat Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan memiliki kekayaan alam yang melimpah serta belum termanfaatkan secara sempurna. Kemiri merupakan salah satu tanaman yang memiliki kandungan lemak nabati yang berpotensi sebagai

bahan baku biodiesel, dan termasuk salah satu tanaman yang dinilai ekonomi baik dan bersifat multiguna.

Tanaman kemiri adalah suatu tanaman yang memiliki kandungan minyak tinggi yaitu mencapai 55 – 66% dari total bobot biji kemiri. Salah satu keunggulan dari kemiri merupakan bahan *non edible*, sehingga tidak menyebabkan kesenjangan dengan bahan makanan. Kemiri memiliki kandungan minyak yang tinggi dan karakteristik minyak yang khas sehingga dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Pertumbuhan kemiri relatif cepat, wilayah pengembangannya luas dari dataran rendah hingga 1.000 m di atas permukaan laut. Tanaman kemiri sangat cocok dijadikan sebagai tanaman konservasi.

Pembakaran adalah proses oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar dan oksidator dengan menimbulkan nyala dan panas. Warna api yang terjadi, menentukan kadar bahan bakar baik atau tidak (Mahandari, 2010). Karakteristik pembakaran biodiesel dapat diketahui melalui pembakaran premix dan difusi. Pembakaran premix biasa diaplikasikan pada motor bakar. Dalam aplikasi motor bakar, percampuran bahan bakar biodiesel dengan solar dapat mengurangi emisi gas buang. Campuran biodiesel dengan solar juga dapat meningkatkan prestasi mesin diesel daripada menggunakan biodiesel murni. Pembakaran difusi biasanya terdapat pada aplikasi pembakaran eksternal, seperti pada penggunaan kompor minyak tanah.

Beberapa penelitian tentang pembuatan biodiesel sudah banyak dilakukan. Ariani dkk. (2017) melakukan pembuatan biodiesel dari biji kemiri sunan yang dicampur dengan solar. Hasil dari penelitian disimpulkan bahwa penggunaan campuran bahan bakar biodiesel dari biji kemiri sunan dengan solar mengalami penurunan daya. Konsumsi bahan bakar spesifik mengalami kenaikan, sedangkan efisiensi thermal mengalami penurunan seiring bertambahnya campuran. Cappenberg (2017) melakukan pengujian bahan bakar solar, biosolar dan pertamina dex terhadap prestasi motor diesel silinder tunggal. Hasil penelitiannya adalah biosolar dan pertamina dex memiliki torsi dan daya yang tinggi.

Indonesia adalah Negara pertama yang berhasil mengimplementasikan B20 dengan bahan baku utama bersumber dari kelapa sawit. Program biodiesel 20%

(B20) di Indonesia berjalan dengan baik sehingga pemerintah melaksanakan program mandatori B30. Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati Sebagai Bahan Bakar Lain, mandatori B30 akan berlaku pada Januari 2020. Penerapan B30 juga diharapkan dapat semakin mengurangi laju impor BBM sehingga meningkatkan devisa negara.

Berdasarkan uraian di atas, masih dijumpai kekurangan mutu pada penggunaan biodiesel. Semakin banyaknya kadar biodiesel yang ditambahkan, maka semakin menurun kualitas bahan bakar itu sendiri. Penelitian ini akan meneliti unjuk kerja mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel yang dicampur biosolar produk Pertamina dengan komposisi B0 (biosolar 100%), B10 (biodiesel 10% dan biosolar 90%), B20 (biodiesel 20% dan biosolar 80%), dan B30 (biodiesel 30% dan biosolar 70%). Hasil yang didapat dari uji unjuk kerja mesin diesel dianalisis seperti torsi, daya, efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar. Dari hasil analisa, dapat diketahui variasi campuran biodiesel biji kemiri dengan biosolar produk Pertamina yang paling baik untuk mesin diesel.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh persentase biodiesel B0, B10, B20 dan B30 terhadap unjuk kerja mesin diesel ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh persentase biodiesel B0, B10, B20 dan B30 terhadap unjuk kerja mesin diesel.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dengan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menambah pengetahuan tentang proses pembuatan biodiesel dengan karakteristik yang sesuai untuk digunakan sebagai bahan bakar di lingkup industri maupun dalam kehidupan sehari – hari.
- b. Memanfaatkan biji kemiri sebagai bahan baku alternatif yang ramah lingkungan serta dapat diperbarui dalam pembuatan biodiesel.
- c. Menambah wawasan tentang parameter-parameter yang mempengaruhi unjuk kerja mesin diesel.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan, maka batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi suhu dan kelembapan lingkungan dianggap tetap.
- b. Jenis biji kemiri seragam.
- c. Biosolar digunakan sebagai campuran biodiesel.
- d. Pengujian menggunakan mesin diesel Matsumoto MDX-170 F.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Biodiesel pertama kali diperkenalkan di Afrika selatan sebelum perang dunia II sebagai bahan bakar kendaraan berat. Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel/solar. Bahan bakar ini ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan dengan diesel/solar yaitu bebas sulfur. Biodiesel memiliki bilangan asap yang rendah, *cetane number* yang lebih tinggi sehingga pembakaran lebih sempurna (*clear burning*). Bahan bakar biodiesel dapat terurai (*biodegradable*) sehingga tidak menghasilkan racun (*non toxic*). Biodiesel mempunyai titik nyala yang lebih tinggi dari pada petroleum diesel sehingga lebih aman dalam penggunaannya. Biodiesel bisa digunakan dalam bentuk campuran dengan solar pada berbagai konsentrasi mulai dari 5%. Biodiesel merupakan sumber daya yang dapat diperbaharui karena pada umumnya dapat diekstrak dari berbagai produk hasil pertanian dan perkebunan (Agung dkk, 2015).

Biodiesel pada umumnya diproses melalui dua tahap, yaitu tahap ekstraksi minyak dari bahan baku dan tahap transesterifikasi minyak menjadi biodiesel. Ekstraksi minyak nabati pada umumnya dilakukan secara mekanik menggunakan expeller atau hydraulic press yang kemudian diikuti oleh ekstraksi dengan n-heksana. Transesterifikasi minyak nabati menjadi biodiesel umumnya dilakukan melalui proses transformasi kimia dengan menggunakan pereaksi metanol atau etanol dan katalisator asam atau basa. Katalis yang digunakan pada reaksi esterifikasi adalah katalis asam (HCl, H₂SO₄, dll), sedangkan pada reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa (NaOH, KOH, H₃PO₄, dll). Reaksi transesterifikasi dapat langsung dilakukan apabila kandungan ALB dari bahan <3% atau 5%. Sponifikasi akan terjadi apabila kandungan ALB dari bahan terlalu tinggi, sehingga dapat mempengaruhi pemurnian biodiesel (Haryanto, dkk., 2015).

2.1.1 Ketersediaan Bahan Baku Biodiesel

Biodiesel dapat diperoleh dari minyak lemak nabati yang terkandung dalam tanaman tertentu. Indonesia memiliki berbagai jenis bahan baku biodiesel yang berpotensi untuk dijadikan biodiesel bahan bakar minyak yang dapat diperbaharui seperti tumbuhan dan hewan. Potensi tanaman yang dapat menghasilkan minyak lemak nabati di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tumbuhan penghasil minyak lemak di Indonesia (Kuncahyo, dkk., 2013).

| No. | Nama Lokal | Sumber | Kadar %b-kr | P/NP |
|-----|------------------|---------------------|---------------|------|
| 1. | Kelapa | Daging Buah | 60-70 | P |
| 2. | Kusambi | Daging Biji | 55-70 | NP |
| 3. | Jarak Pagar | Inti biji (kernel) | 40-60 | NP |
| 4. | Sawit | Sabut + Daging buah | 40-70 + 45-54 | P |
| 5. | Jarak Kaliki | Biji (seed) | 45-50 | NP |
| 6. | Kacang Suuk | Biji | 35-55 | P |
| 7. | Kapuk / Randu | Biji | 24-50 | NP |
| 8. | Karet | Biji | 40 -50 | NP |
| 9. | Kecipir | Biji | 15-20 | P |
| 10. | Kelor | Biji | 30-49 | P |
| 11. | Kemiri | Inti Biji (kernel) | 57-69 | NP |
| 12. | Nimba | Daging Biji | 40-50 | NP |
| 13. | Saga Utan | Inti Biji (kernel) | 14-28 | P |
| 14. | Akar Kepayang | Biji | 65 | P |
| 15. | Alpukat | Daging Buah | 40-80 | P |
| 16. | Cokelat | Biji | 54-58 | P |
| 17. | Ketiau | Inti Biji | 50-57 | P |
| 18. | Malapari | Biji | 27-39 | NP |
| 19. | Nyamplung | Inti Biji | 40-73 | NP |
| 20. | Randu Alas/Agung | Biji | 18-26 | NP |
| 21. | Wijen | Biji | 45-55 | P |
| 22. | Bidaro | Inti Biji | 49-61 | NP |
| 23. | Bintaro | Biji | 43-64 | NP |
| 24. | Cerakin/Kroton | Inti Biji | 50-60 | NP |
| 25. | Labu Merah | Biji | 35-38 | P |
| 26. | Mayang Batu | Inti Biji | 45-55 | P |
| 27. | Nagasari (gede) | Biji | 35-50 | NP |
| 28. | Pepaya | Biji | 20-25 | P |
| 29. | Pulasan | Inti Biji | 62-72 | P |
| 30. | Rambutan | Inti Biji | 37-43 | P |
| 31. | Sirsak | Inti Biji | 20-30 | NP |
| 32. | Srikaya | Biji | 15-20 | NP |
| 33. | Kopi arab (okra) | Biji | 16-33 | NP |
| 34. | Kayu Manis | Biji | 30 | P |

* P = Pangan

** NP = Non Pangan

2.1.2 Karakteristik biodiesel

Biodiesel yang sudah terbentuk harus memiliki standar mutu agar dapat diaplikasikan kedalam mesin diesel. Menurut (Havendri, 2008), karakteristik bahan bakar biodiesel yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

1. Berat jenis

Berat jenis (kerapatan), merupakan perbandingan antara massa bahan bakar per satuan volume. Faktor tersebut dapat diperoleh dengan membandingkan berat minyak biodiesel dan berat air dalam volume yang sama. Penggunaan spesifik gravity adalah untuk mengukur berat/massa minyak bila volumenya sudah diketahui. Bahan bakar minyak pada umumnya mempunyai spesifik gravity antara 0,74 - 0,94. Dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan daripada air. Massa jenis dari biodiesel juga dapat diukur dengan menggunakan piknometer (Haryanto, dkk., 2015).

2. Viskositas

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi, dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir pada jarak tertentu. Makin tinggi viskositas, minyak semakin kental dan lebih sulit untuk dialirkan, begitupun sebaliknya. Syarat mutu untuk viskositas biodiesel adalah 2.3-6 mm²/s. Viskositas biodiesel yang dihasilkan melebihi batas standar sehingga perlu diproses lagi untuk menurunkannya.

Viskositas dapat berpengaruh terhadap ruang bakar, kerugian gesekan di dalam pipa, kerja pompa yang berat, dan kesulitan dalam penyaringan. Apabila viskositas bahan terlalu besar dapat menyebabkan bahan bakar sulit dikabutkan akibat kotoran yang ikut terendap dalam ruang bakar. Apabila viskositas bahan terlalu rendah, nozzle pada ruang bakar akan rusak akibat bahan bakar yang dikabutkan terlalu halus dan penetrasi ke ruang bakar rendah. Cara pengukuran besarnya viskositas adalah bergantung pada alat visikometer yang digunakan. Hasil yang didapat dari pengukuran harus dibubuhkan nama visikometer yang digunakan serta temperatur minyak pada saat pengukuran. Untuk mengukur viskositas, bisa digunakan *falling ball viscometer*, *ostwald viscometer*, dll.

3. Nilai kalor

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas atau kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran. Nilai kalor untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada *bomb calorimeter* dengan satuan gram/kalori (BSN, 2015).

