



**PENGARUH CAMPURAN PERTADEX DAN BIODIESEL AMPAS
KELAPA 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

Avitio Dwi Bagaskoro

161910101025

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmannirrohim, dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan kenikmatan serta karunianya. Dengan penuh kerendahan hati dan keikhlasan, 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. Kedua orang tua saya Ono'x Sukemis dan Kiptiyah Wati yang telah memberikan motivasi, semangat, nasehat serta doa yang tiada henti dalam menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Mesin di Universitas Jember.
3. Kakak One Dhesti Tias Tuti serta keluarga besar yang selalu membantu dan memberi dukungan langsung maupun tidak langsung.
4. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. dan Ibu Rahma Rei Sakura S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar meluangkan waktu untuk membimbing dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Andy dan bapak Dwi djum selaku dosen yang telah memberikan kritik dan saran sehingga penyusunan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
6. Seluruh dosen serta civitas akademik jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah membimbing, memberikan banyak ilmu, pelajaran dan motivasi kepada saya.
7. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.

(QS. Ar Ra'd :11)^{*}

Barang siapa keluar rumah untuk menuntut ilmu maka ia dalam jihad fisabilah hingga kembali.

(H.R. Tirmidzi)^{**}

Semua masalah bisa diselesaikan selama ada komitmen untuk menyelesaikannya.

(Avitio. D.B)^{***}

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Avitio Dwi Bagaskoro

NIM : 161910101025

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa karya ilmiah yang berjudul **“PENGARUH CAMPURAN PERTADAX DAN BIODIESEL AMPAS KELAPA TERHADAP UNJUK KERJA MESIN DIESEL”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 April 2020

Yang Menyatakan,

Avitio Dwi Bagaskoro

NIM 161910101025

SKRIPSI

**PENGARUH CAMPURAN PERTADEX DAN BIODIESEL AMPAS
KELAPA TERHADAP UNJUK KERJA MESIN DIESEL**

Oleh:

Avitio Dwi Bagaskoro

NIM 161910101025

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 Pertadex dan Biodiesel Ampas Kelapa Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel” telah diuji dan disahkan pada: Hari,

Tanggal : 21 April 2020

Tempat : diselenggarakan secara *online* (daring)

Pembimbing,

Pembimbing I,



Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc.

NIP. 196806171995011001

Pembimbing II,



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

NIP. 760017115

Penguji,

Penguji I,



Andi Sanata S.T., M.T.

NIP. 197505022001121001

Penguji II,



Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

NIP. 196008121998021001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember



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

NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

PENGARUH CAMPURAN PERTADEX DAN BIODIESEL AMPAS KELAPA TERHADAP UNJUK KERJA MESIN DIESEL; Avitio Dwi Bagaskoro, 161910101025; 2020; 104 halaman; jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Energi fosil merupakan energi terbatas dan tidak ramah lingkungan. Dampak penggunaan energi fosil salah satunya adalah menghasilkan emisi gas buang yang besar. Atas dasar tersebutlah, berbagai energi alternatif yang terbarukan dan lebih ramah lingkungan dikembangkan. Ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi dan batubara yang masih sangat besar perlu diperhatikan. Keterbatasan Sumber daya energi fosil menjadikan energi baru dan terbarukan sebagai peralihan. Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar, seperti bioetanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, bahkan sampah/limbah dapat digunakan untuk membangkitkan listrik. Sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala terbatas di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan minyak fosil. Penelitian ini melakukan uji unjuk kerja mesin diesel menggunakan bahan bakar campuran pertadex dan biodiesel dari minyak ampas kelapa dengan variasi campuran biodiesel B0 (Pertadex 100%), B10 (Biodiesel 10% dan Pertadex 90%), B20 (Biodiesel 20% dan Pertadex 80%) dan B30 (Biodiesel 30% dan Pertadex 70%). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan lima variasi putaran mesin yaitu 1600 rpm, 1800 rpm, 2000 rpm, 2200 rpm, dan 2400 rpm. Mesin yang digunakan untuk pengujian unjuk kerja yaitu mesin diesel yang terhubung dengan generator. Unjuk kerja mesin diesel yang dianalisis pada pengujian ini adalah daya efektif, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal, dan opasitas gas buang.

Hasil penelitian diperoleh bahwa dengan penambahan campuran biodiesel ampas kelapa pada bahan bakar pertamina dex dapat mempengaruhi unjuk kerja mesin diesel. Adapun unjuk kerja mesin diesel yang dihasilkan yaitu: (1) daya efektif, (2) torsi, (3) konsumsi bahan bakar spesifik, (4) efisiensi termal, (5) dan opasitas gas buang. Unjuk kerja yang dihasilkan daya efektif, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, dan efisiensi termal terbaik. Yaitu, dihasilkan pada saat menggunakan bahan bakar B10, dimana campuran bahan bakar B10 menghasilkan nilai tertinggi dibandingkan dengan campuran bahan bakar lainnya, termasuk pertadex murni. Opasitas gas buang mesin yang dihasilkan semakin banyak biodiesel yang dicampurkan maka opasitas yang dihasilkan semakin baik.

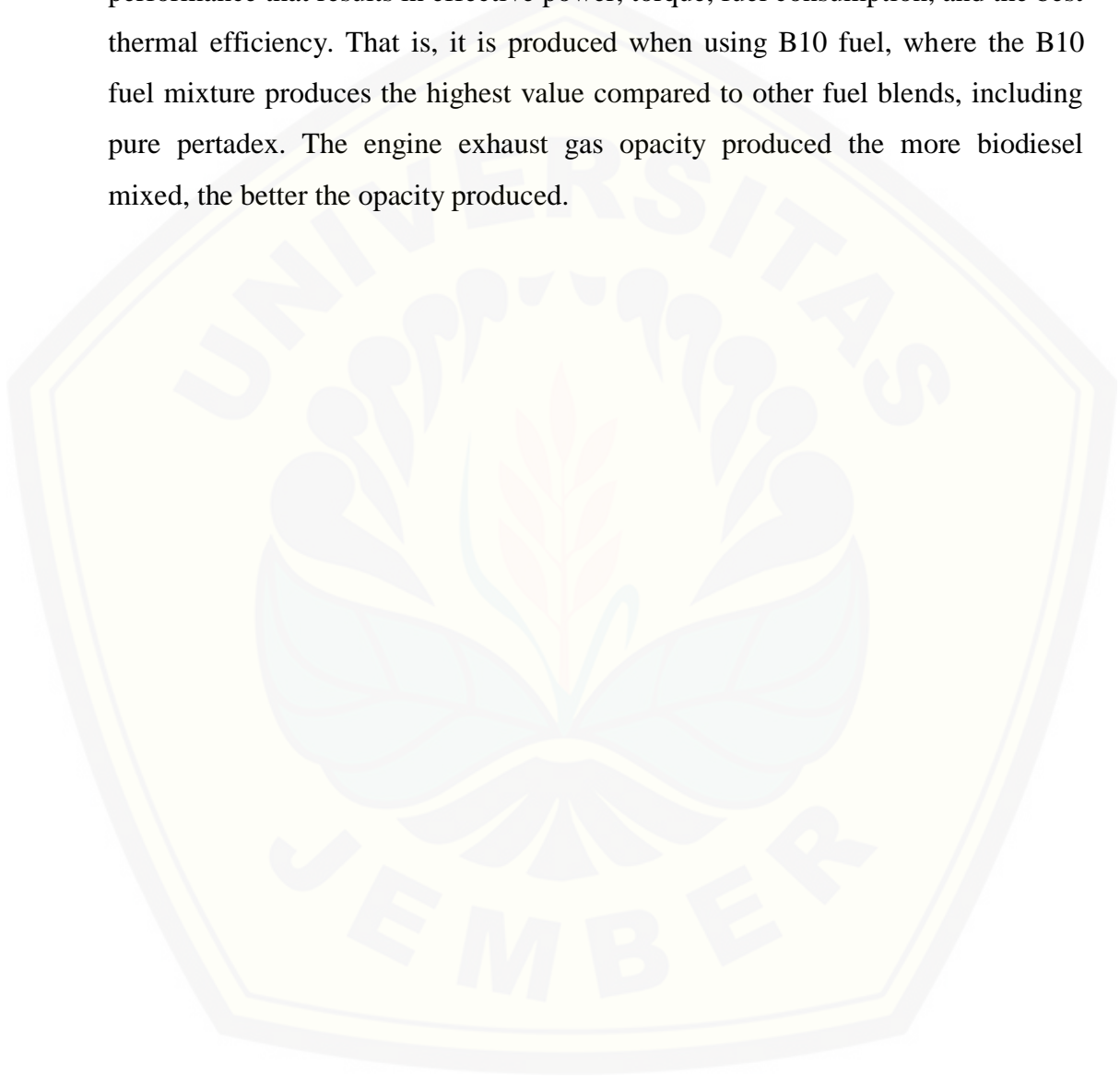
SUMMARY

THE EFFECT OF A MIXTURE PERTADEX FUEL AND BIODIESEL FROM COCONUT PULP ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE; Avitio Dwi Bagaskoro, 161910101025; 2020; 104 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.

Fossil energy is limited energy and not environmentally friendly. The impact of the use of fossil energy, one of which is to produce large exhaust emissions. On this basis, various alternative energy that is renewable and more environmentally friendly is developed. Indonesia's dependence on oil and coal which is still very large needs attention. Limitations Fossil energy resources make new and renewable energy a transition. Indonesia has the potential of renewable energy sources in large quantities, such as bioethanol as a substitute for gasoline, biodiesel to replace diesel, geothermal power, micro hydro, solar power, wind power, even garbage / waste can be used to generate electricity. The energy source has been tried to be applied on a limited scale in Indonesia.

This research aims to develop biodiesel as an alternative fuel that is environmentally friendly and can reduce dependence on the use of fossil oil. This research conducted a diesel engine performance test using a mixture of pertadex and biodiesel fuel from coconut pulp oil with a mixture of biodiesel mixture B0 (Pertadex 100%), B10 (Biodiesel 10% and Pertadex 90%), B20 (Biodiesel 20% and Pertadex 80%) and B30 (Biodiesel 30% and Pertadex 70%). This study uses an experimental method with five variations of engine speed that is 1600 rpm, 1800 rpm, 2000 rpm, 2200 rpm, and 2400 rpm. The engine used for performance testing is a diesel engine connected to the generator. The diesel engine performance analyzed in this test are effective power, torque, specific fuel consumption, thermal efficiency and exhaust gas opacity.

The results showed that the addition of a mixture of biodiesel coconut pulp in Pertamina dex fuel can affect the performance of diesel engines. The performance of the diesel engine produced are: (1) effective power, (2) torque, (3) specific fuel consumption, (4) thermal efficiency, (5) and exhaust gas opacity. The performance that results in effective power, torque, fuel consumption, and the best thermal efficiency. That is, it is produced when using B10 fuel, where the B10 fuel mixture produces the highest value compared to other fuel blends, including pure pertadex. The engine exhaust gas opacity produced the more biodiesel mixed, the better the opacity produced.



PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Pengaruh Campuran Pertadex Dan Biodiesel Ampas Kelapa 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, Danang Yudistiro, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu memberikan arahan kepada penulis selama kuliah.
4. Bapak Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Rahma Rei Sakura, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang penuh kesabaran membimbing, memberi arahan, dorongan, motivasi, meluangkan waktu, pikiran, perhatian serta saran kepada penulis sehingga penyusunan skripsi dapat terlaksana dengan baik.
5. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini; Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan motivasi kepada penulis.

6. Kepada seluruh dosen teknik khususnya teknik mesin yang telah mendidik penulis hingga menyelesaikan penelitian ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya.
7. Kedua orang tua penulis, ayahanda Ono'x Sukemis dan ibunda Kiptiyah Wati yang telah memberikan kasih sayang, pengorbanan, dorongan, nasehat serta air mata dalam tangis dan doa yang setiap langkah mengiringi perjuangan penulis hingga dapat menyelesaikan program studi Strata 1 Teknik Mesin.
8. Saudara seperjuangan tim riset biodiesel Zainul Atiqi, Radhea Afif Rahmatullah, dan Moh Wafir.
9. Saudara seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
10. Saudara - saudara Kosan Dymas, Ilham, Iqbal, Didun, Faisal, Ivan, Hamdi, Ongki, Fatah, Vera, Dika, dan Icha yang selalu menemani, memberi semangat, dan mengajarkan arti kerasnya kehidupan, serta menjadi keluarga kedua penulis selama tinggal di Jember.
11. Saudara - saudara kelompok KKN 212 desa Kalibagor Situbondo.
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, 5 Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Bahan Bakar Mesin Diesel	4
2.1.1. Pertamina Dex	4
2.2. Biodiesel	5
2.2.1. Potensi Bahan Baku Biodiesel	5
2.2.2. Karakteristik Biodiesel	6
2.3. Ampas Kelapa	7
2.4. Pembuatan Biodiesel	8
2.5. Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel	10
2.5.1. Nilai Kalor Bahan Bakar	10
2.5.2. Torsi	11
2.5.3. Daya Efektif	12
2.5.4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	12
2.5.5. Efisiensi Thermal	13
2.5.6. Opasitas	13

2.6. Desain dan Analisa Eksperimen	15
2.6.1. Desain eksperimen	15
2.6.2. Tujuan Desain Eksperimen	15
2.8.3. Prinsip Dasar Desain Eksperimen.....	15
2.8.4. Analisa Varians Dua Arah	16
2.6. Penelitian Sebelumnya	18
2.7. Hipotesis	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Metode Penelitian	21
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2.1. Tempat Penelitian.....	21
3.2.2. Waktu Penelitian	21
3.3. Alat dan Bahan	22
3.3.1. Pembuatan Biodiesel.....	22
3.3.2. Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel.....	22
3.4. Variabel Penelitian	25
3.4.1. Variabel Bebas	25
3.4.2. Variabel Terikat	25
3.4.3. Variabel Kontrol.....	25
3.5. Metode Pengumpulan Data	25
3.6. Metode Pengolahan Data	26
3.7. Tahap Pembuatan Biodiesel Ampas Kelapa	26
3.8. Tahap Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel	26
3.9. Pengolahan dan pengambilan Data	27
3.9.1. Pengambilan Data Nilai Kalor Bahan Bakar	27
3.9.2. Pengambilan Data Parameter Unjuk Kerja Mesin	27
3.9.3. Tahap Pengolahan Data.....	28
3.9.3. Tahap Pengambilan Data Opasitas.....	30
3.10. Diagram Alir Penelitian	31

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Hasil Pengujian Karakteristi Biodiesel Ampas Kelapa	32
4.1.1 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar	32
4.2. Hasil Pengujian Pada Mesin Diesel	33
4.2.1. Hasil pengujian Ospasitas	38
4.3. Analisis Data	38
4.3.1. Uji Anova Pengaruh Campuran Biodiesel dan Variasi rpm Terhadap Arus Listrik.	39
4.3.2. Uji Anova Pengaruh Campuran Biodiesel dan Variasi rpm Terhadap Tegangan Listrik	42
4.3.3. Uji Anova Pengaruh Campuran Biodiesel dan Variasi rpm Terhadap Waktu Konsumsi Bahan Bakar	45
4.4. Pengolahan Data Dan Pembahasan Hasil Penelitian	49
4.4.1. Daya Efektif	47
4.4.2. Torsi	53
4.4.3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)	56
4.4.4. Efisiensi Thermal	51
4.4.5. Opasitas	64
BAB 5. PENUTUP	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN-LAMPIRAN	71

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Spesifikasi Pertamina Dex	4
Tabel 2.2. Produksi Minyak Nabati Per Hektar	5
Tabel 2.3. Syarat Mutu Biodiesel Menurut SNI 7182-2015	6
Tabel 2.4. Standart Mutu Emisi Dan Opasitas Gas Buang	14
Tabel 2.5. Analisis Varians Klasifikasi Dua Arah	17
Tabel 3.1. Spesifikasi Mesin Diesel	23
Tabel 3.2. Spesifikasi Generator	24
Tabel 3.3. Data Nilai Kalor Bahan Bakar	27
Tabel 3.4. Data I, V, Dan Tf pada 1600-2400 rpm	28
Tabel 3.5. Penyajian Nilai Torsi	29
Tabel 3.6. Penyajian Nilai Daya Efektif	29
Tabel 3.7. Penyajian Nilai Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	29
Tabel 3.8. Penyajian Nilai Efisiensi Thermal	30
Tabel 3.9. Data Opasitas Gas Buang	30
Tabel 4.1. Karakteristik Biodiesel Ampas Kelapa	32
Tabel 4.2. Karakteristik Bahan Bakar	33
Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Dengan Bahan Bakar B0.....	34
Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Dengan Bahan Bakar B10.....	35
Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Dengan Bahan Bakar B20.....	36
Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Dengan Bahan Bakar B30.....	37
Tabel 4.7. Data Hasil Uji Opasitas.....	38
Tabel 4.8 Data Nilai Opasitas	38
Tabel 4.9. Uji Homogenitas	39
Tabel 4.10 Uji Anova Campuran Biodiesel dan Variasi rpm Terhadap Arus	39
Tabel 4.11 Uji Duncan Variasi rpm Terhadap Arus	41
Tabel 4.12 Uji Duncan Campuran Biodiesel Terhadap Arus	41
Tabel 4.13 Uji Homogenitas	42

Tabel 4.14 Uji Anova Campuran Biodiesel dan variasi rpm Terhadap Tegangan	42
Tabel 4.15 Uji Uji Duncan Variasi rpm Terhadap Tegangan Listrik	43
Tabel 4.16 Uji Duncan Campuran Biodiesel Terhadap Tegangan Listrik.....	44
Tabel 4.17 Uji Homogenitas	45
Tabel 4.18 Uji Anova Dua Arah terhadap waktu konsumsi bahan bakar	46
Tabel 4.19 Uji duncan variasi rpm terhadap waktu konsumsi bahan bakar.....	47
Tabel 4.20 Uji duncan campuran biodiesel terhadap waktu konsumsi bahan bakar .	48
Tabel 4.21 Data Hasil Perhitungan Daya Efektif.....	49
Tabel 4.22 Data Hasil Perhitungan Torsi	53
Tabel 4.23 Data Hasil Perhitungan laju Aliran Massa	57
Tabel 4.24 Data Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	58
Tabel 4.25 Data Hasil Perhitungan Efisiensi termal	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Ampas Kelapa	8
Gambar 3.1. Mesin Diesel Matsumoto	23
Gambar 3.2. Generator	23
Gambar 3.3. Smoke Meter	24
Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1. Grafik Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Daya Efektif	50
Gambar 4.2. Grafik Pengaruh Campuran Bahan Bakar Terhadap Daya Efektif	52
Gambar 4.3. Grafik Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Torsi.....	54
Gambar 4.4. Grafik Pengaruh Campuran Bahan Bakar Terhadap Torsi	55
Gambar 4.5. Grafik Pengaruh Putaran mesin Terhadap SFC	59
Gambar 4.6. Grafik Pengaruh Campuran Bahan Bakar Terhadap SFC.....	60
Gambar 4.7. Grafik Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Efisiensi Termal	62
Gambar 4.8. Grafik Pengaruh Campuran Bahan Bakar Terhadap Efisiensi Termal	63
Gambar 4.9. Grafik Opasitas Pada Mesin Diesel.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Lampiran Penelitian.....	71
Lampiran B. Lampiran Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bakar.....	74
Lampiran C. Lampiran Karakteristik Biodiesel.....	79
Lampiran D. Spesifikasi Pertadex.....	80
Lampiran E. Lampiran Pengujian Opasitas.....	81
Lampiran F. Lampiran Tabel Konversi Satuan Opasitas $K\cdot m^{-1}$ menjadi %HSU.....	86
Lampiran G. Lampiran Contoh Perhitungan Parameter-parameter Mesin Diesel.....	87
Lampiran H. Lampiran Kalibrasi Mesin Uji Unjuk Kerja Mesin Diesel.....	95

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi fosil merupakan energi terbatas dan tidak ramah lingkungan. Dampak penggunaan energi fosil salah satunya adalah menghasilkan emisi gas buang yang besar. Atas dasar tersebutlah, berbagai energi alternatif yang terbarukan dan lebih ramah lingkungan dikembangkan (Pradana dkk., 2013). Ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi dan batubara yang masih sangat besar perlu diperhatikan. Keterbatasan Sumber daya energi fosil menjadikan energi baru dan terbarukan sebagai peralihan. Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar, seperti bioetanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, bahkan sampah/limbah dapat digunakan untuk membangkitkan listrik. Sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala terbatas di Indonesia (Lubis, 2007).

Biodiesel adalah monoalkil ester dari asam-asam lemak yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel (Hikmah dan Zuliyana., 2010). Pengembangan biodiesel membutuhkan bahan baku minyak nabati yang dihasilkan dari tanaman seperti kelapa sawit (*Crude Palm Oil/CPO*), jarak pagar (*Jatropha Curcas*), kelapa, kemiri dan kapuk atau tanaman yang mengandung asam lemak.