4. Titik nyala

Titik nyala (*flash point*) adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalan api sesaat, apabila pada permukaan minyak didekatkan pada nyala api. Jika *flash point* tinggi, maka bahan bakar lebih sulit untuk menguap dan bercampur dengan udara bebas untuk membentuk campuran yang dapat terbakar. Titik nyala juga diperlukan untuk keperluan keamanan dalam penggunaan minyak terhadap bahaya kebakaran (Siswani, 2012). Standar minimal titik nyala biodiesel adalah 100 °C.

Karakteristik mutu bahan bakar biodiesel berdasarkan standar pengujian SNI 7182:2015 dapat dilihat pada tabel 2.2. berikut.

Tabel 2.2 Standar mutu biodiesel (SNI 7182:2015)

| Parameter Uji | Satuan, min/maks | Persyaratan | Metode Uji |
|------------------------|--------------------------|-------------|-------------|
| Densitas / massa jenis | kg/m ³ (15°C) | 850 – 890 | ASTM D 1298 |
| Viskositas | cSt (40°C) | 2,3 – 6,0 | ASTM D 445 |
| Nilai Kalor | Cal/g | - | - |
| <i>Flash point</i> | °C | Min. 100 | ASTM D 3588 |

Sumber : (Fitria Nurhayati, 2019)

2.1.3 Pembuatan Biodiesel

Biodiesel dapat dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak atau lemak. Proses transesterifikasi pada prinsipnya dilakukan dengan maksud mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alcohol ester (*Fatty Acid Methyl Ester/ FAME*). Proses pembuatan biodiesel secara komersial meliputi ekstraksi minyak mentah, *degumming*, esterifikasi, transesterifikasi, dan pencucian.

a. Ekstraksi Minyak Mentah

Langkah pertama pembuatan biodiesel adalah dengan mendapatkan minyak mentah (*Crude Oil*). Ekstraksi minyak biasanya dilakukan dengan cara konvensional yaitu dengan ekstraksi mekanis, dengan mengepress bahan baku untuk didapatkan minyaknya.

b. *Degumming*

Degumming merupakan proses untuk memisahkan minyak dari getah yang mengandung fosfatida, protein, karbohidrat, dan residu. Proses ini juga bertujuan untuk memisahkan air dan sisa kotoran organik lain yang tidak diperlukan dalam proses pembuatan biodiesel. Proses *degumming* dilakukan dengan memanaskan *crude oil* dan penambahan asam fosfat. Untuk mempercepat proses *degumming* diaduk, kemudian didiamkan agar kotoran mengendap.

c. Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi bertujuan untuk menghilangkan asam lemak bebas (FFA) pada minyak dengan cara mengonversi asam lemak bebas menjadi metil ester dengan katalis asam sehingga kadar FFA menjadi turun. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Turunnya kadar FFA diharapkan menekan terjadinya reaksi saponifikasi. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat, dan karena ini, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industri (Soerawidjaja, 2006).

d. Transesterifikasi

Proses transesterifikasi adalah proses dimana alkohol akan menggantikan gugus alkohol pada struktur ester minyak dengan bantuan katalis (biasanya NaOH atau KOH). Proses transesterifikasi ini bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak agar mendekati nilai viskositas solar biasa. Proses ini dilakukan untuk memudahkan proses atomisasi atau pengkabutan yang akan menjamin kesempurnaan pembakaran di mesin diesel (Kong, 2010).

e. Pemurnian

Setelah dilakukan pengendapan dan pemisahan antara gliserol dan biodiesel dengan transesterifikasi, proses terakhir yang perlu dilakukan adalah pemurnian. Proses pemurnian bertujuan untuk menghilangkan solven maupun sisa dari bahan pada saat tahap sebelumnya yang tidak dibutuhkan dalam kandungan biodiesel. Proses pemurnian dilakukan dengan memanaskan biodiesel pada suhu 100 °C.

2.2 Biosolar

Biosolar merupakan jenis bahan bakar yang cukup baik sebagai pengganti solar. Biosolar merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui karena berasal dari minyak nabati dan hewan. Secara kimia, biosolar dihasilkan dari pencampuran monoalkyl ester, yang merupakan rantai panjang asam lemak. Transesterifikasi lipid digunakan untuk mengubah minyak dasar menjadi ester yang diinginkan dan membuang asam lemak bebas yang tidak digunakan. Biosolar memiliki torsi dan daya yang tinggi dibandingkan dengan solar (Cappenberg, 2017). Selain dapat digunakan langsung, biosolar dapat dicampur dengan solar atau minyak diesel lainnya dengan tujuan untuk mengubah karakteristiknya agar sesuai dengan kebutuhan. Spesifikasi biosolar berdasarkan standar pengujian SNI dapat dilihat pada tabel 2.3. berikut.

Tabel 2.3 Standar mutu biosolar

| Parameter Uji | Satuan, min/maks | Persyaratan | Metode Uji |
|------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|
| Densitas / massa jenis | kg/m ³ (15°C) | 815 – 860 | ASTM D 1298 |
| Viskositas | mm ² /sec (40°C) | 2,0 – 4,5 | ASTM D 445 |
| Nilai Kalor | Cal/g | - | - |
| Flash point | °C | Min. 52 | ASTM D 93 |

Sumber : Pertamina

2.3 Biji Kemiri

Kemiri (*Aleurites moluccana*) dikenal dengan nama lain *candle nut*, merupakan salah satu tanaman industri dari famili *Euphorbiceae*. Setiap buah kemiri terdiri dari 2 hingga 3 biji kemiri yang berkisar berukuran 25 – 30 mm seperti yang terdapat pada gambar 2.1. Kemiri jenis ini merupakan jenis asli

Indo-Malaysia dan sudah diintroduksi ke Kepulauan Pasifik sejak jaman dahulu. Di Indonesia kemiri telah lama ditanam, baik untuk tujuan komersial maupun subsisten untuk menunjang kehidupan masyarakat sehari-hari, terutama bagi masyarakat Indonesia bagian timur. Kemiri jenis ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan; bijinya dapat digunakan sebagai bahan media penerangan, masakan dan obat-obatan, sedangkan batangnya dapat digunakan untuk kayu (Krisnawati dkk, 2011).



Gambar 2.1 Biji Kemiri
(sumber : dokumen pribadi)

Minyak kemiri adalah bahan organik minyak yang berasal dari biji kemiri. Tanaman kemiri memiliki kandungan minyak yang relatif besar yaitu 55-65% berat. Minyak kemiri mempunyai sifat mudah menguap dibandingkan dengan minyak lain. Minyak kemiri juga sering dimanfaatkan dalam industri *shampoo* dan minyak rambut (Fadhli, 2017).

Menurut Tarigan (2006), kemiri terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- a. Kulit luar (*outer bulk skin*) yang merupakan bagian paling luar (berwarna hijau atau coklat tua waktu panen).
- b. Kulit biji kemiri berwarna coklat kehitaman.
- c. Bagian yang paling dalam merupakan biji kemiri yang berwarna kuning pucat.

Biodiesel dari biji kemiri merupakan salah satu bahan bakar yang berasal dari minyak nabati yang berfungsi untuk menggantikan bahan bakar diesel sebagai sumber energi transportasi utama dunia. Minyak dari biji kemiri dapat

menggantikan peranan dan fungsi solar, sebagai bahan bakar pengganti minyak diesel. Adapun biodiesel yang dibuat dari minyak biji kemiri mempunyai karakteristik seperti pada tabel 2.4 dibawah ini:

Tabel 2.4 Karakteristik biodiesel biji kemiri

| No | Parameter | Nilai |
|----|---|----------|
| 1 | Massa jenis pada 15 °C (kg/m ³) | 881 |
| 2 | Viskositas pada 40°C (mm ² /sec) | 5,824 |
| 3 | Nilai kalor (kal/g) | 9324,853 |
| 4 | Titik nyala (°C) | 167 |

Sumber : Rosafira, 2019

2.4 Unjuk Kerja Mesin Diesel

Motor diesel disebut juga dengan motor bakar atau mesin pembakaran dalam karena perubahan tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanik dilaksanakan didalam mesin itu sendiri. Didalam motor diesel terdapat torak yang mempergunakan beberapa silinder yang didalamnya terdapat torak yang bergerak bolak-balik (translasi). Didalam silinder itu terjadi pembakaran antara bahan bakar solar dengan oksigen yang berasal dari udara.

2.4.1 Nilai Kalor Bahan Bakar

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna. Berdasarkan asumsi ikut tidaknya panas laten pengembunan uap air dihitung sebagai bagian dari nilai kalor suatu bahan bakar. Nilai kalor bahan bakar dibedakan menjadi dua yaitu nilai kalor atas dan nilai kalor bawah.

Nilai kalor atas (*High Heating Value*) adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna satu satuan berat bahan bakar padat atau cair, atau satu satuan volume bahan bakar gas pada tekanan tetap. Apabila semula air berwujud cair setelah pembakaran mengembun kemudian menjadi cair kembali (Farel, 2006). Besarnya nilai kalor atas dapat dihitung bila diketahui komposisi bahan bakarnya dengan menggunakan persamaan 2.1 dibawah ini :

$$\text{HHV} = 33950 + 144200\left(H_2 - \frac{O_2}{8}\right) + 9400S \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

HHV = Nilai kalor atas (kJ/kg)

H_2 = Persentase hidrogen dalam bahan bakar

O_2 = Persentase oksigen dalam bahan bakar

S = Persentase sulfur dalam bahan bakar

Nilai kalor bawah (*Low Heating Value*), adalah kalor yang besarnya sama dengan nilai kalor atas dikurangi dengan kalor yang diperlukan air yang terkandung dalam bahan bakar dan air yang terbentuk dari pembakaran bahan bakar (Farel, 2006). Besarnya nilai kalor bawah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2 dibawah ini :

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 2400(M + 9H_2) \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

LHV = Nilai Kalor Bawah (kJ/kg)

M = Persentase kandungan air dalam bahan bakar (*moisture*)

2.4.2 Daya Efektif

Daya adalah suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan seberapa besar kerja yang dapat dilakukan dalam suatu periode waktu tertentu (Kristanto, 2015). Pada motor bakar umumnya dikenal ada dua jenis yaitu daya poros dan daya indikator. Daya tersebut dipengaruhi oleh putaran mesin dan torsi yang dihasilkan mesin. Namun yang digunakan dalam praktek di lapangan adalah daya poros (Farida Ariani, dkk., 2017). Daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3 dibawah ini :

$$N_e = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

N_e = Daya efektif mesin (W)

$\sqrt{3}$ = Konstanta generator 3 fasa

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

Cos ϕ = Faktor daya listrik (1)

2.4.3 Torsi

Torsi merupakan parameter indikator yang cukup baik untuk mengetahui kemampuan mesin dalam melakukan suatu usaha. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak tertentu dan memiliki satuan Nm atau lbf-ft.

Besarnya torsi suatu mesin dapat diperoleh dari hasil pengujian dengan menggunakan alat *dynamometer test* (Farida Ariani, dkk., 2017). Besar torsi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.4 dibawah ini :

$$T = \frac{Ne}{\omega} (Nm) \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

Ne = Daya efektif (Watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan sudut putar (rad/s)

Dan ω dapat ditentukan dengan persamaan 2.5 berikut :

$$\omega = \frac{n}{60} (rad / s) \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

n = Putaran mesin (rpm)

2.4.4 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar merupakan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi per satuan unit daya yang dihasilkan per jam operasi. Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi mesin dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar (Farida Ariani, dkk., 2017). Besarnya konsumsi bahan bakar spesifik dapat dihitung dengan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$SFC = \frac{m_f \times 10^3}{Ne} \text{ (kg / kWh)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWh)
- m_f = Laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)
- Ne = Daya efektif (Watt)

Sedangkan untuk besar Laju aliran massa bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$m_f = \frac{v_f \times sg_f \times 3600}{t_f} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

- m_f = Laju aliran massa bahan bakar (g/jam)
- sg_f = Specific gravity (g/cm³)
- v_f = volume bahan bakar yang diuji (m³)
- t_f = waktu untuk menghabiskan bahan bakar (s)

2.4.5 Efisiensi Thermal

Efisiensi termal adalah rasio antara energi keluaran dengan energi kimia yang masuk yang dikandung bahan bakar dalam bentuk bahan bakar yang dihisap ke dalam ruang bakar. Efisiensi termal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8 berikut :

$$\eta_t = \frac{Ne \times 3600}{m_f \times LHV} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

- Ne = Daya efektif (Watt)
- η_t = Efisiensi Thermal
- LHV = Nilai kalor bawah bahan bakar (kJ/kg)
- m_f = Laju aliran massa bahan bakar (g/jam)

2.4.6 Opasitas

Opasitas atau kepekatan asap merupakan karbon yang terbentuk semasa pembakaran bahan bakar didalam mesin diesel. Kepekatan asap terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor yaitu kekurangan udara, beberapa kerusakan mekanik seperti kerusakan atau macetnya injektor. Engine overload, atau kelebihan bahan bakar pada mesin karena pengabutan yang buruk dan penggunaan bahan bakar dengan kualitas yang rendah dapat menyebabkan terjadinya kepekatan asap (Winerta, 2011).