Indonesia sangat kaya akan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel. Pembuatan biodiesel diperoleh melalui proses transesterifikasi minyak atau lemak dengan alkohol. Gugus alkil dalam alkohol akan menggantikan gugus hidroksil pada struktur ester minyak dengan dibantu katalis. NaOH dan KOH adalah katalis yang umum digunakan pada biodiesel. Alkohol yang dapat digunakan antara lain metanol, etanol, propanol, butanol dan amil alkohol (Ma dan Hanna, 1999; Pramanik., 2003).

Bahan baku yang berpotensi besar dalam pembuatan biodiesel di Indonesia adalah minyak kelapa. Minyak kelapa memiliki kandungan ester sangat tinggi

dibanding minyak diesel, serta memiliki sifat pembakaran yang baik dan ramah lingkungan (Ma dan Hanna., 1999). Indonesia merupakan negara dengan luas wilayah perairannya 2/3 dari daratannya. Wilayah daratan berpotensi besar dalam pengembangan biodiesel dari bahan baku minyak nabati, karena Indonesia adalah negara tropis yang banyak tumbuhan mengandung minyak nabati (Kuncahyo dkk., 2013).

Andi (2014) meneliti tentang uji kemampuan bahan bakar solar dan biodiesel dari minyak biji jarak terhadap unjuk kerja dan opasitas mesin diesel. Pengujian tersebut mendapat hasil bahwa campuran solar dan biodiesel mampu meningkatkan unjuk kerja mesin, menghemat bahan bakar, dan menurunkan opasitas.

Penelitian ini dilakukan pembuatan biodiesel dari ampas kelapa. Selanjutnya dapat dibanding dengan penambahan Pertadex dengan variasi komposisi pertadex 100% atau B0, pertadex dengan biodiesel ampas kelapa 10% atau B10, pertadex dengan biodiesel ampas kelapa 20% atau B20, dan pertadex dengan biodiesel ampas kelapa 30% atau B30 pada unjuk kerja mesin diesel. Hasil uji unjuk kerja mesin diesel, dianalisa seperti torsi, daya, efisiensi thermal, konsumsi bahan bakar dan opasitas. Sehingga dapat mengetahui variasi campuran biodiesel ampas kelapa dengan pertadex yang paling baik untuk mesin diesel.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh campuran bahan bakar pertadex dengan biodiesel dari minyak ampas kelapa menggunakan variasi komposisi biodiesel B0, B10, B20 dan B30 terhadap unjuk kerja mesin diesel?

1.3 Batasan Masalah

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

- a. Faktor Kondisi temperatur udara dalam keadaan ideal atau tetap.
- b. Variasi campuran biodiesel yang digunakan adalah, pertadex 100% atau B0, pertadex dengan biodiesel ampas kelapa 10% atau B10, pertadex dengan biodiesel ampas kelapa 20% atau B20, dan pertadex dengan biodiesel ampas kelapa 30% atau B30.

- c. Mesin uji yang digunakan adalah mesin diesel Matsumoto MDX-170 F dalam keadaan standart.
- d. Generator yang digunakan untuk menciptakan gelombang listrik adalah generator Daiho STD-24 dengan beban konstan 500 watt.

1.4 Tujuan

Untuk mengetahui pengaruh campuran pertadex dan biodiesel ampas kelapa dengan variasi komposisi biodiesel B0, B10, B20, dan B30 terhadap torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal, dan opasitas pada mesin diesel.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk mengurangi penggunaan energi fosil.
- b. Menambah wawasan tentang parameter-parameter yang mempengaruhi unjuk kerja mesin diesel. Seperti daya efektif, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal dan opasitas.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Bakar Mesin Diesel

2.1.1 Pertadex

Pertadex (Pertamina Dex) adalah bahan bakar diesel terbaik yang mampu menjadikan kinerja mesin lebih tangguh, optimal dan bertenaga. Pertamina Dex dilengkapi dengan *lubricity* dan anti *foaming of gas*, sangat disarankan untuk kendaraan diesel, terutama mesin diesel modern berteknologi Diesel *Common Rail System* yang memang membutuhkan bahan bakar prima dan berkualitas tinggi. Dengan kandungan sulfurnya yang rendah (kurang dari 300 ppm) dan dengan angka setan 53 serta telah memenuhi standar Euro 3, menjadikannya sejajar dengan bahan bakar diesel premium kelas dunia, berikut spesifikasi pertamina dex ditunjukkan pada Tabel 2.1 (Pertamina, 2019).

Tabel 2.1 Spesifikasi Pertamina Dex

No	Karakteristik	Nilai
1	Massa jenis pada 15 °C (kg/m ³)	820-860
2	Viskositas pada 40°C (mm ² /sec)	2,0-4,5
3	Angka Setana	53
4	Titik nyala (°C)	Min 55
5	Titik Didih (°C)	Maks. 370
6	Kadar Sulfur (% m/m)	Maks. 0,05

Sumber : Pertamina, 2019

2.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku (Hikmah dan Zuliyana., 2010).

Produksi biodiesel dapat melalui proses Transesterifikasi dari minyak nabati atau minyak hewani. Beberapa minyak nabati yang dapat digunakan bahan baku biodiesel adalah minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak kemiri, minyak jarak pagar, dan minyak berbagai tumbuhan yang mengandung trigliserida (Arpiwi, 2015). Pada prinsipnya, proses pembuatan biodiesel sangat sederhana dibandingkan proses bioenergi lainnya. Biodiesel dihasilkan melalui proses yang disebut reaksi esterifikasi asam lemak bebas atau reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol/alkohol dengan bantuan katalis dan dari reaksi ini akan dihasilkan metil ester/etil ester asam lemak dan gliserol (Kuncahyo dkk., 2013).

2.2.1 Potensi Bahan Baku Biodiesel

Bahan bakar minyak berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui seperti tumbuhan dan hewan. Bahan bakar minyak ini merupakan hasil proses esterifikasi dan transesterifikasi. Produksi minyak setiap jenis bahan baku berbeda-beda menurut jenisnya. Berikut data tumbuhan yang menghasilkan produksi minyak nabati per hektar ditunjukkan pada Tabel 2.2 (Kuncahyo dkk., 2013).

Tabel 2.2 Produksi Minyak Nabati Per Hektar

No	Tanaman	Kg/Ha
1	Jagung	145
2	Gandum	183
3	Sawit	189
4	Kacang Hijau	375
5	Kopi	386
6	Camelina	490
7	Wijen	558
8	Bunga Matahari	800
9	Coklat	863
10	Biji Jarak	1188
11	Jarak Pagar	1590
12	Kelapa	2260

Sumber: Kuncahyo dkk., 2013

Potensi pertanian Indonesia sangat besar dan didukung dengan kondisi letak yang sangat strategis membuat Indonesia memiliki berbagai jenis tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai bahan baku biodiesel.

2.2.2 Karakteristik Biodiesel

Biodiesel yang telah terbentuk harus memiliki standar mutu agar dapat diaplikasikan ke dalam mesin diesel. Terdapat beberapa standar mutu biodiesel dibuat melalui suatu proses ekstraksi mekanik dilanjutkan dengan proses kimia yang disebut esterifikasi ataupun transesterifikasi. Standar mutu biodiesel juga sudah ditetapkan secara nasional seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3, antara lain sebagai berikut:

Tabel 2.3 Syarat mutu biodiesel menurut SNI 7182:2015 Biodiesel

Parameter uji biodiesel B100	Bahan Bakar		SNI 7182:2015 (Biodiesel)
	Pertadex	Biodiesel	
Massa Jenis 15 ^o C (gr/ml)	820 - 860	881	850-890
Viskositas 40 ^o C (cst)	2,0 – 4,5	5,191	2,3 – 6,0
Nilai Kalor (kal / gram)	13468,68	9319,55	8957-9601
Flash point (^o C)	55	123	Min 100

Sumber : Salman, 2019

Karakteristik biodiesel untuk mengetahui kandungan atau kualitas dari minyak yang telah dibuat, karakteristik bahan bakar biodiesel yang perlu kita ketahui adalah:

a. Densitas

Densitas adalah perbandingan antara rapat minyak pada suhu tertentu dengan rapat air pada suhu tertentu. Syarat mutu untuk densitas biodiesel adalah 850-890 kg/m³.

b. Viskositas

Viskositas adalah kekentalan atau kemudahan biodiesel untuk dapat mengalir. Makin tinggi viskositas, minyak semakin kental dan lebih sulit untuk dialirkan, demikian pula 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.

c. Titik Nyala

Titik nyala merupakan suhu terendah dimana uap biodiesel yang diujikan akan menyala apabila dikenai nyala uji pada kondisi tertentu. Titik nyala ini diperlukan untuk keamanan dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran. Standar minimal titik nyala biodiesel adalah 100 °C.

d. Nilai kalor

Nilai kalor diperlukan untuk mengetahui besar panas yang dihasilkan dalam satuan kkal/kg.

Biodiesel secara keseluruhan memiliki emisi pembakaran yang lebih rendah dibandingkan solar konvensional. Biodiesel dapat dicampur dengan bahan bakar solar dan pertadex, karena belum ada penelitian yang dapat menggantikan solar dan pertadex dengan biodiesel murni (B100). Apabila solar atau pertadex digantikan biodiesel murni sebagai bahan bakar, maka mesin diesel yang digunakan harus dimodifikasi terlebih dahulu untuk menghindari gangguan seperti kesulitan start up, penyumbatan dalam filter, atau masalah lain dalam saluran bahan bakar.

2.3 Ampas Kelapa

Tanaman kelapa yang nama latinnya *Cocos nucifera* atau dalam Bahasa Inggris disebut dengan *coconut palm*, *coco palm* atau *coconut tree* sudah cukup dikenal oleh masyarakat luas. Pohon kelapa dijuluki sebagai “*The tree of life*” yang berarti pohon kehidupan karena merupakan tanaman yang sangat bermanfaat bagi manusia dimana hampir semua bagian tubuhnya (akar, batang, daun, bunga dan buah) memiliki kegunaan tertentu (Mardiatmoko dkk., 2018: 1). Produksi kelapa Indonesia merupakan salah satu yang terbesar didunia dengan produksi sebesar 18,30 juta ton per tahun serta pangsa pasarnya sebesar 30,24% dari produksi kelapa dunia (Mardianto dkk., 2018). Kelapa digunakan sebagai produk segar misal kelapa muda, atau dalam bentuk kopra sebagai bahan baku

minyak goreng, serta sisa pengolahan daging buah kelapa dalam bentuk ampas yang dijadikan sebagai bahan baku pakan ternak (Khaidir dkk., 2016).