Asap hitam membahayakan tidak hanya mengeruhkan udara sehingga mengganggu pandangan membuat mata teriritasi dan dapat menyebabkan sesak napas. Untuk jangka yang lebih lama asap hitam dapat menyebabkan kanker paru-paru. Kepekatan asap adalah kemampuan asap untuk meredam cahaya, apabila cahaya tidak bisa menembus asap maka kepekatan asap tersebut dinyatakan 100%. Apabila cahaya bisa melewati asap tanpa ada pengurangan-pengurangan intensitas cahaya maka kepekatan asap tersebut dinyatakan sebagai 0% (Sukoco, 2008).

2.5 Penelitian Sebelumnya

Saifulloh dan Sudarmanta. (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan *chamshaft bosch pump* terhadap unjuk kerja mesin diesel. Pengujiannya menggunakan bahan bakar minyak kemiri sunan (B100) dengan sistem injeksi bertingkat. Hasil penelitiannya adalah unjuk kerja terbaik di dapatkan dengan menggunakan sistem injeksi bertingkat 75% - 25%. Daya yang dihasilkan adalah 6,71% dan 34,2% terhadap standar 1, sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik mengalami penurunan rata-rata 16,7%.

Jakfar dan sudarmanta. (2014) melakukan pembuatan dan pengujian biodiesel biji nyamplung pada mesin diesel dengan variasi komposisi campuran biodiesel dan biosolar dari B0, B20, B40, B60, dan B100. Hasil yang didapatkan dari penelitian adalah dengan menggunakan variasi komposisi campuran dari B0 sampai dengan B100 yaitu daya, torsi dan bmep mengalami penurunan daya 0,21%. Konsumsi bahan bakar spesifik mengalami peningkatan seiring

bertambahnya variasi komposisi campuran. Efisiensi thermal mengalami penurunan pada pembebanan 1200 watt sampai dengan 2000 watt.

Cappenberg (2017) melakukan pengujian bahan bakar solar, biosolar dan Pertamina Dex terhadap prestasi motor diesel silinder tunggal. Hasil penelitiannya adalah biosolar dan Pertamina Dex memiliki torsi dan daya yang tinggi.

Stephan dkk. (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh katalik konverter terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang mesin diesel. Pengujian menggunakan bahan bakar campuran biodiesel biji kemiri sunan dan solar dengan variasi B0, B5, B10, B15, dan B20. Hasil dari penelitiannya adalah semakin besar persentase biodiesel menyebabkan penurunan daya, dan efisiensi thermal. Konsumsi bahan bakar spesifik mengalami kenaikan, sedangkan kadar HC dan CO mengalami penurunan saat menggunakan katalik konverter.

Farida Ariani dkk, (2017) melakukan pembuatan biodiesel dari biji kemiri sunan yang dicampur dengan solar. Hasil dari penelitian disimpulkan bahwa penggunaan campuran bahan bakar biodiesel dari biji kemiri sunan dengan solar mengalami penurunan daya, dan efisiensi thermal. Konsumsi bahan bakar spesifik mengalami kenaikan seiring bertambahnya campuran. Data pengujian menunjukkan besarnya daya maksimum 3,01 kW, dan efisiensi thermal maksimum 37,61%. Konsumsi bahan bakar spesifik 228,58 gr/kWh saat mesin menggunakan bahan bakar solar.

2.6 Hipotesis

Mengacu pada pustaka diatas hipotesis yang akan disampaikan dalam penelitian ini adalah penambahan biodiesel biji kemiri pada campuran biosolar, akan menurunkan emisi gas buang mesin diesel. Konsumsi bahan bakar spesifik mengalami kenaikan dan penurunan efisiensi thermal seiring bertambahnya campuran. Torsi dan daya akan mengalami kenaikan karena titik nyala yang lebih tinggi daripada titik nyala minimum pada biosolar produk Pertamina.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode experimental. Metode ini digunakan untuk menguji unjuk kerja mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel yang dicampur biosolar dengan komposisi B0 (100% biosolar), B10 (90% biosolar dan 10% biodiesel), B20 (80% biosolar dan 20% biodiesel), dan B30 (70% biosolar dan 30% biodiesel). Biosolar yang digunakan pada penelitian ini merupakan biosolar produk Pertamina, sedangkan biodiesel pada penelitian ini adalah biodiesel yang berasal dari biji kemiri. Penelitian ini akan meneliti unjuk kerja mesin diesel yang meliputi torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi thermal, dan opasitas gas buang dari masing-masing komposisi.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

- a. Pembuatan bahan
Proses pembuatan biodiesel biji kemiri dilakukan di Laboratorium Konversi Energi 1 Universitas Jember, Jalan Slamet Riyadi No. 36 Patrang Jember.
- b. Pengujian karakteristik biodiesel
Pengujian karakteristik biodiesel dilakukan di Laboratorium PT. Pertamina, Jalan Perak Barat No. 277 Surabaya.
- c. Pengujian Nilai Kalor
Pengujian nilai kalor biodiesel dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia ITS, Keputih – Sukolilo, Surabaya.
- d. Pengujian unjuk kerja mesin diesel
Pengujian unjuk kerja mesin diesel dilakukan di Laboratorium Konversi Energi 1 Universitas Jember, Jalan Slamet Riyadi No. 36 Patrang Jember.
- e. Pengujian Opasitas Gas Buang
Pengujian opasitas gas buang dilakukan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Surabaya.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian pembuatan bahan dan alat serta pengujian unjuk kerja mesin diesel dilakukan selama lima bulan yaitu dari bulan September 2019 hingga Januari 2020 seperti yang terdapat pada tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1. *Time line* penelitian

| NO | Kegiatan | Waktu | | | | |
|----|---------------------|-----------|---------|----------|----------|---------|
| | | September | Oktober | November | Desember | Januari |
| 1. | Studi Literatur | | | | | |
| 2. | Pembuatan Biodiesel | | | | | |
| 3. | Pengujian | | | | | |

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Pembuatan Biodiesel.

a. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Mesin press hidrolik jack 20 ton
- 2) *Magnetic Stirrer Max Blend 5 lt*

Mesin press hidrolik berfungsi untuk ekstraksi minyak mentah dari biji kemiri. Mesin press hidrolik dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Mesin Press Hidrolik

Magnetic Stirrer adalah alat pengaduk otomatis yang digunakan pada saat proses transesterifikasi agar zat – zat atau cairan dapat tercampur secara sempurna. *Magnetic Stirrer* dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 *Magnetic Stirrer*

- 3) Panci
- 4) Gelas ukur
- 5) Sarung tangan latex
- 6) Oven
- 7) *Heater*
- 8) Pipet *filler*
- 9) *Thermometer*
- 10) *Stopwatch*
- 11) Gelas beker
- 12) Neraca digital
- 13) *Thermostat*
- 14) Kompor gas

b. Bahan

Adapun bahan penelitian yang digunakan adalah :

1) Biji Kemiri

Biji kemiri dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Biji kemiri

2) Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium Hidroksida digunakan sebagai katalis untuk mempercepat proses reaksi pada saat proses transesterifikasi. Kalium hidroksida dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut :



Gambar 3.4 Kalium Hidroksida

3) Methanol

Methanol digunakan sebagai campuran katalis pada saat proses transesterifikasi. Methanol dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut :



Gambar 3.5 Methanol

4) Cuka (CH_3COOH)

5) Air

3.3.2 Mesin Pengujian unjuk Kerja/Mesin Diesel

a. Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1) *Bomb Calorimeter*

Bomb Calorimeter digunakan untuk nguji nilai kalor bahan bakar. *Bomb Calorimeter* dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut :

Gambar 3.6 *Bomb Calorimeter*

2) Mesin diesel Matsumoto MDX-170 F

Mesin diesel yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin diesel Matsumoto MDX-170 F seperti pada gambar 3.7 yang dihubungkan dengan generator menggunakan transmisi sabuk. Spesifikasi mesin diesel ini dapat dilihat pada tabel 3.2.



Gambar 3.7 Mesin diesel Matsumoto MDX-170 F

Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin

| | |
|----------------------------------|--|
| Model | MDX-170 F |
| Model Mesin | OHV 4-Stroke, Silinder Tunggal Dengan Pendingin Udara Diesel Engine |
| Bore x Stroke (mm) | 70 x 55 |
| Silinder (cc) | 211 |
| Nilai Ouput (kW) | 2,8 |
| Max. Ouput | 3,1 |
| Nilai Output (rpm) | 3600 |
| Kapasitas Tangki Bahan bakar (L) | 2,5 |
| Kapasitas Oli (L) | 0,8 |
| Sistem Memulai | Manual & Electric Start |
| Berat (Kg) | 27 |
| Dimensi (mm) | 450 360 x 450 |

3) Generator Daiho STD-24

Generator yang digunakan pada penelitian ini adalah generator Daiho STD-24 seperti pada gambar 3.8. Spesifikasi generator ini dapat dilihat pada tabel 3.3.



Gambar 3.8 Generator

Tabel 3.3 Spesifikasi Generator

| | |
|--------------|--------------|
| Model | Daiho STD-24 |
| Max. Ouput | 24 KW |
| RPM | 1500 r/min |
| Connection | 3 Phase |
| Voltage | 230 V |
| Frekuensi | 50 Hz |
| Cos θ | 0,1 |

- 4) Voltmeter
- 5) Amperemeter
- 6) Tachometer digital
- 7) *Stopwatch*

b. Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Biodisel biji kemiri (aleurites moluccana)
- Biosolar produk pertamina

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel awal yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. B0 (Biosolar 100%)
- b. B10 (biodiesel 10% biosolar 90%)
- c. B20 (biodiesel 20% biosolar 80%)
- d. B30 (biodiesel 30% biosolar 70%)

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya bergantung pada variabel bebasnya. Dalam penelitian ini mempunyai variabel terikat berupa Arus listrik (I), Tegangan listrik (V) dan Waktu konsumsi bahan bakar (tf).

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil dari penelitian. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah putaran rpm mesin dari sebelum putaran maksimum sampai putaran setelah maksimum yaitu 1600 sampai dengan 2400 rpm dengan interval setiap 200 rpm dan beban konstan sebesar 500 watt.

3.5 Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini meliputi:

- a. Data primer, merupakan data yang diperoleh secara langsung dari pengukuran dan pembacaan pada unit instrumentasi dan alat ukur yang terpasang pada mesin diesel.
- b. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh dari pengolahan dan perhitungan hasil pengujian unjuk kerja mesin diesel.

3.6. Tahap Pembuatan Biodiesel Biji Kemiri

Pembuatan biodiesel dari minyak kemiri adalah sebagai berikut:

- a. Memanaskan biji kemiri pada suhu 50 °C selama 40 menit menggunakan oven.
- b. Mengepres biji kemiri hingga mengeluarkan minyak (*crude oil*) menggunakan hidrolis press.
- c. Memanaskan air pada suhu 60 °C – 70 °C menggunakan *heater*.
- d. Menambahkan *thermostat* pada *heater* agar suhu air tidak terus bertambah panas.
- e. Memanaskan minyak kemiri sebanyak 150 ml pada gelas beaker sampai suhu 60 °C yang dimasukkan dalam air yang dipanaskan sebelumnya.
- f. Menyiapkan KOH 2,25 gr dan methanol 50 ml yang dicampur dan menjadi larutan homogeny.
- g. menambahkan larutan KOH dan methanol kedalam minyak yang sedang dipanaskan dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sampai 60 menit.
- h. Mendinginkan larutan minyak pada gelas plastik selama 24 jam hingga terpisah gliserol dengan metil ester (biodiesel).