Gambar 2.1 Ampas Kelapa
Sumber : Mardiatmoko dkk, 2018

Ampas kelapa berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Hal ini dikarenakan kandungan minyak didalam ampas kelapa sekitar 12,2 – 15,9% yang dapat dikonversi menjadi energi (Markopala, 2007). Ampas kelapa dapat difermentasi menggunakan ragi tape dengan konsentrasi sebesar 1,6% per berat bahan ampas selama 24 jam yang dilanjutkan dengan penjemuran selama beberapa hari sampai berwarna kecoklatan agar diperoleh minyak yang dapat digunakan sebagai bahan baku pada proses pembuatan biodiesel (Prawatya, 2010).

2.4 Pembuatan Biodiesel

Proses pembuatan biodiesel sangat sederhana. Biodiesel dihasilkan melalui proses yang disebut reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku atau reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dengan bantuan katalis (Sulaiman, 2013).

a. Ekstrasi Minyak

Langkah awal pembuatan biodiesel adalah dengan mendapatkan minyak mentah (*Crude Oil*). Ada beberapa metode atau cara untuk menghasilkan minyak dari berbagai tanaman yang mengandung minyak. Kelapa dapat menghasilkan minyak kelapa dengan cara ekstraksi mekanis maupun dengan mengepress bahan baku untuk didapatkan minyaknya.

b. *Degumming*

Degumming merupakan proses untuk memisahkan minyak dari getah yang mengandung fosfatida, protein, karbohidrat, residu, air dan sisa kotoran organik lain yang tidak diperlukan dalam proses pembuatan biodiesel (Qiqmana dkk., 2014). Proses Pembuatan dengan cara minyak ditimbang kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu 80°C sambil diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer. Setelah itu asam phospat ditambahkan sebanyak 0,3% dari berat minyak. Suhu minyak dipertahankan selama 15 menit sambil diaduk (Putri, 2018).

c. Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi dapat dilakukan ketika minyak nabati tersebut memiliki kadar asam lemak yang tinggi. Proses esterifikasi pada minyak ampas kelapa dilakukan dengan cara menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) kadar 98% seberat 0,5% dari berat minyak ampas kelapa dan methanol 99% sebanyak 10% dari volume minyak ampas kelapa. Pengadukan menggunakan Magnetic Stirrer dilakukan selama 60 menit pada suhu 70°C. Minyak hasil esterifikasi dimasukkan dalam corong pemisah dan dibiarkan hingga terjadi pemisahan. Campuran metanol, air dan asam sulfat akan berada di bawah sedangkan campuran minyak dan alkil esters akan berada diatas. Endapan dari proses esterifikasi yaitu campuran metanol, air dan asam sulfat sebanyak 43gr/l (Qiqmana dkk., 2014).

d. Transesterifikasi

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

e. Pencucian

Pencucian dengan metode *dry wash* menggunakan absorben magnesol. (Qiqmana dkk, 2014). Pencucian biodiesel ini dengan cara mencampurkan biodiesel dengan air hangat (suhu 50°C – 60°C) sebanyak 40% dari volume biodiesel. Hasil tersebut dikocok dan didiamkan selama 24 jam. Biodiesel hasil pencucian akan tampak terpisah dengan cairan pengotor (Khaidir dkk., 2016).

2.5 Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel

Mesin diesel disebut motor penyalan kompresi (*compression ignition engine*), karena cara penyalan bahan bakarnya dilakukan dengan cara menyemprotkan bahan bakar ke dalam udara yang telah bertekanan dan bertemperatur tinggi, sebagai akibat dari proses kompresi piston di dalam silinder (munandar dan Tsuda., 1986). Mesin diesel digunakan pada kendaraan-kendaraan yang berukuran besar hal ini dikarenakan mesin diesel mengkonsumsi bahan bakar $\pm 25\%$ lebih rendah dari mesin bensin, lebih murah dan perawatannya lebih sederhana (Kubota dan Takigawa., 2001). Unjuk kerja mesin diesel dilakukan untuk mengetahui performa mesin diesel. Unjuk kerja mesin diesel dibagi beberapa parameter yaitu torsi, daya, efisiensi termal, dan konsumsi bahan bakar spesifik.

2.5.1 Nilai Kalor Bahan Bakar

Nilai kalor bahan bakar dibedakan menjadi dua yaitu nilai kalor atas dan nilai kalor bawah.

- a. Nilai kalor atas (*High Heating Value*, HHV), merupakan nilai kalor yang diperoleh secara eksperimen menggunakan *calorimeter*, hasil pembakaran bahan bakar didinginkan sampai suhu kamar sehingga sebagian besar uap air yang terbentuk dari pembakaran hidrogen mengembun dan melepaskan panas latennya (Andrey, 2014). Secara teoritis, besarnya nilai kalor atas (HHV) dapat dihitung bila diketahui komposisi bahan bakarnya dengan menggunakan persamaan yang ditunjukkan pada persamaan 2.1 di bawah ini:

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

Keterangan:

HHV = Nilai kalor atas (kJ/kg)

H₂ = Persentase hidrogen dalam bahan bakar

O₂ = Persentase oksigen dalam bahan bakar

S = Persentase sulfur dalam bahan bakar

- b. Nilai kalor bawah (*Low Heating Value*, LHV), merupakan nilai kalor bahan bakar tanpa panas laten yang berasal dari pengembunan uap air. Umumnya kandungan hidrogen dalam bahan bakar cair berkisar 15 % yang berarti setiap satu satuan bahan bakar, 0,15 bagian merupakan hidrogen. Pada proses pembakaran sempurna, air yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar adalah setengah dari jumlah mol hidrogennya. Selain berasal dari pembakaran hidrogen, uap air yang terbentuk pada proses pembakaran dapat pula berasal dari kandungan air yang memang sudah ada didalam bahan bakar (*moisture*) (Andrey, 2014). Besarnya nilai kalor bawah (LHV) dapat dihitung dengan rumus berikut :

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

Keterangan :

LHV = Nilai Kalor Bawah (kJ/kg)

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

2.5.2 Torsi

Raharjo dan Karnowo (2008) menjelaskan bahwa torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk melakukan suatu usaha, jadi torsi merupakan suatu energi. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak tertentu dan memiliki satuan Nm (SI) atau *ft.lb* (*British*).

Besarnya torsi suatu mesin dapat diperoleh dari hasil pengujian dengan menggunakan alat *dynamometer test* (Ariani dkk., 2017). Besarnya torsi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Mt = \frac{60.Ne}{2\pi.n} (Nm) \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

Mt = Torsi (N.m)

Ne = Daya (Watt)

n = Putaran mesin (rpm)

2.5.3 Daya Efektif

Pada motor bakar umumnya dikenal ada dua jenis yaitu daya poros dan daya indikator. Daya efektif dipengaruhi oleh putaran mesin dan torsi yang dihasilkan mesin. Daya poros atau daya efektif merupakan daya yang dihasilkan mesin pada poros keluarannya (Farida dkk., 2017). Daya dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Ne = \sqrt{3}. V. I. \text{Cos } \theta (W) \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

Ne = Daya mesin (W)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

$\sqrt{3}$ = Konstanta Generator 3 Fasa

Cos θ = Faktor daya listrik (Cos θ) = 1

2.5.4 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar merupakan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi per satuan unit daya yang dihasilkan per jam operasi. konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi mesin dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar (Ariani dkk., 2017). Besarnya konsumsi bahan bakar spesifik dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$SFC = \frac{m_f \times 10^3}{Ne} (kg / kWh) \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan

SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik (gr/kWh)

M_f = Laju aliran massa bahan bakar (kg/jam).

N_e = Daya Efektif (Watt)

Besar Laju aliran massa bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$m_f = \frac{v_f \times sg_f \times 3600}{t_f} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

m_f = Laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)

sg_f = Specific gravity (kg/m³)

v_f = volume bahan bakar yang diuji (m³)

t_f = waktu untuk menghabiskan bahan bakar (s)

2.5.5 Efisiensi Thermal

Efisiensi termal suatu mesin didefinisikan sebagai rasio antara energi keluaran dengan energi kimia yang masuk yang dikandung bahan bakar dalam bentuk bahan bakar yang dihisap ke dalam ruang bakar (Ariani dkk., 2017).

Efisiensi termal dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_t = \frac{N_e \times 3,6}{m_f \times LHV} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

N_e = Daya efektif (Watt)

η_t = Efisiensi Thermal

LHV = Nilai kalor bawah bahan bakar (kJ/kg)

m_f = Laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)

2.5.6 Ospasitas

Proses pembakaran yang terjadi pada motor pembakaran dalam, menghasilkan beberapa gas produk pembakaran yang disebut emisi buang (Kristanto, 2015). Emisi gas buang pada motor diesel dapat berbentuk opasitas

atau ketebalan asap. Opasitas merupakan indikator derajat kegelapan dan tembus pandang tidaknya suatu emisi gas buang. Besarnya opasitas tergantung pada banyaknya bahan bakar yang disemprotkan (dikabutkan) ke dalam silinder mesin diesel (Sukoco dan Arifin., 2013). Untuk mengetahui kandungan Opasitas yang dihasilkan pada mesin diesel dapat diketahui kelayakannya dengan melakukan pengujian kadar opasitas menggunakan alat smokemeter. Kandungan emisi dan opasitas gas buang memiliki beberapa standar mutu berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 21 tahun 2008. Peraturan pemerintah tersebut mengatur tentang ambang batas kandungan emisi dan opasitas gas buang untuk mesin stasioner pembangkit tenaga diesel. Adapun beberapa standar mutu yang telah ditetapkan seperti pada Tabel 2.4 seperti berikut.

Tabel 2.4 Standar mutu emisi dan opasitas gas buang

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%	-

Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 21 tahun 2008

2.6 Desain dan Analisa Eksperimen

2.6.1 Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan Ilmu statistika yang banyak berkaitan dengan pengumpulan, penyajian, penganalisisan dan pengambilan kesimpulan mengenai populasi berdasarkan sekumpulan data dan dapat di selesaikan dengan menggunakan ilmu hitung peluang. Dalam hal ini analisis hanyalah bersifat eksak apabila asumsi-asumsi, umumnya mengenai bentuk distribusi, semuanya akan dipenuhi. Pada kenyataannya hal-hal tersebut sangat sukar dibuktikan, sehingga banyak hal sering bergantung pada metoda analisis yang digunakan untuk suatu persoalan. Sering terjadi bahwa data yang dikumpulkan ternyata kurang berfaedah untuk keperluan analisis. Untuk mengatasi hal ini, cara yang dapat di gunakan yaitu desain eksperimen, yaitu suatu rancangan

percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan supaya data yang semestinya diperlakukan dapat diperoleh sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan untuk persoalan yang sedang dibahas.

2.6.2 Tujuan Desain Eksperimen

Untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Setidaknya penelitian dilakukan sesederhana dan seefisien mungkin mengingat waktu, biaya, tenaga dan bahan yang digunakan. Desain yang sederhana akan mudah dilaksanakan dan cepat dianalisis karena bersifat ekonomis. Jadi sangat jelas bahwa desain eksperimen berusaha untuk memperoleh informasi yang maksimum dengan menggunakan biaya yang minimum.

2.6.3 Prinsip dasar Desain Eksperimen

Prinsip dasar yang lazim dikenal adalah replikasi, pengacakan dan kontrol lokal.

a. Replikasi

Replikasi diartikan pengulangan eksperimen dasar. Replikasi ini diperlukan karena dapat memberikan taksiran kekeliruan eksperimen yang dapat dipakai untuk menentukan panjang interval *konfidens* (selang kepercayaan) atau dapat digunakan sebagai satuan dasar pengukuran untuk penetapan taraf signifikan dari pada perbedaan-perbedaan yang diamati, menghasilkan taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen dan untuk memperoleh taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata sesuatu faktor.

b. Pengacakan

Pengacakan menyebabkan pengujian menjadi berlaku yang menyebabkan memungkinkannya data dianalisis, dengan anggapan seolah-olah asumsi tentang independen dipenuhi. Berarti bahwa

pengacakan tidak menjamin terjadinya independen, melainkan hanyalah memperkecil adanya korelasi antar pengamatan (jadi juga antar kekeliruan).

c. Kontrol lokal

Kontrol Lokal merupakan merupakan langkah-langkah atau usaha-usaha yang berbentuk penyeimbangan, pemblokian dan pengelompokan unit-unit eksperimen yang digunakan dalam desain. Jika replikasi dan pengacakan pada dasarnya akan memungkinkan berlakunya uji keberartian, maka kontrol lokal menyebabkan desain lebih efisien, yaitu menghasilkan prosedur pengujian dengan kuasa yang lebih tinggi.

2.6.4 Analisis Varians Dua Arah

Analisis varians (analysis of variance) atau ANOVA adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Uji dalam anova menggunakan uji F karena digunakan untuk menguji lebih dari 2 sampel. Dalam praktiknya, analisis varians lebih sering digunakan untuk uji hipotesis maupun pendugaan (estimation, khususnya di bidang genetika terapan). Anova digunakan untuk melakukan analisis komparasi multivariabel. Teknik analisis komparatif dengan menggunakan uji “t” yakni dengan mencari perbedaan yang signifikan dari dua buah *mean* hanya efektif bila jumlah variabelnya dua. Untuk mengatasi hal tersebut teknik analisis komparatif yang lebih baik yaitu Analysis of variances yang disingkat anova.

Anova digunakan untuk membandingkan rata-rata populasi. Jenis data yang tepat untuk anova adalah nominal dan ordinal pada variabel bebasnya, jika data pada variabel bebasnya dalam bentuk interval atau ratio maka harus diubah dulu dalam bentuk ordinal atau nominal. Sedangkan variabel terikatnya adalah data interval atau ratio. Adapun asumsi dasar yang harus terpenuhi dalam analisis varian adalah :

a. Kenormalan

Distribusi data harus normal, agar data berdistribusi normal dapat ditempuh dengan cara memperbanyak jumlah sampel dalam kelompok.

b. Kesamaan variansi

Setiap kelompok harus berasal dari populasi yang sama dengan variansi yang sama, jika banyaknya sampel sama pada setiap kelompok maka kesamaan variansinya dapat diabaikan tetapi jika banyak sampel pada masing masing kelompok tidak sama maka kesamaan variansi populasi sangat diperlukan.

c. Pengamatan bebas

Sampel harus diambil secara acak (*random*), sehingga setiap pengamatan merupakan informasi yang bebas.

Anova dua arah digunakan jika sumber keragaman yang terjadi tidak hanya karena satu faktor (perlakuan). Faktor lain yang mungkin menjadi sumber keragaman respon juga harus diperhatikan. Faktor lain ini bisa perlakuan lain atau faktor yang sudah terkondisi. Pertimbangan memasukkan faktor kedua sebagai sumber keragaman ini perlu bila faktor itu dikelompokkan (blok), sehingga keragaman antar kelompok sangat besar, tetapi kecil dalam kelompok sendiri. Tujuan dan pengujian anova dua arah ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari berbagai kriteria yang diuji terhadap hasil yang diinginkan. Dalam pengujian Anova digunakan rumus hitung sebagai berikut

Tabel 2.5 Analisis Varians Klasifikasi Dua Arah

Sumber Keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung
Nilai tengah baris (A)	JKB	r-1	$s_1^2 = \frac{JKB}{r-1}$	$f_1 = \frac{s_1^2}{s_4^2}$
Nilai tengah kolom (B)	JKK	c-1	$s_2^2 = \frac{JKK}{c-1}$	$f_2 = \frac{s_2^2}{s_3^2}$
Interaksi (A*B)	JKB(K)	(r-1)(c-1)	$s_4^3 = \frac{JK(KB)}{(r-1)(c-1)}$	$f_2 = \frac{s_3^2}{s_4^2}$
Galat (<i>error</i>)	JKG	rc(n-1)	$s_4^2 = \frac{JKG}{rc(n-1)}$	
Total		rc-1		

Sumber : walpole, Ronald E. (1995)

Keterangan :

$$\text{JKB} : \text{Jumlah Kuadrat Baris} \qquad \text{JKB} = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{cn} - \frac{T^2..}{rcn}$$

$$\text{JKK} : \text{Jumlah Kuadrat Kolom} \qquad \text{JKK} = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rn} - \frac{T^2..}{rcn}$$

JKB(K) : Jumlah Kuadrat Baris (Kolom)

$$\text{JKB(K)} = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{cn} - \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rn} + \frac{T^2}{rcn}$$

JKG : Jumlah Kuadrat Galat

$$\text{JKG} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n}$$

JKT : Jumlah Kuadrat Total

$$\text{JKG} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - \frac{T^2..}{rcn}$$

2.7 Penelitian Sebelumnya

Andi Widiyanto (2014) meneliti tentang uji kemampuan bahan bakar solar dan biodiesel dari minyak biji jarak terhadap unjuk kerja dan opasitas mesin diesel 4 langkah dan di dapatkan hasil bahwa campuran solar dan biodiesel dari minyak biji jarak mampu meningkatkan unjuk kerja mesin, menghemat bahan bakar, dan menurunkan opasitas. Hal ini dibuktikan pada campuran solar-biodiesel (B25) yang terbaik dengan peningkatan torsi menjadi 2,79 kgf.m presentase peningkatan 32, 23% pada 4500 rpm, campuran solar-biodiesel (B25) terbaik dengan peningkatan daya menjadi 17,70 PS dengan presentase peningkatan sebesar 30,02% pada 4500 rpm. Tekanan efektif rata-rata menjadi 0,35 kg/cm² dengan presentase peningkatan sebesar 30,02%. Hal ini karena karekteristik campuran solar dan biodiesel yaitu angka cetane dan titik nyala lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Konsumsi bahan bakar menjadi 2,87 kg/jam dengan presentase penurunan sebesar 28,38% pada 4500 rpm. Sedangkan opasitas mengalami penurunan menjadi 6,40% dengan presentase penurunan sebesar 60,02%.

Bantu H (2017) meneliti tentang pengaruh pemakaian campuran solar dengan biodiesel minyak kedelai terhadap emisi mesin diesel satu silinder. Emisi gas buang yang diukur adalah hydrocarbon (HC), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) dan oxigen (O₂). Melakukan pengujian terhadap daya, laju aliran bahan bakar, AFR, efisiensi volumetrik, daya aktual, tekanan efektif rata-rata. Pengujian emisi gas buang menggunakan empat para meter CO, UHC, CO₂, dan O₂, yang memperoleh hasil kadar O₂ diperoleh dengan angka terendah ketika menggunakan bahan bakar biodiesel, sedangkan kadar CO, CO₂ dan UHC masih lebih baik menggunakan bahan bakar solar dengan campuran biodiesel.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran solar dengan biodiesel POME atau limbah asam lemak sawit terhadap parameter performansi mesin genset diesel. Variasi bahan bakar yang digunakan solar, B5, B10, B15 dan B20. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kalor paling tinggi terdapat pada bahan bakar solar sebesar 43294 kJ/kg. Nilai kalor paling rendah terdapat pada bahan bakar B20 yaitu 34708 kJ/kg. Hasil pengujian di laboratorium diperoleh daya maksimum terjadi saat mesin menggunakan bahan bakar solar pada putaran mesin 1200 rpm sebesar 445,03 watt. Sedangkan daya minimum diperoleh saat mesin menggunakan bahan bakar B20 pada putaran mesin 700 rpm sebesar 121,84 watt. Untuk nilai konsumsi bahan bakar spesifik minimum diperoleh sebesar 359 gr/kWh pada pemakaian bahan bakar premium pada putaran mesin 1200 rpm dan konsumsi bahan bakar maksimum diperoleh saat mesin menggunakan bahan bakar B20 sebesar 930,84 pada putaran mesin 700 rpm. Besarnya efisiensi termal maksimum sebesar 24% dengan menggunakan solar untuk putaran mesin 1200 rpm dan nilai efisiensi termal minimum sebesar 11,55% dengan menggunakan bahan bakar B20 pada putaran mesin 700 rpm. Kondisi tingkat keabutan atau opasitas emisi gas buang paling tinggi terjadi saat mesin menggunakan bahan bakar solar dan minimum saat mesin menggunakan bahan bakar B20 (Farida dkk., 2014).

Penelitian analisis biodiesel minyak kelapa sebagai bahan bakar mesin diesel. Analisis difokuskan pada potensi sifat biodiesel minyak kelapa sebagai bahan bakar mesin diesel. Pengujian biodiesel terdiri dari B5, B10, B15, B20, B25

dan biodiesel murni dari minyak kelapa. Berdasarkan analisis data, dari pengujian tersebut didapatkan hasil bahwa biodiesel memiliki titik nyala lebih rendah dari bahan bakar diesel. Biodiesel juga memiliki viskositas kinematika lebih tinggi dari bahan bakar diesel. Dan berat jenis biodiesel lebih tinggi dari pada berat jenis solar (Darmanto Dkk., 2006).