- i. Memisahkan endapan gliserol dengan biodiesel.
- j. Mengukur dan mencatat berat masing gliserol dan biodiesel.
- k. Memasak air dengan asam cuka / asam asetat 25 % (CH_3COOH) pada panci menggunakan kompor gas dengan perbandingan 1000 : 5 (1000 ml air : 5 ml asam cuka) hingga suhu 100 °C.
- l. Mencampurkan biodiesel dengan larutan cuka ke dalam botol plastik dengan perbandingan 1:2 (50 ml biodiesel dan 100 ml larutan cuka).
- m. Mendinginkan selama 24 jam sehingga terpisah biodiesel dengan larutan cuka.
- n. Memisahkan larutan cuka dengan biodiesel menggunakan pipet filler.
- o. Memanaskan biodiesel dengan suhu 100 °C menggunakan panci dan kompor gas tanpa campuran apapun.
- p. Mendinginkan dan mencatat hasil biodiesel dan siap digunakan.

3.7. Tahap Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel

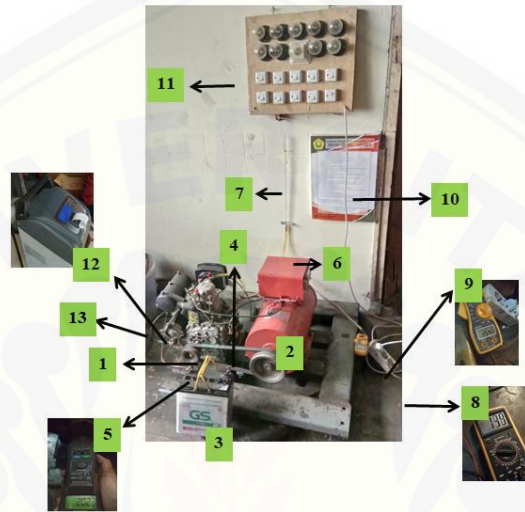
Prosedur pengujian performansi motor dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Mesin diesel sudah terhubung dengan generator menggunakan transmisi sabuk.
- b. Dimasukkan bahan bakar kedalam saluran bahan bakar mesin diesel.
- c. Dinyalakan mesin tanpa beban dengan menekan tombol *electric starter* mesin atau bisa juga memutar poros engkol, kemudian mesin dipanaskan kurang lebih selama 10 menit.
- d. Mengatur pembebanan pada mesin diesel sebesar 500 watt.
- e. Mengatur putaran mesin pada 1600 rpm menggunakan tuas kecepatan dan terus dinaikkan sampai mencapai 2400 rpm dengan interval kenaikan setiap 200 rpm, dan beban dibiarkan konstan sebesar 500 watt setiap kenaikan putaran mesin.
- f. Mencatat data-data yang dibutuhkan dalam setiap kenaikan putaran mesin meliputi: waktu konsumsi bahan bakar setiap 10 ml, tegangan listrik (V), arus listrik (I), dan emisi gas buang dari mesin diesel.
- g. Mengulang pengujian dengan menggunakan variasi campuran bahan bakar yang berbeda (B0, B10, B20, B30).

h. Setelah selesai pengujian matikan beban terlebih dahulu kemudian tunggu ± 5 menit untuk pendinginan mesin.

i. Matikan mesin diesel.

Instalasi alat untuk pengambilan data dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut :



Gambar 3.9 Instalasi pengujian unjuk kerja mesin diesel

Keterangan :

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1) Mesin diesel | 8) Voltmeter |
| 2) Generator | 9) Amperemeter |
| 3) Aki | 10) Kabel <i>output</i> generator |
| 4) Tuas pengatur putaran mesin | 11) Pembebanan lampu |
| 5) <i>Tachometer</i> digital | 12) <i>Smokemeter</i> |
| 6) Saluran masuk bahan bakar | 13) Saluran gas buang mesin |
| 7) Tabung ukur bahan bakar | |

3.8 Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data

3.8.1 Tahap Pengambilan Nilai Karakteristik Bahan Bakar

Pengujian nilai karakteristik bahan bakar biodiesel biji kemiri dilakukan di Laboratorium PT. Pertamina, Surabaya dan Laboratorium Teknik Kimia ITS, Surabaya. Data yang diambil adalah Densitas, Viskositas, *Flash Point* dan nilai kalor bahan bakar dari masing-masing variasi campuran biodiesel biji kemiri dan biosolar produk pertamina seperti yang tertera pada tabel 3.4 sebagai berikut :

3.8.3 Tahap Pengolahan Data

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian unjuk kerja mesin diesel, maka selanjutnya data tersebut diolah menggunakan rumus-rumus yang ada untuk menghasilkan beberapa unjuk kerja mesin diesel seperti Daya (Ne), Torsi (T), Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) dan Efisiensi termal (η_t). Data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik untuk mempermudah dalam melakukan proses analisa data. Adapun nilai daya disajikan dalam tabel 3.10 sebagai berikut :

Tabel 3.10 Nilai Daya

| Bahan | Daya (Watt) pada Putaran Mesin | | | | | Rata-rata |
|-------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 1600 rpm | 1800 rpm | 2000 rpm | 2200 rpm | 2400 rpm | |
| B0 | | | | | | |
| B10 | | | | | | |
| B20 | | | | | | |
| B30 | | | | | | |

Adapun nilai torsi disajikan dalam tabel 3.11 sebagai berikut :

Tabel 3.11 Nilai Torsi

| Bahan | Torsi (Nm) pada Putaran Mesin | | | | | Rata-rata |
|-------|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 1600 rpm | 1800 rpm | 2000 rpm | 2200 rpm | 2400 rpm | |
| B0 | | | | | | |
| B10 | | | | | | |
| B20 | | | | | | |
| B30 | | | | | | |

Adapun nilai konsumsi bahan bakar spesifik disajikan dalam tabel 3.12 sebagai berikut :

Tabel 3.12 Nilai Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

| Bahan Bakar | SFC (kg/kWh) pada Putaran Mesin | | | | | Rata-rata |
|-------------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 1600 rpm | 1800 rpm | 2000 rpm | 2200 rpm | 2400 rpm | |
| B0 | | | | | | |
| B10 | | | | | | |
| B20 | | | | | | |
| B30 | | | | | | |

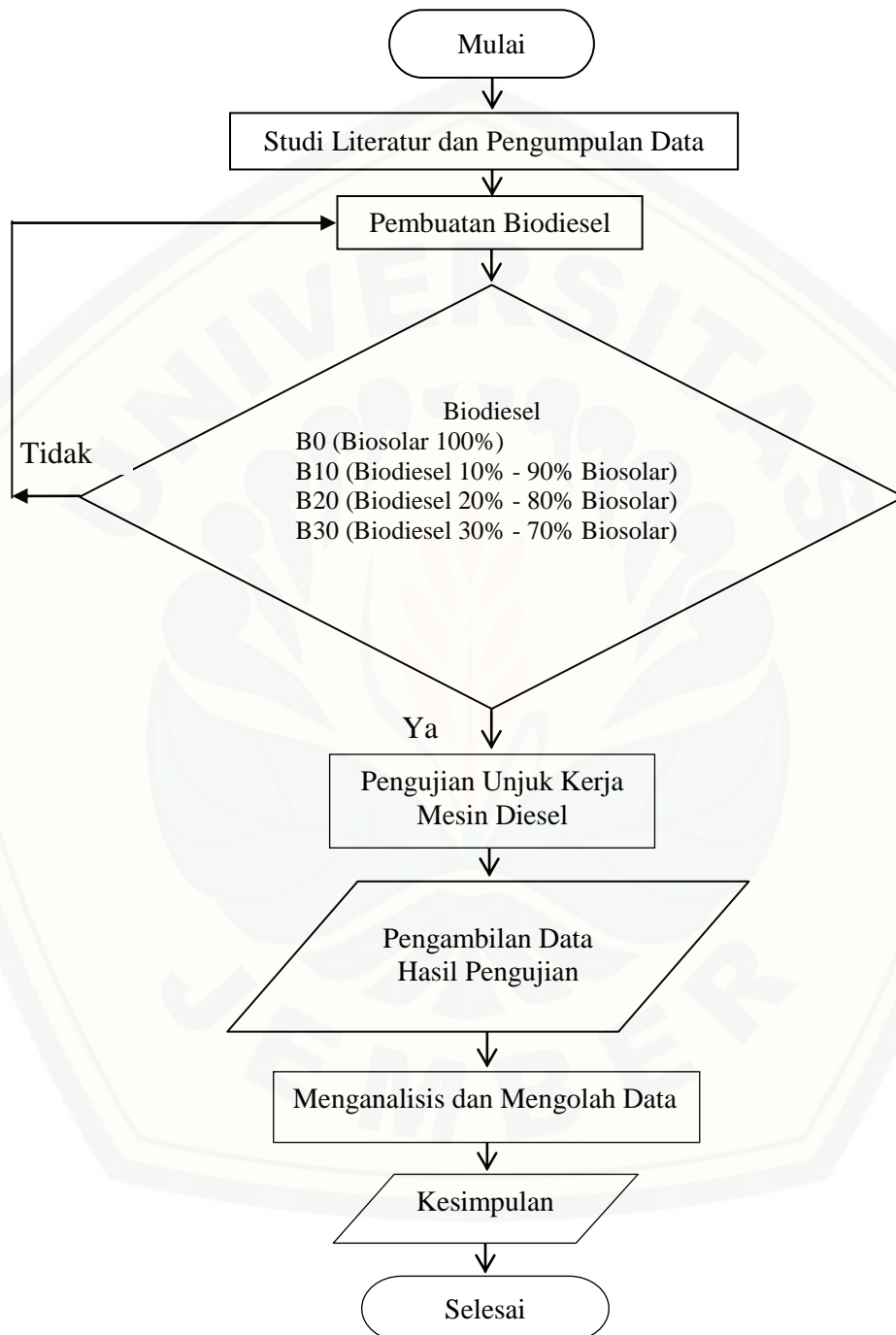
Adapun nilai efisiensi termal disajikan dalam tabel 3.13 sebagai berikut :

Tabel 3.13 Nilai Efisiensi Termal

| Bahan Bakar | Efisiensi Termal pada Putaran Mesin | | | | | Rata-rata |
|-------------|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 1600 rpm | 1800 rpm | 2000 rpm | 2200 rpm | 2400 rpm | |
| B0 | | | | | | |
| B10 | | | | | | |
| B20 | | | | | | |
| B30 | | | | | | |

3.9 Diagram Alir Penelitian

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3.10 sebagai berikut :



Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dipaparkan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Nilai daya efektif rata-rata yang tertinggi dihasilkan pada variasi campuran bahan bakar B10 dengan persentase kenaikan sebesar 0,48% dari biosolar produk Pertamina.
- 2) Nilai torsi rata-rata yang tertinggi dihasilkan pada variasi campuran bahan bakar B10 dengan persentase kenaikan sebesar 0,42% dari biosolar produk Pertamina.
- 3) Nilai konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) rata-rata mengalami peningkatan seiring bertambahnya komposisi bahan bakar biodiesel. Variasi campuran bahan bakar B10, B20 dan B30 meningkat sebesar 4,26%, 10,29%, dan 12,74% dari biosolar produk Pertamina.
- 4) Nilai efisiensi thermal rata-rata mengalami penurunan seiring bertambahnya komposisi bahan bakar biodiesel. Variasi campuran bahan bakar B10, B20, dan B30 menurun sebesar 2,18%, 4,24%, dan 4,75% dari biosolar produk Pertamina.
- 5) Penambahan bahan bakar biodiesel biji kemiri pada bahan bakar biosolar dapat menurunkan opasitas yang dihasilkan. Opasitas terbaik dihasilkan pada campuran bahan bakar B30 yaitu sebesar 4,1% HSU.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

- a. Pada saat proses pembuatan biodiesel sebaiknya lebih hati-hati dalam penggunaan katalis serta pencampurannya untuk mendapatkan karakteristik biodiesel yang lebih baik.