Penelitian tentang Analisa unjuk kerja mesin diesel satu silinder menggunakan supercarjer berbahan bakar pertadex dan campuran pertadex biodiesel biji bunga matahari yang bertujuan untuk menganalisa performansi mesin diesel TD-115 serta melihat pengaruh dari panambahan supercarjer. Dari hasil pengujian berdasarkan jumlah bahan biodiesel yang digunakan (Pertadex + 5% Biodiesel, Pertadex + 10% Biodiesel, pertadex + 15 % Biodiesel, pertadex + 20% Biodiesel), dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa Daya menurun sekitar 1-4%, Konsumsi bahan bakar spesifik (*Spesific Fuel Consumption*) meningkat sekitar 11-58 %, Efisiensi termal aktual brake menurun sekitar 2-6 %, Laju aliran massa bahan bakar menurun sekitar 4-14 %, Efisiensi volumetris menurun sekitar 15 – 45 %, *Heat loss* serta presentase *heat loss* menurun sekitar 1-5.7 %, Air Fuel Rasio menurun sekitar 18 – 36 % (Tulus dkk., 2015).

2.8 Hipotesa

Mengacu pada tinjauan pustaka diatas maka didapatkan hipotesa. Unjuk kerja mesin diesel yang diberi campuran biodiesel mampu meningkatkan kinerja dari mesin diesel dan mampu mengurangi konsumsi bahan bakar. Hal ini karena karekteristik campuran pertadex dengan biodiesel yaitu angka cetane dan titik nyala lebih tinggi dibandingkan dengan pertadex murni.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode experimental. Metode experimental digunakan untuk menguji unjuk kerja mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel yang dicampur pertadex pertamina dengan komposisi B0 (100% pertadex), B10 (90% pertadex dan 10% biodiesel), B20 (80% pertadex dan 20% biodiesel), dan B30 (70% pertadex dan 30% biodiesel). Pengujian tahap ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh campuran bahan bakar pertadex dengan minyak biodiesel ampas kelapa terhadap unjuk kerja mesin diesel dan emisi gas buang yaitu, torsi, daya, efisiensi termal, dan konsumsi bahan bakar.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

a. Pembuatan bahan

Proses pembuatan biodiesel Ampas kelapa dilakukan di Laboratorium Konversi Energi 1 Universitas Jember, Jalan Slamet Riyadi No. 36 Patrang Jember.

b. Pengujian Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor biodiesel dilakukan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember

c. 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.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian pembuatan biodiesel dan pengujian unjuk kerja mesin diesel dilakukan selama enam bulan yaitu dari bulan September 2019 - Februari 2020.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Pembuatan Biodiesel.

a. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- *Mesin press hidrolis jack 20 ton*
- *Oven*
- *Heater*
- *Magnetic stirrer Max Blend 5 lt*
- *Panci*
- *Pipet filler*
- *Gelas plastik*
- *Botol plastik*
- *Sarung tangan latex*
- *Neraca digital*
- *Thermometer*
- *Thermostat*
- *Stopwatch*
- *Kompas gas*
- *Gelas ukur*

b. Bahan

Bahan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Ampas Kelapa
- Kalium Hidroksida (KOH)
- Methanol
- Air
- Cuka (CH₃COOH)

3.3.2 Mesin Pengujian unjuk Kerja/Mesin Diesel

a. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- *Bomb Calorimeter*
- *Dynamometer test*
- *Mesin diesel Matsumoto MDX-170 F*



Gambar 3.1 Mesin diesel Matsumoto MDX-170 F

Tabel 3.1 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
Dimensi (mm)	450 x 360 x 450

- Generator Daiho STD-24



Gambar 3.2 Generator

Tabel 3.2 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

- Diesel smoke meter (Tecnomotor 820)



Gambar 3.3 Smoke Meter

- *Stopwatch*
- *Voltmeter*
- Amperemeter
- Tachometer digital
- Beban listrik menggunakan lampu pijar sebanyak 5 buah dengan konsumsi daya masing-masing lampu sebesar 500 Watt.

b. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Biodisel Ampas kelapa
- Pertamina dex

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. Variasi campuran biodiesel yang digunakan adalah, pertadex 100% atau B0, pertadex dengan biodiesel ampas kelapa 10% atau B10, pertadex dengan biodiesel ampas kelapa 20% atau B20, dan pertadex dengan biodiesel ampas kelapa 30% atau dan putaran rpm mesin dari sebelum putaran maksimum sampai putaran setelah maksimum yaitu 1600 sampai dengan 2400 rpm dengan interval kenaikan setiap 200 rpm.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya bergantung pada variabel bebasnya. Jadi variabel terikat ini merupakan efek dari variabel bebas. Dalam penelitian ini mempunyai variabel terikat seperti :

- a. Arus listrik (I)
- b. Tegangan Listrik (V)
- c. Waktu konsumsi bahan bakar (tf)
- d. Opasitas emisi gas buang

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil dari penelitian. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah pemberian beban lampu dengan beban konstan 500 Watt.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data primer, merupakan data yang diperoleh 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 Metode Pengolahan Data

Data-data yang sudah diperoleh dari hasil pengujian yaitu I, V, dan Tf dilakukan pengolahan data menggunakan statistik anova dua arah (*two way anova*). Kemudian hasil dari data-data tersebut diolah menggunakan rumus yang telah ditentukan.

3.7 Tahap Pembuatan Biodiesel Ampas Kelapa

Pembuatan biodiesel minyak ampas kelapa adalah sebagai berikut:

- a. Menjemur ampas kelapa selama dua sampai tiga hari.
- b. Mengepres ampas kelapa untuk mendapatkan kandungan minyaknya.
- c. Memanaskan air pada suhu 60 °C - 70 °C menggunakan *heater*.
- d. Menambahkan *thermostat* pada *heater* agar suhu tidak terus bertambah.
- e. Minyak kelapa 100 ml ditransesterifikasikan dengan metanol 30% dari jumlah minyak ampas kelapa dan 1% KOH dari jumlah minyak ampas kelapa.
- f. Campuran minyak ampas kelapa dipanaskan menggunakan *heater* dengan suhu 60°.
- g. Mencampurkan metanol dan KOH ke dalam minyak ampas kelapa.
- h. Melakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama 60 menit.
- i. Mendinginkan hasil pengadukan Selama 24 jam.
- j. Melakukan pencucian menggunakan air hangat dengan suhu 100 °C.
- k. Kemudian melakukan secara berulang dengan metode yang sama sampai mendapatkan Biodiesel sesuai yang di inginkan.

3.8 Tahap Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel

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

- a. Menyiapkan Mesin diesel yang sudah terhubung dengan generator menggunakan transmisi sabuk.
- b. Masukkan bahan bakar kedalam saluran bahan bakar mesin diesel.
- c. Menyalakan mesin diesel 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 generator 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 tetap/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 opasitas pada 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.

3.9 Pengolahan dan Pengambilan Data

3.9.1 Pengambilan Nilai Kalor Bahan Bakar

Pengujian nilai kalor dilakukan dilaboratorium kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember bahan bakar diuji menggunakan *bomb calorimeter*. Data yang diambil adalah nilai kalor bahan bakar dari masing-masing variasi campuran biodiesel dan pertadex seperti yang tertera pada tabel 3.3 sebagai berikut :

Tabel 3.3 Data nilai kalor bahan bakar

Bahan Bakar	LHV Rata-rata
Pertamina Dex 100%	
Pertamina Dex 90% + Biodiesel 10%	
Pertamina Dex 80% + Biodiesel 20%	
Pertamina Dex 70% + Biodiesel 30%	

3.9.2 Pengambilan Data Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel

Pengujian unjuk kerja mesin diesel dilakukan dengan mengatur putaran mesin pada 1600 rpm hingga 2400 rpm dengan interval kenaikan 200 rpm dan beban konstan sebesar 500 watt. Putaran mesin diukur dengan menggunakan *tachometer* sehingga dapat mengetahui putaran mesin. Adapun data yang diambil

yaitu Arus listrik (I), Tegangan listrik (V), Waktu konsumsi bahan bakar (tf) yang di sajikan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 3.4 sebagai berikut:

Tabel 3.4 Data I, V, dan tf pada 1600-2400 rpm

Rpm	B0			B10			B20			B30		
	I	V	tf	I	V	tf	I	V	Tv	I	V	Tf
1600	1											
	2											
	3											
	r											
1800	1											
	2											
	3											
	r											
2000	1											
	2											
	3											
	r											
2200	1											
	2											
	3											
	r											
2400	1											
	2											
	3											
	r											

3.9.3 Tahap Pengolahan Data

Hasil pengujian unjuk kerja mesin diesel dapat di lihat pada tabel I, V, dan tf di atas, data-data tersebut dilakukan pengolahan data menggunakan rumus-rumus yang telah di tentukan untuk menghasilkan beberapa parameter-parameter unjuk kerja mesin diesel sebagai berikut :

- Torsi (T) melakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.3
- Daya efektif (Ne) melakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.4
- Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) melakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.5
- Efisiensi termal (η_t) melakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.8

Data-data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik sebagai berikut. Adapun data nilai torsi yang telah dihitung menggunakan rumus persamaan 2.3 disajikan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 3.5 sebagai berikut:

Tabel 3.5 Penyajian Nilai Torsi

Bahan Bakar	Torsi (Nm) Pada Putaran Mesin					Rata – rata
	1600rpm	1800 rpm	2000rpm	2200rpm	2400rpm	
B0						
B10						
B20						
B30						

Data nilai daya efektif yang telah dihitung menggunakan rumus persamaan 2.4 disajikan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 3.6 sebagai berikut:

Tabel 3.6 Penyajian Nilai Daya Efektif

Bahan Bakar	Daya efektif (watt) Pada Putaran Mesin					Rata – rata
	1600rpm	1800 rpm	2000rpm	2200rpm	2400rpm	
B0						
B10						
B20						
B30						

Data nilai SFC (konsumsi bahan bakar) yang telah dihitung menggunakan rumus persamaan 2.5 disajikan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 3.7 sebagai berikut:

Tabel 3.7 Penyajian Nilai SFC

Bahan Bakar	SFC (kg/kWH) Pada Putaran Mesin					Rata – rata
	1600rpm	1800 rpm	2000rpm	2200rpm	2400rpm	
B0						
B10						
B20						
B30						

Data nilai efisiensi termal yang telah dihitung menggunakan rumus persamaan 2.7 disajikan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 3.8 sebagai berikut:

Tabel 3.8 Penyajian Nilai Efisiensi Thermal

Bahan Bakar	Efisiensi Thermal Pada Putaran Mesin					Rata – rata
	1600rpm	1800 rpm	2000rpm	2200rpm	2400rpm	
B0						
B10						
B20						
B30						