- b. Agar penelitian ini dapat terus dikembangkan maka disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi beban yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA


- Adh-dhuhaa, M.R., dan Muhaji. 2015. Pengaruh Penambahan Biodiesel dari Virgin Coconut Oil pada Bahan Bakar Solar terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel Empat Langkah. *JTM*. 3(3) : 1-6.
- Agung, A., I. Gusti., dan I. Made. 2015. Pengujian Performance Biodiesel Biji Alpukat Ditinjau dari Karakteristik Panjang Penyemprotan dan Ukuran Butiran. *Jurnal Logic*. 15(3) : 164-170.
- Anggraini, S. D. 2018. Rekayasa Produksi Biodiesel dari Minyak Kemiri Sunan sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. *Jati Unik*. 2(1): 1-11.
- Ariani, F., E. Ginting., T. B. Sitorus. 2017. Karakteristik Kinerja Mesin Diesel Stasioner dengan Bahan Bakar Campuran Biodiesel dari Biji Kemiri Sunan. *Media Teknika Jurnal Teknologi*. 12(1) : 36-45.
- Arismunandar., dan Tsuda. 1986. Motor Diesel Putaran Tinggi. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Badan Standar Nasional. 2015. SNI 71882:2015 Biodiesel. <http://sispk.bsn.go.id/>. [Diakses 15 Oktober 2019].
- Bappenas. 2015. *Kajian Pengembangan Bahan Bakar Nabati*. Direktorat Sumber DayaEnergi, Mineral, dan Pertambangan. https://www.bappenas.go.id/files/7414/7546/9950/Kajian_Pengembangan_BBN_2015.pdf [Diakses 12 September 2019]
- BRDST-BPPT. 2006. Pengembangan Biodiesel Sebagai Energi Alternatif.
- Cappenberg, A.D. 2017. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Solar, Biosolar, dan Pertadex Terhadap Prestasi Motor Diesel Silinder Tunggal. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*. 10 : 70-74.
- Fadhli, H., A. Gani., dan T. Fauzi. 2017. Analisis Finansial Agroindustri Pengolahan Minyak Kemiri Di Kecamatan Ulee Kareng Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 2(2) : 96-101.
- Farel, H. N. 2006. Nilai Kalor Bahan Bakar Serabut dan Cangkang Sebagai Bahan Bakar Ketel Uap di Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. 23(1) : 44-48.

- Haryanto, A., U. Silviana, S. Triyono dan S. Prabawa. 2015. Produksi biodiesel dari transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro : pengaruh intensitas daya dan waktu reaksi terhadap rendamen dan karakteristik biodiesel. Universitas Lampung. *AGRITECH*. 35(2) : 234-240.
- Havendri, A. 2008. Kaji eksperimental perbandingan prestasi dan emisi gas buang motor bakar diesel menggunakan bahan bakar campuran solar dengan biodiesel cpo, minyak jarak dan minyak kelapa. *Jurnal Universitas Andalas*. 1(29) : 38-46.
- Jakfar, A., dan B. Sudirman. 2014. Pembuatan dan Pengujian Biodiesel Biji Nyamplung pada Mesin Diesel Multi Injeksi dengan Variasi Komposisi Campuran Biodiesel dan Biosolar, Surabaya. ISBN : 978-602-97491-9-9.
- Kong, T. G. 2010. Peran Biomassa bagi Energi Terbarukan, Pengantar Solusi Pemanasan Global yang Ramah Lingkungan. Jakarta : PT Elex Media Komputinti.
- Krisnawati, H., M. Kallio., dan M. Kanninen. 2011. *Aliurites moluccana (L.) Wild.: Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas*. Bogor : CIFOR.
- Kristanto. 2015. *Motor Bakar Torak (Teori & Aplikasinya)*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kuncahyo, P., A. Z. M. Fathallah, dan Semin. 2013. Analisa prediksi potensi bahan baku biodiesel sebagai suplemen bahan bakar motor diesel di Indonesia. *Jurnal Teknik POMITS*. 2(1) : 62 - 66
- Mahandari, C. P. 2010. Fenomena *Flame Lift Up* pada Pembakaran Premixed Gas Propana. *Disertasi*. Depok : Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia.
- Nurhayati, F. 2019. Karakteristik Pembakaran Difusi Biosolar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Jelantah. *Skripsi*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Pertamina. 2019. Spesifikasi Biosolar. <https://pertamina.com/industrial-fuel/media/2013/biosolar.pdf> [Diakses 15 Oktober 2019]
- Rosafira, J. Z. 2019. Karakteristik Api Difusi Biodiesel Minyak Kemiri. *Skripsi*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Rumoharbo, A.M., M. Hazwi. 2014. Analisa Eksperimental Performansi Mesin Diesel Menggunakan Bahan Campuran Biofuel Vitamine Engine Power Booster. *Jurnal e-Dinamis*. 9(1): 1-10.

- Saifulloh, M. M., B. Sudarmanta. 2013. Karakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diamond Type di 800 Sistem Injeksi Bertingkat Berbahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri Sunan Dengan Perubahan Camshaft Fuel Pump. *Seminar Nasional Pasca Sarjana XI ITS*.
- Siswani, E. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jelantah Pada Berbagai Waktu dan Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. 2 Juni 2012. *Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*: K-103 – K-112.
- Soerawidjaja, T.H. 2006. Minyak Lemak dan Produk-produk Kimia lain dari Kelapa. *Handout Kuliah Proses Industri Kimia*. Bandung : Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung.
- Stephan, A., Tulus, B. S., Dian, M. N., Alfian, H., dan Mahdi. 2018. Analisis Pengaruh Katalik Konverter Terhadap Performansi dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel Stasioner Satu Silinder Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel Biji Kemiri Sunan. *Jurnal e-Dinamis*. 6(1) : 11-19.
- Tamam, Z. 2015. Karakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set Sistem Dual Fuel Solar dan Syngas Batubara. *Tesis*.
- Tarigan, E., dan G. Pratepehaikul. 2006. Sorption Isothermal of Shell and Unshelled Kernels of Candle Nuts. *Journal of Food Engineering*. 75 : 447-452.
- Thoai, D.N., A. Kumar, K. Prasertsit, dan C. Tongurai. 2017. Evaluation of biodiesel production process by the determining of the total glycerol content in biodiesel. *Energy Procedia*. 138 : 544-551.
- Turnip, J. 2009. Pengujian dan Analisa Performansi Motor Bakar Diesel Menggunakan Biodiesel Dimethyl Ester B-01 dan B-02. *Skripsi*. Medan: Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri ITS.
- Widianto, A., Muhaji. 2014. Kemampuan Bahan Bakar Solar-Biodiesel dari Minyak Biji Jarak terhadap Unjuk Kerja dan Opasitas Mesin Diesel 4 Langkah. 2(3): 38-46.

A. LAMPIRAN HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR

A.1 Hasil Pengujian Karakteristik Biodiesel Biji Kemiri (B100)



PT. PERTAMINA (PERSERO)
Laboratorium Integrated Terminal Surabaya
Jalan Perak Barat No. 277 Surabaya - 60165
Telp : 031 - 3293892 Fax. 031-3294963

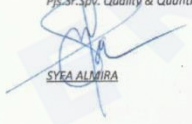
CERTIFICATE OF ANALYSIS
No. 074 /LAB-ITS/EXT/ XII /2019

| | |
|---|--|
| Jenis Sample : B100 Nama Customer : Fakultas Teknik Univ. Jember Alamat Customer : Jl. Kalimantan No.37 Jember 68121 Ex. : Minyak Kemiri No. Tanki : - Nomor Bukti Terima Sample : 8643/UN25.11/EP/2019 | Pengambilan Sample : - Jenis Pengambilan Sample : - Tanggal Bukti Terima Sample : 19 Desember 2019 Tanggal Pengujian : 19 Desember 2019 |
|---|--|

| NO. | PARAMETER UJI | UNITS | METHODE | LIMITS *) | HASIL UJI |
|-----|------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | Density at 15 °C | kg/m ³ | ASTM D-1298 | 815 - 870 | 890,3 |
| 2 | Viscosity Kinematic at 40 °C | cSt | ASTM D-445 | 2,0 - 4,5 | 4,113 |
| 3 | Flash Point PMcc | °C | ASTM D-93 | Min.52 | 174 |


Catatan / Kesimpulan :

*) spesifikasi limits sesuai dengan SK Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM.T/2016


| | |
|---|---|
| <u>Daftar Distribusi :</u> - Laboratorium TBBMSG (Asli) - Pihak Internal (Copy) - Pihak Eksternal - bila diperlukan (Asli) | Surabaya, 23 Desember 2019 Laboratorium Integrated Terminal Surabaya Pjs. Sr. Spv. Quality & Quantity  SYEA ALMIRA |
|---|---|

Test Report ini hanya berhubungan dengan sample yang diterima dan diperiksa di Laboratorium
Dilarang mengandakan Test Report ini tanpa persetujuan tertulis dari Pengawas Laboratorium
"Laboratorium PT PERTAMINA (Persero) Integrated Terminal Surabaya"

A.2 Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bakar B10



PT. PERTAMINA (PERSERO)
 Laboratorium Integrated Terminal Surabaya
 Jalan Perak Barat No. 277 Surabaya - 60165
 Telp : 031 - 3293892 Fax. 031-3294963



CERTIFICATE OF ANALYSIS
 No. 063 /LAB-ITS/EXT/ XII /2019

| | |
|--|---|
| <p>Jenis Sample : B10 Nama Customer : Fakultas Teknik Univ. Jember Alamat Customer : Jl. Kalimantan No.37 Jember 68121 Ex. : Minyak Kemiri 10% : BioSolar 90% No. Tanki : - Nomor Bukti Terima Sample : 8643/UN25.11/EP/2019</p> | <p>Pengambilan Sample : - Jenis Pengambilan Sample : - Tanggal Bukti Terima Sample : 19 Desember 2019 Tanggal Pengujian : 19 Desember 2019</p> |
|--|---|

| NO. | PARAMETER UJI | UNITS | METHODE | LIMITS *) | HASIL UJI |
|-----|------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | Density at 15 °C | kg/m ³ | ASTM D-1298 | 815 - 870 | 852,6 |
| 2 | Viscosity Kinematic at 40 °C | cSt | ASTM D-445 | 2,0 - 4,5 | 2,832 |
| 3 | Flash Point PMcc | °C | ASTM D-93 | Min.52 | 88 |

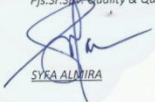
Catatan / Kesimpulan :

*) spesifikasi limits sesuai dengan SK Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM.T/2016

Daftar Distribusi :


- Laboratorium TBBMSG (Asli)
- Pihak Internal (Copy)
- Pihak Eksternal - bila diperlukan (Asli)

Surabaya, 23 Desember 2019
 Laboratorium Integrated Terminal Surabaya
 Pjs.Sr.Su. Quality & Quantity



SYKA ALMIRA

Test Report ini hanya berhubungan dengan sample yang diterima dan diperiksa di Laboratorium
 Dilarang mengandakan Test Report ini tanpa persetujuan tertulis dari Pengawas Laboratorium
 "Laboratorium PT PERTAMINA (Persero) Integrated Terminal Surabaya"

A.3 Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bakar B20



PT. PERTAMINA (PERSERO)
 Laboratorium Integrated Terminal Surabaya
 Jalan Perak Barat No. 277 Surabaya - 60165
 Telp : 031 - 3293892 Fax. 031-3294963