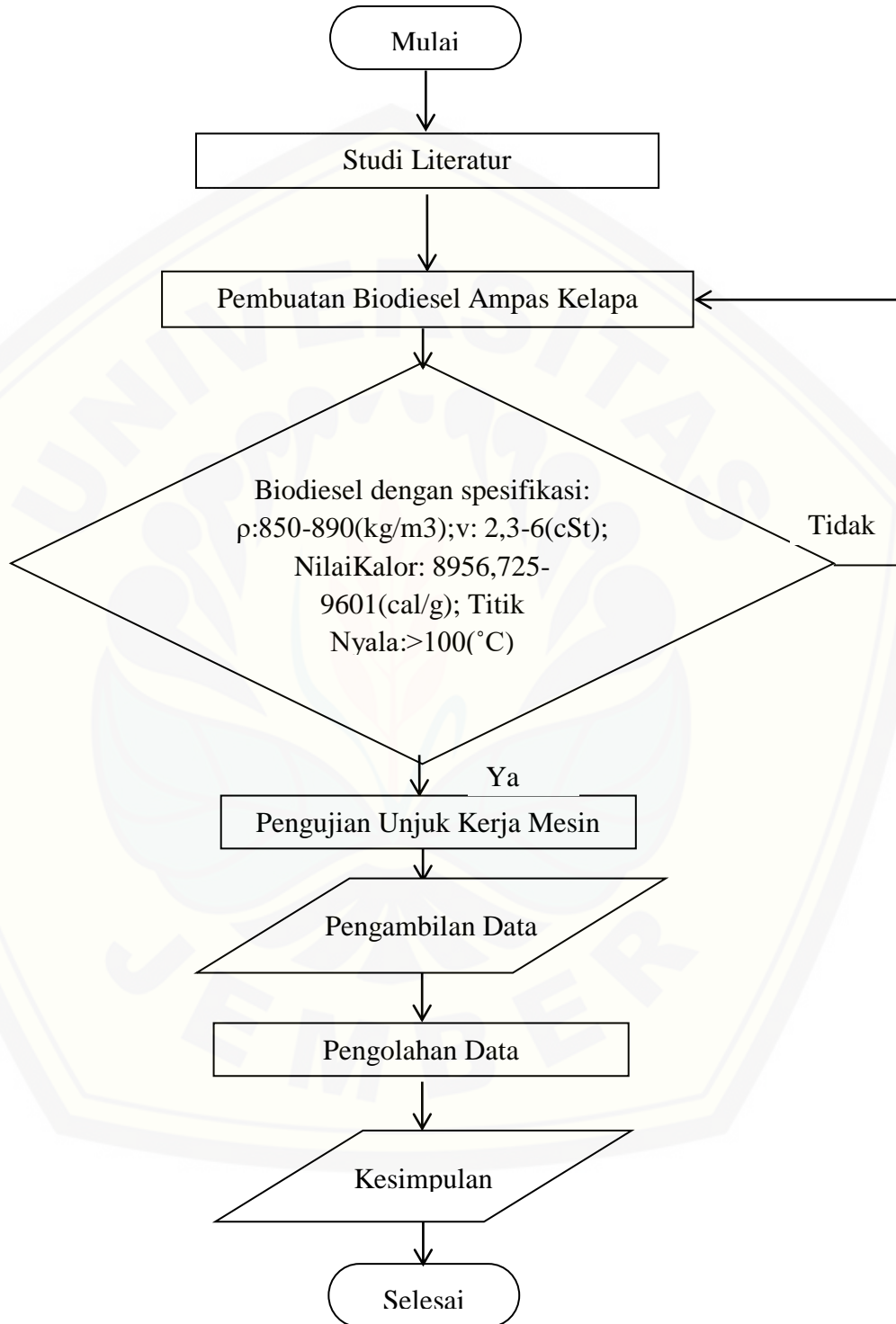
3.9.4 Tahap Pengambilan Data Opasitas

Data opasitas diambil dalam setiap campuran bahan bakar dengan menggunakan alat smokemeter. Pengambilan Data opasitas dilakukan sebanyak 3 kali percobaan kemudian diambil rata-ratanya. Adapun data opasitas yang diambil disajikan dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 3.9 sebagai berikut:

Tabel 3.9 Data Opasitas Gas Buang

Bahan bakar	Opasitas ($K\cdot m^{-1}$)			
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata
B0				
B10				
B20				
B30				

3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

a. Pengaruh penambahan biodiesel ampas kelapa dengan variasi campuran biodiesel B0, B10, B20 dan B30 terhadap unjuk kerja mesin diesel.

1) Uji anova dua arah

Pada data I (arus), V (tegangan), dan t_f (waktu konsumsi bahan bakar). Setiap campuran bahan bakar dan variasi rpm terbukti berpengaruh nyata terhadap I dan V. Sedangkan untuk t_f , tidak ada pengaruh yang signifikan pada setiap campuran bahan bakar.

2) Daya efektif dan torsi

Daya efektif dan torsi dipengaruhi oleh putaran mesin diesel serta campuran biodiesel. nilai daya efektif rata-rata terbaik adalah B10, yaitu dapat meningkatkan daya efektif sebesar 3,29% dari pertadex murni dan nilai torsi rata-rata terbaik adalah B10, yaitu dapat meningkatkan torsi sebesar 3,10% dari pertadex murni.

3) Konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*)

Konsumsi bahan bakar spesifik pada mesin diesel dipengaruhi oleh nilai laju aliran masa bahan bakar dan berbanding terbalik dengan daya efektif. Campuran bahan bakar biodiesel ampas kelapa dengan pertadex yang menghasilkan nilai *SFC* rata-rata terbaik adalah B10, yaitu dapat menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 5,68% dari pertadex murni.

4) Efisiensi termal

Efisiensi termal pada mesin diesel berbanding lurus dengan daya efektif. Campuran bahan bakar biodiesel ampas kelapa dengan pertadex yang menghasilkan nilai efisiensi termal rata-rata terbaik adalah B10, yaitu dapat meningkatkan efisiensi termal sebesar 15,01% dari pertadex murni.

5) Opasitas

Opasitas dipengaruhi oleh banyaknya campuran bahan bakar. Semakin banyak biodiesel yang ditambahkan maka semakin kecil nilai opasitas yang dihasilkan. Opasitas terbaik dihasilkan pada campuran bahan bakar B30 yaitu sebesar 2,1%HSU.

5.2 Saran

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

- a. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan menggunakan campuran bahan bakar yang berbeda, yaitu dengan mengganti menggunakan bahan baku biodiesel yang lain maupun mengganti komposisi campurannya. Serta meneliti kandungan pada emisi gas buang seperti CO, CO₂, O₂, NO_x dan SO₄.
- b. Biodiesel yang digunakan sebaiknya disimpan pada tempat yang tidak terkontaminasi langsung oleh sinar matahari, agar tidak merubah nilai karakteristiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Widiyanto. 2014. Uji kemampuan campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak biji jarak terhadap unjuk kerja dan opasitas mesin diesel 4 langkah. *Jurnal teknik mesin*. 2 (3): 38-46.
- 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.
- Aris munandar dan Tsuda. 1986. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Arpiwi, N. L. 2015. *Diklat Kuliah Bioenergi : Biodiesel dan Bioetanol*. Bali. Prodi Biologi FMIPA Universitas Udayana.
- Azad, K., dan M. Rasul. 2018. Performance and Combustion Analysis of Diesel Engine Fueled with Grape Seed and Waste Cooking Biodiesel. *Energy Procedia*160(2019):340-347.
- Bantu Hasiholan. 2017. Pengaruh pemakaian campuran solar dengan biodiesel minyak kedelai terhadap emisi mesin diesel satu silinder. *Skripsi*. Sumatra Utara: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara Medan.
- Budi, T., Muhaji. 2014. Pengaruh campuran biodiesel dari minyak biji kapas pada solar terhadap kinerja dan emisi gas buang pada mesin diesel. *JTM*. 03(2) : 112-120.
- Farida Ariani, Elisabeth Ginting, dan Tulus Burhanuddin Sitorus. 2015. Karakteristik pengaruh biodiesel dari limbah sawit cair terhadap unjuk kerja mesin diesel empat langkah. 16 (2): 0854-7468.

- Havendri, A. 2008. Kaji Eksperimental Prestasi Dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Campuran Bahan Bakar Biodiesel Minyak Jarak (*Jatropha Curcas L.*) Dengan Solar. *Teknika Unand* 1(29):65-72.
- Hikmah, Maharani Nurul., & Zuliyana. 2010. "Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi". Semarang: Universitas Diponegoro.
- Indera C, Pradana, dan Diah Susanti. 2013. Analisa Pengaruh Komposisi Graphene- TiO₂ terhadap Unjuk Kerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) *jurnal teknik pomits* 1 (2): 2301-9271.
- Lubis, A. 2007. Energi terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan. *Jurnal teknik lingkungan*. 8 (2): 155-162.
- Karouw, S. dan B. Santosa. 2014. Minyak Kelapa Sebagai Sumber Asam Lemak Rantai Medium. *Prosiding Konferensi Nasional Kelapa (VIII)* : 73-78.
- Khaidir, Nasrudin, dan D Syahputra. 2016. Pengolahan Ampas Kelapa Dalam Menjadi Biodiesel Pada Beberapa Variasi Konsentrasi Katalis Kalium (Hidroksida) KoH. *Jurnal Samudera* 9 (2): 77-92.
- Kong, T. G. 2010. Peran biomassa bagi energi terbarukan, pengantar solusi pemanasan global yang ramah lingkungan. Jakarta: PT Elex Media Komputinti.
- Kristanto. 2015. Motor Bakar Torak (Teori & Aplikasinya). Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kubota, S. dan Takigawa. 2001. Diesel Engine Performance. New Jersey : Prentice Hall.
- Kuncahyo, P., A. Zuhdi M., Fathallah, dan Semin 2013. Analisa prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia. *Jurnal TEKNIK POMITS* 2 (1): 2337-3539.
- Mardiatmoko, G dan M. Ariyanti. 2018. Produksi Tanaman Kelapa (*Cocos nucifera L.*). Ambon. Fakultas Pertanian.
- Milford A dan Hanna. 1999. Biodiesel Production a Review. *Jurnal Bioresource Technology*. 70 (1): 1-15.
- Murni. 2012. Pengaruh Temperatur Solar terhadap Performa Mesin Diesel Direck Injection Putaran Konstan. *TEKNIK* 33(1):37-41.