CERTIFICATE OF ANALYSIS
 No. 067 /LAB-ITS/EXT/ XII /2019

| | |
|---|---|
| <p>Jenis Sample : B20 Nama Customer : Fakultas Teknik Univ. Jember Alamat Customer : Jl. Kalimantan No.37 Jember 68121 Ex. : Minyak Kemiri 20% : BioSolar 80% No. Tanki : - Nomor Bukti Terima Sample : 8643/UN25.11/EP/2019</p> | <p>Pengambilan Sample : - Jenis Pengambilan Sample : - Tanggal Bukti Terima Sample : 19 Desember 2019 Tanggal Pengujian : 19 Desember 2019</p> |
|---|---|

| NO. | PARAMETER UJI | UNITS | METHODE | LIMITS *) | HASIL UJI |
|-----|------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | Density at 15 °C | kg/m ³ | ASTM D-1298 | 815 - 870 | 855,5 |
| 2 | Viscosity Kinematic at 40 °C | cSt | ASTM D-445 | 2,0 - 4,5 | 2,910 |
| 3 | Flash Point PMcc | °C | ASTM D-93 | Min.52 | 90 |

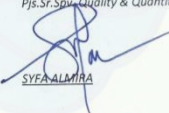
Catatan / Kesimpulan :

*) spesifikasi limits sesuai dengan SK Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM.T/2016

Daftar Distribusi:


- Laboratorium TBBMSG (Asli)
- Pihak Internal (Copy)
- Pihak Eksternal - bila diperlukan (Asli)

Surabaya, 23 Desember 2019
 Laboratorium Integrated Terminal Surabaya
 Pjs.Sr.Spm Quality & Quantity



 SYFA ALMIRA

Test Report ini hanya berhubungan dengan sample yang diterima dan diperiksa di Laboratorium
 Dilarang mengandakan Test Report ini tanpa persetujuan tertulis dari Pengawas Laboratorium
 "Laboratorium PT PERTAMINA (Persero) Integrated Terminal Surabaya"

A.4 Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bakar B30



PT. PERTAMINA (PERSERO)
 Laboratorium Integrated Terminal Surabaya
 Jalan Perak Barat No. 277 Surabaya - 60165
 Telp : 031 - 3293892 Fax. 031-3294963



CERTIFICATE OF ANALYSIS
 No. 071 /LAB-ITS/EXT/ XII /2019

| | |
|---|--|
| Jenis Sample : B30 Nama Customer : Fakultas Teknik Univ. Jember Alamat Customer : Jl. Kalimantan No.37 Jember 68121 Ex. : Minyak Kemiri 30% : BioSolar 70% No. Tanki : - Nomor Bukti Terima Sample : 8643/UN25.11/EP/2019 | Pengambilan Sample : - Jenis Pengambilan Sample : - Tanggal Bukti Terima Sample : 19 Desember 2019 Tanggal Pengujian : 19 Desember 2019 |
|---|--|

| NO. | PARAMETER UJI | UNITS | METHODE | LIMITS *) | HASIL UJI |
|-----|------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | Density at 15 °C | kg/m ³ | ASTM D-1298 | 815 - 870 | 861,5 |
| 2 | Viscosity Kinematic at 40 °C | cSt | ASTM D-445 | 2,0 - 4,5 | 2,971 |
| 3 | Flash Point PMcc | °c | ASTM D-93 | Min.52 | 92 |

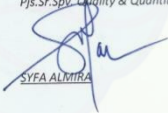
Catatan / Kesimpulan :

*) spesifikasi limits sesuai dengan SK Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM.T/2016

Daftar Distribusi:

- Laboratorium TBBMSG (Asli)
- Pihak Internal (Copy)
- Pihak Eksternal - bila diperlukan (Asli)

Surabaya, 23 Desember 2019
 Laboratorium Integrated Terminal Surabaya
 Pjs.Sr.Spy. Quality & Quantity


 SYFA ALMIRA

Test Report ini hanya berhubungan dengan sample yang diterima dan diperiksa di Laboratorium
 Dilarang menggunakan Test Report ini tanpa persetujuan tertulis dari Pengawas Laboratorium
 "Laboratorium PT PERTAMINA (Persero) Integrated Terminal Surabaya"

A.5 Hasil Pengujian Densitas Biosolar



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. 13/LTAKI/1/2020

Terima dari : **Wafir**
Universitas Jember
Jenis contoh : -
Kode contoh : -
Uji : Densitas 15°C
Diterima tanggal : 6 Januari 2020

| Kode contoh | Hasil analisa Densitas (g/mL) | Metode analisa |
|-------------|-------------------------------|----------------|
| Pertadex | 0,8195 | Piknometri |
| Biosolar | 0,8236 | |

Keterangan :
▪ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima

Surabaya, 9 Januari 2020



Dr. Nur Khamidah, ST, MS, Ph.D
Kepala Laboratorium TAKI

A.6 Hasil Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar



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. 01/LTAKI/2020

Terima dari : **Sdr. Wafir**
(universitas jember)
U.analisa : Nilai kalori
Diterima tgl. : 26 Desember 2019

| Kode contoh | Hasil analisa | Methode analisa |
|------------------------|-----------------------|------------------|
| | Nilai kalori ,Kcal/kg | |
| Kelapa pertadex B10 | 10118.6 | Bomb Calorimetry |
| Kelapa pertadex B30 | 10306.9 | |
| Kelapa biosolar B10 | 10531.8 | |
| Kelapa biosolar B20 | 10365.1 | |
| Kelapa biosolar B30 | 10420.4 | |
| B10 (kemiri+biosolar) | 10590.9 | |
| B20 (kemiri+biosolar) | 10493.5 | |
| B30 (kemiri+biosolar) | 10455.0 | |
| B30 (kemiri+pertadex) | 10463.9 | |
| B20 kelapa pertadex | 10674.1 | |
| B10 (kemiri+pertadex) | 10967.8 | |
| B20 (kemiri+pertadex) | 10480.0 | |
| B100 (biodisel kemiri) | 9621.19 | |
| Pertadex | 11280.6 | |
| Biosolar | 10787.9 | |
| Biodisel kelapa | 8548.63 | |
| Nyamplung B100 | 10819.7 | |
| Nyamplung B0 | 1009.6 | |
| Nyamplung B50 | 9280.89 | |

Keterangan :

- ◆ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima.

Surabaya, 06 Januari 2020



Siti Nur Kholidah, ST, MS, Ph.D
Kepala Laboratorium TAKI

B. LAMPIRAN SPESIFIKASI BIOSOLAR PRODUK PERTAMINA

Bahan Bakar Minyak | 17

SPESIFIKASI SOLAR/ BIOSOLAR

| NO. | KARAKTERISTIK | SATUAN | BATASAN | | METODE UJI | |
|-----|---|----------------------|-----------------|---------------------|-------------------|------|
| | | | MIN | MAKS | ASTM | LAIN |
| 1. | Bilangan Cetana Angka Setana atau Indeks Setana | - | 48 | - | D 613 | |
| | | - | 45 | - | D 4737 | |
| 2. | Berat Jenis @ 15 °C | kg/m ³ | 815 | 860 | D 1298 / D 4052 | |
| 3. | Viskositas @ 40 °C | mm ² /sec | 2,0 | 4,5 | D 445 | |
| 4. | Kandungan Sulfur | % m/m | - | 0,35 ¹⁾ | | |
| | | | - | 0,30 ²⁾ | | |
| | | | - | 0,25 ³⁾ | D 2622 / D 5453 / | |
| | | | - | 0,05 ⁴⁾ | D 4294 / D 7039 | |
| | | | - | 0,005 ⁵⁾ | | |
| 5. | Distilasi 90 % vol. penguapan | °C | - | 370 | 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 / D 189 | |
| 9. | Kandungan Air | mg/kg | - | 500 | D 6304 | |
| 10. | Biological Growth ⁷⁾ | - | Nihil | | | |
| 11. | Kandungan FAME ⁷⁾ | % v/v | - | - | | |
| 12. | Kandungan metanol ⁷⁾ | % v/v | Tak terdeteksi | | D 4815 | |
| 13. | Korosi Bilah Tembaga | merit | - | Kelas 1 | D 130 | |
| 14. | Kandungan Abu | % w/v | - | 0,01 | D 482 | |
| 15. | Kandungan Sedimen | % m/m | - | 0,01 | D 473 | |
| 16. | Bilangan Asam Kuat | mgKOH/gr | - | 0 | D 664 | |
| 17. | Bilangan Asam Total | mgKOH/gr | - | 0,6 | D 664 | |
| 18. | Partikulat | mg/l | - | - | D 2276 | |
| 19. | Penampilan Visual | - | Jernih & Terang | | | |
| 20. | Warna | No. ASTM | - | 3,0 | D 1500 | |
| 21. | Lubricity (HFRR wear scar dia. @ 60 °C) | micron | - | 460 ⁶⁾ | D 6079 | |

⁷⁾Kandungan FAME mengacu pada Peraturan Menteri ESDM No. 25 tahun 2013 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga bahan Bakar Nabati (Biofuel) Sebagai Bahan Bakar Lain.

Catatan umum:

- Additive harus kompatibel dengan minyak mesin (tidak menambah kekotoran/kerak). Additive yang mengandung komponen pembentuk abu (ash forming) tidak diperbolehkan.
- Penanganan (handling) harus dilakukan secara baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, air, bahan bakar lain, dll).
- Pelembaban pada pompa harus memadai dan terdefinisi.

Catatan kaki:

- 1) Batasan 0,35% m/m setara dengan 3.500 ppm. Berlaku tahun 2015.
- 2) Batasan 0,30% m/m setara dengan 3.000 ppm. Berlaku mulai 1 Januari tahun 2016.
- 3) Batasan 0,25% m/m setara dengan 2.500 ppm. Berlaku mulai 1 Januari tahun 2017.
- 4) Batasan 0,05% m/m setara dengan 500 ppm. Berlaku mulai 1 Januari tahun 2021.
- 5) Batasan 0,005% m/m setara dengan 50 ppm. Berlaku mulai 1 Januari tahun 2025.
- 6) Berlaku mulai 1 Januari 2016.

C. LAMPIRAN HASIL PENGUJIAN OPASITAS

C.1 Surat Keterangan Pengujian



UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN PERFORMA MESIN
Alamat: Gedung A8 Lt.1 Lab. Terpadu Fakultas Teknik Jl. Ketintang Surabaya
Telp: 031-8299487, Fax: 031-8292957, HP: 081330670825

Nomor : 004/Lab.PPM/XII/2019
Lampiran : 1 (satu) set
Hal : Pengambilan Data Laboratorium

Kepada:
Yth. Dosen Pembimbing Anggota Skripsi
Ibu Rahma Rei Sakura, S.T., M.T.
di
Jember

Yang bertandatangan di bawah ini:
Nama : Dr. Warju, S.Pd., S.T., M.T.
NIP : 198103282006041001
Jurusan : Teknik Mesin
Instansi : Universitas Negeri Surabaya

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut di bawah ini:
Nama : Zainul Atiqi
NIM : 161910101037
Jurusan/Prodi : Teknik Mesin/S-1 Teknik Mesin
Instansi : Universitas Jember

Telah mengambil data di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya (data terlampir) pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 26 Desember 2019
Waktu : 13.00 WIB – Selesai
Judul Skripsi : Pengaruh Campuran Bio Solar Produk Pertamina dan Biodiesel dari Minyak
Biji Kemiri Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel

Demikian surat keterangan ini dibuat, atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Surabaya, 26 Desember 2019
Ketua Sub Laboratorium Pengujian Performa Mesin



Dr. Warju, S.Pd., S.T., M.T.
NIP. 198103282006041001

C.2 Hasil Pengujian Opasitas Bahan Bakar Biosolar Produk Pertamina

| | | |
|--|---|---|
| <p>ZIP: JL.KETINTANG SURABAYA - Tel.:031 8280009 Fax:- e-mail:</p> <p>Smokemeter Factory:TECNOMOTOR Type:820 Homol N.:0M00608b/NET Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016 5.1</p> <p>Rpm Counter Factory:TECNOMOTOR Type:CONTRPM/D Homol N.:0M0074EST001Bf Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 % K:0.00 1/m <u>Maximum:0.30 /m</u> Smokes Temp.:30 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> | <p>Garage Data UNS FAKULTAS TEKNIK KAMPUS KETINTANG 2 ZIP: JL.KETINTANG SURABAYA - Tel.:031 8280009 Fax:- e-mail:</p> <p>Smokemeter Factory:TECNOMOTOR Type:820 Homol N.:0M00608b/NET Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016 5.1</p> <p>Rpm Counter Factory:TECNOMOTOR Type:CONTRPM/D Homol N.:0M0074EST001Bf Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 % K:0.00 1/m <u>Maximum:0.21 /m</u> Smokes Temp.:28 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> | <p>Garage Data UNS FAKULTAS TEKNIK KAMPUS KETINTANG 2 ZIP: JL.KETINTANG SURABAYA - Tel.:031 8280009 Fax:- e-mail:</p> <p>Smokemeter Factory:TECNOMOTOR Type:820 Homol N.:0M00608b/NET Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016 5.1</p> <p>Rpm Counter Factory:TECNOMOTOR Type:CONTRPM/D Homol N.:0M0074EST001Bf Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 % K:0.00 1/m <u>Maximum:0.28 /m</u> Smokes Temp.:28 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> |
| <p>Time:17.24.30 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> | <p>Time:14.35.42 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> | <p>Time:14.34.13 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> |
| <p>Technical Head: WARJU TECNOMOTOR</p> | <p>Technical Head: WARJU TECNOMOTOR</p> | <p>Technical Head: WARJU TECNOMOTOR</p> |

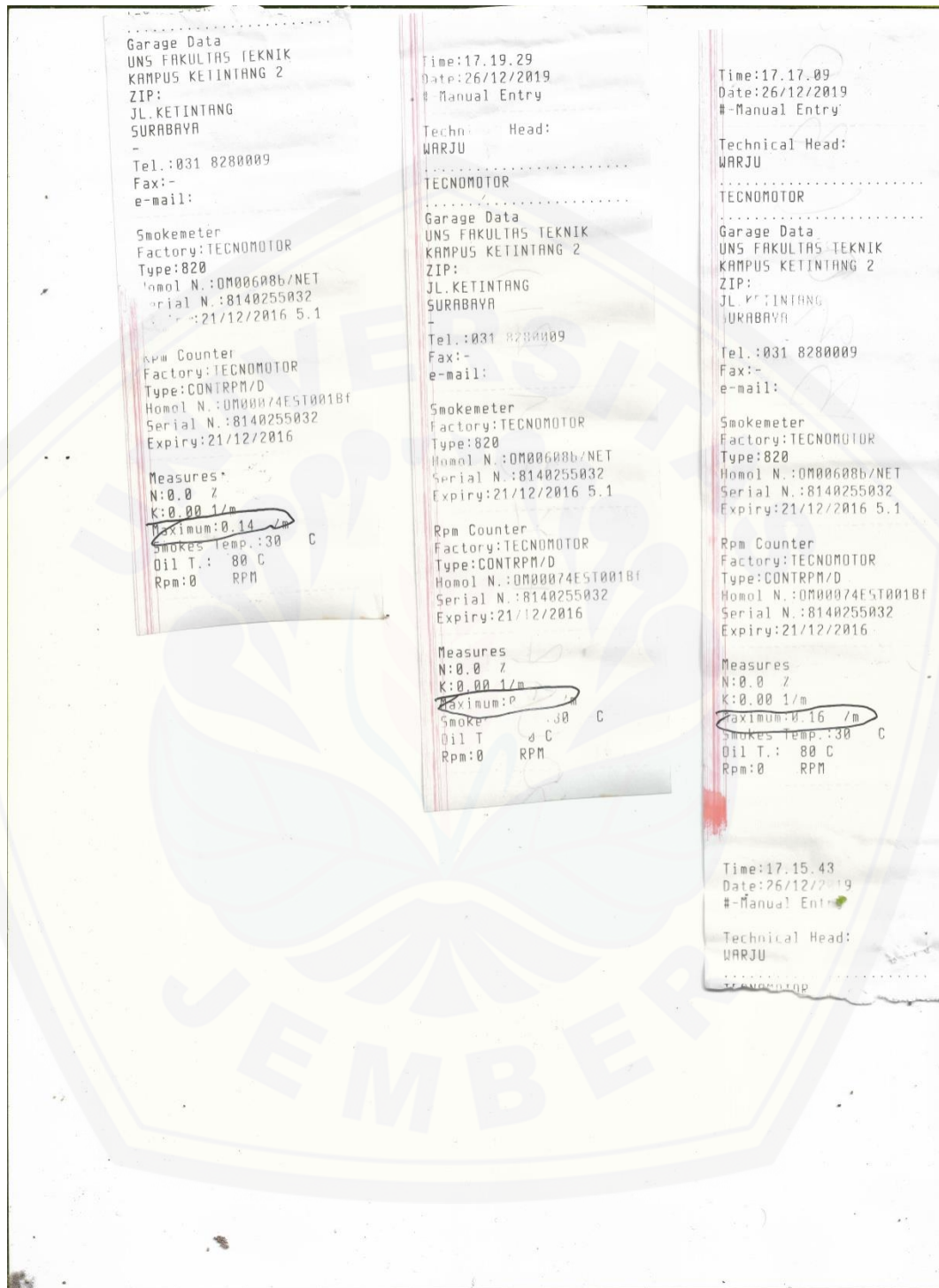
C3. Hasil Pengujian Opasitas Bahan Bakar B10

| | | |
|---|---|--|
| <p>Time:16.55.38 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU</p> <p>TECNOMOTOR</p> <p>Garage Data UNS FAKULTAS TEKNIK KAMPUS KETINTANG 2 ZIP: JL.KETINTANG SURABAYA</p> <p>Tel.:031 8280009 Fax:- e-mail:</p> <p>Smokemeter Factory:TECNOMOTOR Type:820 Homol N.:0M00608b/NET Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016 5.1</p> <p>Rpm Counter Factory:TECNOMOTOR Type:CONTRPM/D Homol N.:0M00074E5T001Bf Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 Z K:0.00 1/m Maximum:0.15 /m Smokes Temp.:30 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> | <p>Time:16.52.39 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU</p> <p>TECNOMOTOR</p> <p>Garage Data UNS FAKULTAS TEKNIK KAMPUS KETINTANG 2 ZIP: JL.KETINTANG SURABAYA</p> <p>Tel.:031 8280009 Fax:- e-mail:</p> <p>Smokemeter Factory:TECNOMOTOR Type:820 Homol N.:0M00608b/NET Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016 5.1</p> <p>Rpm Counter Factory:TECNOMOTOR Type:CONTRPM/D Homol N.:0M00074E5T001Bf Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 Z K:0.00 1/m Maximum:0.13 /m Smokes Temp.:30 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> | <p>Garage Data UNS FAKULTAS TEKNIK KAMPUS KETINTANG 2 ZIP: JL.KETINTANG SURABAYA</p> <p>Tel.:031 8280009 Fax:- e-mail:</p> <p>Smokemeter Factory:TECNOMOTOR Type:820 Homol N.:0M00608b/NET Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016 5.1</p> <p>Rpm Counter Factory:TECNOMOTOR Type:CONTRPM/D Homol N.:0M00074E5T001Bf Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 Z K:0.00 1/m Maximum:0.21 /m Smokes Temp.:30 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> |
| <p>Time:16.50.51 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU</p> | | |

C4. Hasil Pengujian Opasitas Bahan Bakar B20

| | | |
|--|--|---|
| <p>Time:17.09.58 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU</p> <p>TECNOMOTOR</p> <p>Garage Data UNS FAKULTAS TEKNIK KAMPUS KETINTANG 2 ZIP: JL.KETINTANG SURABAYA - Tel.:031 8280009 Fax:- e-mail:</p> <p>Smokemeter Factory:TECNOMOTOR Type:820 Homol N.:0M00608b/NET Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016 5.1</p> <p>Rpm Counter Factory:TECNOMOTOR Type:CONTRPM/D Homol N.:0M00074E5T001BF Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 / K:0.00 1/m Maximum:0.15 /m Smokes Temp.:30 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> | <p>Time:17.06.45 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU</p> <p>TECNOMOTOR</p> <p>Garage Data UNS FAKULTAS TEKNIK KAMPUS KETINTANG 2 ZIP: JL.KETINTANG SURABAYA - Tel.:031 8280009 Fax:- e-mail:</p> <p>Smokemeter Factory:TECNOMOTOR Type:820 Homol N.:0M00608b/NET Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016 5.1</p> <p>Rpm Counter Factory:TECNOMOTOR Type:CONTRPM/D Homol N.:0M00074E5T001BF Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 / K:0.00 1/m Maximum:0.18 /m Smokes Temp.:30 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> | <p>TECNOMOTOR</p> <p>Garage Data UNS FAKULTAS TEKNIK KAMPUS KETINTANG 2 ZIP: JL.KETINTANG SURABAYA - Tel.:031 8280009 Fax:- e-mail:</p> <p>Smokemeter Factory:TECNOMOTOR Type:820 Homol N.:0M00608b/NET Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016 5.1</p> <p>Rpm Counter Factory:TECNOMOTOR Type:CONTRPM/D Homol N.:0M00074E5T001BF Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 / K:0.00 1/m Maximum:0.15 /m Smokes Temp.:30 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> |
| <p>Time:17.05.17 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU</p> <p>TECNOMOTOR</p> | | |

C5. Hasil Pengujian Opasitas Bahan Bakar B30



D. LAMPIRAN STANDAR OPASITAS MESIN DIESEL STASIONER

Lampiran IV B
Peraturan Menteri Negara
Lingkungan Hidup
Nomor : 21 Tahun 2008
Tanggal : 01 Desember 2008

BAKU MUTU EMISI SUMBER TIDAK BERGERAK BAGI PLTD

| No. | Parameter | Kadar Maksimum (mg/Nm ³) | |
|-----|--|---|-----|
| | | Minyak | Gas |
| 1. | Total Partikulat | 120 | 30 |
| 2. | Karbon Monoksida (CO) | 540 | 500 |
| 3. | Nitrogen Oksida (NO _x) sebagai NO ₂ | 1000 | 320 |
| 4. | Sulfur Dioksida (SO ₂) | 600 | 150 |
| 5. | Opasitas | 20% | - |

Catatan :

1. Volume gas diukur dalam keadaan standar (25°C dan tekanan 1 atmosfer).
2. Opasitas digunakan sebagai indikator praktis pemantauan.
3. Semua parameter dikoreksi dengan O₂ sebesar 5 % dalam keadaan kering kecuali opasitas.
4. Pemberlakuan baku mutu emisi untuk 95% waktu operasi normal selama 3 (tiga) bulan.

MENTERI NEGARA
LINGKUNGAN HIDUP,

ttd

RACHMAT WITOELAR.

Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi MENLH Bidang
Penataan Lingkungan,



E. LAMPIRAN TABEL KONVERSI SATUAN OPASITAS $K\text{-m}^{-1}$ MENJADI %HSU

| TABEL KORELASI $K\text{-m}^{-1} \Leftrightarrow \% \text{HSU}$ | | | | | | | | |
|--|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|
| % OPA | $K (m^{-1})$ | % HSU | % OPA | $K (m^{-1})$ | % HSU | % OPA | $K (m^{-1})$ | % HSU |
| | 0.00 | 0.0 | | 0.50 | 13.8 | | 1.00 | 25.6 |
| | 0.01 | 0.3 | | 0.51 | 14.0 | | 1.01 | 25.8 |
| | 0.02 | 0.6 | | 0.52 | 14.3 | | 1.02 | 26.1 |
| | 0.03 | 0.9 | | 0.53 | 14.5 | | 1.03 | 26.3 |
| | 0.04 | 1.2 | | 0.54 | 14.8 | | 1.04 | 26.5 |
| | 0.05 | 1.5 | | 0.55 | 15.0 | | 1.05 | 26.7 |
| | 0.06 | 1.8 | | 0.56 | 15.3 | | 1.06 | 26.9 |
| | 0.07 | 2.1 | | 0.57 | 15.5 | | 1.07 | 27.1 |
| | 0.08 | 2.3 | | 0.58 | 15.8 | | 1.08 | 27.4 |
| | 0.09 | 2.6 | | 0.59 | 16.0 | | 1.09 | 27.6 |
| | 0.10 | 2.9 | | 0.60 | 16.3 | | 1.10 | 27.8 |
| | 0.11 | 3.2 | | 0.61 | 16.5 | | 1.11 | 28.0 |
| | 0.12 | 3.5 | | 0.62 | 16.8 | | 1.12 | 28.2 |
| | 0.13 | 3.8 | | 0.63 | 17.0 | | 1.13 | 28.4 |
| | 0.14 | 4.1 | | 0.64 | 17.3 | | 1.14 | 28.6 |
| | 0.15 | 4.3 | | 0.65 | 17.5 | | 1.15 | 28.9 |
| | 0.16 | 4.6 | | 0.66 | 17.7 | | 1.16 | 29.1 |
| | 0.17 | 4.9 | | 0.67 | 18.0 | | 1.17 | 29.3 |
| | 0.18 | 5.2 | | 0.68 | 18.2 | | 1.18 | 29.5 |
| | 0.19 | 5.5 | | 0.69 | 18.5 | | 1.19 | 29.7 |
| | 0.20 | 5.7 | | 0.70 | 18.7 | | 1.20 | 29.9 |
| | 0.21 | 6.0 | | 0.71 | 19.0 | | 1.21 | 30.1 |
| | 0.22 | 6.3 | | 0.72 | 19.2 | | 1.22 | 30.3 |
| | 0.23 | 6.6 | | 0.73 | 19.4 | | 1.23 | 30.5 |
| | 0.24 | 6.9 | | 0.74 | 19.7 | | 1.24 | 30.7 |
| | 0.25 | 7.1 | | 0.75 | 19.9 | | 1.25 | 30.9 |
| | 0.26 | 7.4 | | 0.76 | 20.1 | | 1.26 | 31.1 |
| | 0.27 | 7.7 | | 0.77 | 20.4 | | 1.27 | 31.3 |
| | 0.28 | 8.0 | | 0.78 | 20.6 | | 1.28 | 31.5 |
| | 0.29 | 8.2 | | 0.79 | 20.9 | | 1.29 | 31.7 |
| | 0.30 | 8.5 | | 0.80 | 21.1 | | 1.30 | 31.9 |
| | 0.31 | 8.8 | | 0.81 | 21.3 | | 1.31 | 32.1 |
| | 0.32 | 9.0 | | 0.82 | 21.6 | | 1.32 | 32.3 |
| | 0.33 | 9.3 | | 0.83 | 21.8 | | 1.33 | 32.5 |
| | 0.34 | 9.6 | | 0.84 | 22.0 | | 1.34 | 32.7 |
| | 0.35 | 9.8 | | 0.85 | 22.2 | | 1.35 | 32.9 |
| | 0.36 | 10.1 | | 0.86 | 22.5 | | 1.36 | 33.1 |
| | 0.37 | 10.4 | | 0.87 | 22.7 | | 1.37 | 33.3 |
| | 0.38 | 10.6 | | 0.88 | 22.9 | | 1.38 | 33.5 |
| | 0.39 | 10.9 | | 0.89 | 23.2 | | 1.39 | 33.7 |
| | 0.40 | 11.2 | | 0.90 | 23.4 | | 1.40 | 33.9 |
| | 0.41 | 11.4 | | 0.91 | 23.6 | | 1.41 | 34.1 |
| | 0.42 | 11.7 | | 0.92 | 23.8 | | 1.42 | 34.3 |
| | 0.43 | 12.0 | | 0.93 | 24.1 | | 1.43 | 34.5 |
| | 0.44 | 12.2 | | 0.94 | 24.3 | | 1.44 | 34.7 |
| | 0.45 | 12.5 | | 0.95 | 24.5 | | 1.45 | 34.9 |
| | 0.46 | 12.7 | | 0.96 | 24.7 | | 1.46 | 35.1 |
| | 0.47 | 13.0 | | 0.97 | 25.0 | | 1.47 | 35.3 |
| | 0.48 | 13.2 | | 0.98 | 25.2 | | 1.48 | 35.5 |

PT. EQUIP NEXT GENERATION
JAKARTA

F. LAMPIRAN KALIBRASI MESIN UJI UNJUK KERJA MESIN DIESEL

F.1 Hasil Pengujian di Mesin yang Berbeda

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 521673, 6492181 Fax. (0274) 521673, 6492180

B0

LEMBAR PENGUJIAN PERFORMANCE DIESEL NISSAN SD 22 SERIES
No. 018 /XVII/KE-UGM/2019

User : _____
Sample : B0
Hari/tanggal : Selasa / 3-12-2019

P_{bb} (massa jenis bahan bakar) : gr/cc (disesuaikan dengan campuran yang diuji)
l (panjang lengan dynamometer) : 0,358 m

| No | Putaran | | Udara ruang | | | Udara masuk | | Gas buang | | Airan pendingin | | | Pelumas | | Waktu |
|----|---------|--------|------------------------|--------|-------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|--------------------------------------|-------|
| | r (rpm) | m (kg) | P _i (mm Hg) | θ (°C) | φ (%) | Δp (mmH ₂ O) | T _i (°C) | T _b (°C) | T _u (°C) | T _o (°C) | T _u (°C) | Aliran (L/jam) | T ₁ (°C) | P ₁ (kg/cm ²) | |
| 1 | 2500 | 33 | 745 | 24,8 | 64,0 | 27 | 31 | 240 | 29 | 88 | 400 | 4346 | 25 | 2 | 15,47 |
| 2 | 2300 | 33,5 | 745 | 24,8 | 64,0 | 31 | 32 | 220 | 29 | 69 | 400 | 4651 | 2 | 2 | 16,53 |
| 3 | 2000 | 34 | 745 | 24,8 | 64,0 | 23,5 | 32 | 280 | 29 | 75 | 400 | 55 | 2 | 18,32 | |
| 4 | 1800 | 34 | 745 | 24,8 | 64,0 | 19,5 | 33 | 280 | 29 | 70 | 400 | 58 | 2 | 21,08 | |
| 5 | 1600 | 33,5 | 745 | 24,8 | 64,0 | 14,5 | 34 | 240 | 29 | 73 | 400 | 58 | 2 | 24,88 | |

Data uji ini merupakan hasil nyata saat pengujian dan hanya berdasarkan percontoh sample yang diuji, tidak untuk diiklankan ataupun digandakan

| | |
|------------------------------|--------------------|
| Pelaksana Laboran/Asisten | Diteliti Kepala |
| | |

LABORATORIUM KONVERSI ENERGI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 521673, 6492181 Fax. (0274) 521673, 6492180

B0

LEMBAR PENGUJIAN PERFORMANCE DIESEL NISSAN SD 22 SERIES
No. 021 /XVII/KE-UGM/2019

User : _____
Sample : B10 - Kemiri
Hari/tanggal : Selasa / 3-12-2019

P_{bb} (massa jenis bahan bakar) : gr/cc (disesuaikan dengan campuran yang diuji)
l (panjang lengan dynamometer) : 0,358 m

| No | Putaran | | Udara ruang | | | Udara masuk | | Gas buang | | Airan pendingin | | | Pelumas | | Waktu |
|----|---------|--------|------------------------|--------|-------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|--------------------------------------|-------|
| | r (rpm) | m (kg) | P _i (mm Hg) | θ (°C) | φ (%) | Δp (mmH ₂ O) | T _i (°C) | T _b (°C) | T _u (°C) | T _o (°C) | T _u (°C) | Aliran (L/jam) | T ₁ (°C) | P ₁ (kg/cm ²) | |
| 1 | 2500 | 37 | 745 | 24,8 | 64,0 | 37 | 33,5 | 310 | 29 | 74 | 400 | 58 | 2 | 17,42 | |
| 2 | 2300 | 33,5 | 745 | 24,8 | 64,0 | 31 | 34 | 310 | 29 | 82 | 400 | 60 | 2 | 18,47 | |
| 3 | 2000 | 34 | 745 | 24,8 | 64,0 | 24 | 33 | 360 | 29 | 76 | 400 | 60 | 2 | 21,15 | |
| 4 | 1800 | 34 | 745 | 24,8 | 64,0 | 19 | 34 | 320 | 29 | 64 | 400 | 59 | 2 | 21,15 | |
| 5 | 1600 | 33,5 | 745 | 24,8 | 64,0 | 14,5 | 34 | 270 | 29 | 73 | 400 | 60 | 2 | 25,09 | |

Data uji ini merupakan hasil nyata saat pengujian dan hanya berdasarkan percontoh sample yang diuji, tidak untuk diiklankan ataupun digandakan

| | |
|------------------------------|--------------------|
| Pelaksana Laboran/Asisten | Diteliti Kepala |
| | |

Adapun contoh perhitungan nilai torsi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T &= m \times g \times l \\
 &= 34 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,358 \text{ m} \\
 &= 119,41 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

F.2 Tabel Perbandingan Spesifikasi Mesin Uji

| No. | Spesifikasi | Mesin Uji UNEJ | Mesin Uji UGM | Perbandingan |
|--------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|--------------|
| 1 | Jenis Mesin Diesel | Matsumoto MDX-170 F | Nissan Diesel SD22 Series | |
| 2 | Model Mesin | Silinder Tunggal | 4 Silinder | 1:4 |
| 3 | Diameter Silinder (mm) | 70 | 83 | |
| 4 | Panjang Langkah Piston (mm) | 50 | 100 | |
| 5 | Displacement (cc) | 211 | 2164 | 1:10,3 |
| 6 | Volume Ruang Bakar | 3500 | 8300 | 1:2,4 |
| Total Perbandingan | | | | 1:97,3 |

F.3 Tabel Kalibrasi Mesin Uji

Kalibrasi mesin uji unjuk kerja dilakukan dengan membandingkan nilai unjuk kerja dari mesin yang saya gunakan dengan mesin uji lainnya. Hasil uji unjuk kerja yang dibandingkan adalah nilai torsi dengan menggunakan variabel yang sama sebagai berikut:

- 1) Bahan Bakar : - B0 (Pertadex 100%)
-B10 (Biodiesel bijikemiri 10% + Pertadex 90%)
- 2) Putaran Mesin: 2000 rpm

| No. | Bahan Bakar | Kalibrasi | Mesin Uji UNEJ | Mesin Uji UGM | Selisih Rata-rata |
|-----|-------------|--|----------------|---------------|-------------------|
| 1 | B0 | Nilai Torsi (Nm) | 1,25 | 119,41 | ±0,03 |
| | | Perbandingan (1:97,3) | 1,25 | 1,23 | |
| | | Selisih Perbandingan | 0,02 | | |
| | | Persentase Tingkat Keakurasian Mesin Uji | 98,59% | | |
| 2 | B10 | Nilai Torsi (Nm) | 1,27 | 119,41 | ±0,03 |
| | | Perbandingan (1:97,3) | 1,27 | 1,23 | |
| | | Selisih Perbandingan | 0,04 | | |
| | | Persentase Tingkat Keakurasian Mesin Uji | 96,65% | | |

G. LAMPIRAN ALAT PENELITIAN



Gambar 1 *Stopwatch*



Gambar 2 *Thermometer*



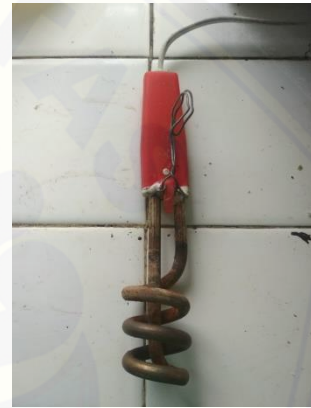
Gambar 3 *Lampu Pijar*



Gambar 4 *Sarung tangan latex*



Gambar 5 *Oven*



Gambar 6 *Heater*



Gambar 7 *Pipet Filler*



Gambar 8 *Panci*



Gambar 9 *Tachometer digital*



Gambar 10 Thermostat



Gambar 11 Neraca Digital



Gambar 12 Amperemeter



Gambar 13 Kompor Gas



Gambar 14 Gelas Beker



Gambar 15 Voltmeter