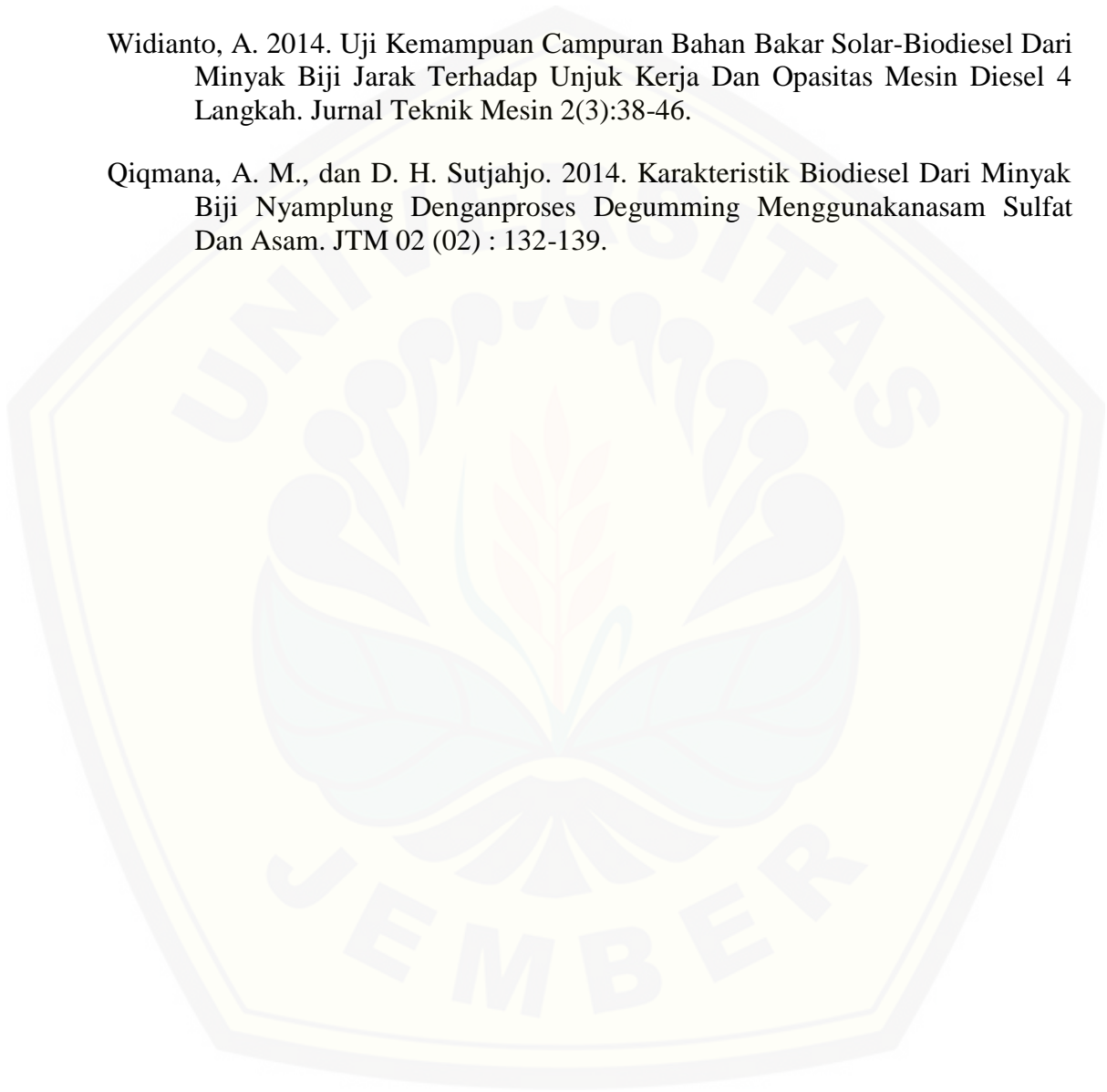
- Patrik Markopala. 2007. Pemanfaatan Ampas Kelapa (*Cocos nucifera*) untuk Pembuatan Biodiesel.
- Putri E.Y., S. Bahri, dan E. Saputra. 2018. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra*) dengan Katalis Lempung Teraktivasi; Pengaruh Kecepatan Pengadukan. *Jom FTEKNIK* 5 (1): 1-5.
- Raharjo dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.
- Rumoharbo, A.M., M. Hazwi. 2014. Analisa Eksperimental Performansi Mesin Diesel Menggunakan Bahan Campuran Biofuel Vitamine Engine Power Booster. *Jurnal e-Dinamis*. 9(1): 110.
- Seno Darmanto dan Ireng Sigit A. 2006. Analisa biodiesel minyak kelapa sebagai bahan bakar alternative minyak diesel. *Jurnal Teknik Mesin UNDIP*. 4 (2):
- Salman Al Farisi. 2019. Karakteristik pembakaran premixed biodiesel limbah ampas kelapa (*cocos nucifera*) menggunakan Bunsen burner. *Skripsi jember: Jurusan teknik mesin fakultas teknik mesin Universitas jember*.
- Setyadji dan Susiantini. 2007. Pengaruh Penambahan Biodiesel Jelantah Pada Solar Terhadap Emisi Gas Buang CO, CO₂ Dan HC. Yogyakarta: Prosiding PPI- PDIPTN 2007 Pustek Akselerator dan Proses Bahan-BATAN, 10 Juli 2007.
- Sukocodan Arifin. 2013. *Teknologi Motor Diesel*. Bandung: Alfabeta.
- Pertamina. 2019. Spesifikasi Pertamina Dex.
<https://pertamina.com/industrialfuel/media/20713/pertamina-dex.pdf>
[Diakses pada 10 Oktober 2019]
- Prawatya, 2010. Pemanfaatan Ampas Kelapa Sebagai Bahan Baku Biodiesel dalam Upaya Penyediaan Sumber Energi Alternatif dan Kaitannya dengan Ketersediaan Pangan.
- Sulaiman S., A. R. A. Aziz, dan M. K. Aroua. 2013. Reactive extraction of solid coconut waste to produce biodiesel. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 44 : 233–238.
- Tamam, Z. 2015. Karakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set Sistem Dual Fuel Solar dan Syngas Batubara. Tesis
- Tim Laboratorium. 2013. Materi/Bahan Praktikum : Modul II Anova. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia

Tulus B Sitorus, Alberto M Lubis dan Riki H Purba. 2015. Analisis unjuk kerja mesin diesel satu silinder menggunakan supercarjer berbahan bakar pertadex dan campuran pertadex biodiesel biji bunga matahari.

Walpole, Ronald E. 1995. Pengantar Statistika Edisi ke-3. Penerbit: PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Widianto, A. 2014. Uji Kemampuan Campuran Bahan Bakar Solar-Biodiesel Dari Minyak Biji Jarak Terhadap Unjuk Kerja Dan Opasitas Mesin Diesel 4 Langkah. Jurnal Teknik Mesin 2(3):38-46.

Qiqmana, A. M., dan D. H. Sutjahjo. 2014. Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung Dengan proses Degumming Menggunakan asam Sulfat Dan Asam. JTM 02 (02) : 132-139.



A. Lampiran Penelitian**A.1 Dokumentasi Penelitian**

Gambar 1. Instalasi alat pengujian unjuk kerja pada mesin diesel



Gambar 2. Proses pengambilan data pada putaran mesin 1600 rpm



Gambar 3. Proses pengambilan data *voltage* dan arus

A.2 Pengujian Opasitas Pada Mesin Diesel



Gambar 4. Proses pengujian opasitas mesin diesel

B. Lampiran Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bakar

B.1 Hasil Pengujian Bahan Bakar B100 (Biodiesel Murni)





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

CERTIFICATE OF ANALYSIS

No. 073 /LAB-ITS/EXT/ XII /2019

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

NO.	PARAMETER UJI	UNITS	METHODE	LIMITS *)	HASIL UJI
1	Density at 15 °C	kg/m ³	ASTM D-1298	815 - 870	878,4
2	Viscosity Kinematic at 40 °C	cSt	ASTM D-445	2,0 - 4,5	2,841
3	Flash Point PMcc	°C	ASTM D-93	Min.52	109

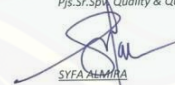
Catatan / Kesimpulan :

*) 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.Spa 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 "

B.2 Hasil Pengujian Bahan Bakar B10



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

ASLI

CERTIFICATE OF ANALYSIS
 No. 062 /LAB-ITS/EXT/ XII /2019

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

NO.	PARAMETER UJI	UNITS	METHODE	LIMITS *)	HASIL UJI
1	Density at 15°C	kg/m ³	ASTM D-1298	815 - 870	825,2
2	Viscosity Kinematic at 40°C	cSt	ASTM D-445	2,0 - 4,5	2,481
3	Flash Point PMcc	°C	ASTM D-93	Min.52	68

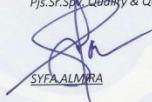
Catatan / Kesimpulan :

*) 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 mengandakan Test Report ini tanpa persetujuan tertulis dari Pengawas Laboratorium
 "Laboratorium PT PERTAMINA (Persero) Integrated Terminal Surabaya"

B.3 Hasil Pengujian 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. 066 /LAB-ITS/EXT/ XII /2019

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

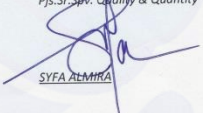
NO.	PARAMETER UJI	UNITS	METHODE	LIMITS *)	HASIL UJI
1	Density at 15 °C	kg/m ³	ASTM D-1298	815 - 870	828,8
2	Viscosity Kinematic at 40 °C	cSt	ASTM D-445	2,0 - 4,5	2,504
3	Flash Point PMcc	°C	ASTM D-93	Min.52	70

Catatan / Kesimpulan :

*) spesifikasi limits sesuai dengan SK Dirjen Migas No. 28.K/10/DIM.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. Spv. 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"

B.4 Hasil Pengujian Bahan Bakar B30



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

ASLI

CERTIFICATE OF ANALYSIS
 No. 070 /LAB-ITS/EXT/ XII /2019

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

NO.	PARAMETER UJI	UNITS	METHODE	LIMITS *)	HASIL UJI
1	Density at 15°C	kg/m ³	ASTM D-1298	815 - 870	837,4
2	Viscosity Kinematic at 40°C	cSt	ASTM D-445	2,0 - 4,5	2,527
3	Flash Point PMcc	°C	ASTM D-93	Min.52	71

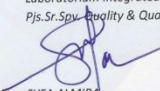
Catatan / Kesimpulan :

*) 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 mengandakan Test Report ini tanpa persetujuan tertulis dari Pengawas Laboratorium
 "Laboratorium PT PERTAMINA (Persero) Integrated Terminal Surabaya"

B.5 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	
Nyemplung B100	10819.7	
Nyemplung B0	1009.6	
Nyemplung B50	9280.89	

Keterangan :

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

Surabaya, 06 Januari 2020





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/I/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



Nurrahmah, ST, MS, Ph.D
 Kepala Laboratorium TAKI

C. Lampiran karakteristik biodiesel SNI 7182:2015.

No	Parameter	Standar	Hasil Uji	Metode Uji
1	Massa jenis pada 15 °C (kg/m ³)	850 - 890	878,4	ASTM D-1298
2	Viskositas pada 40 °C (cSt)	2,3 - 6,0	2,841	ASTM D-445
3	Flash point (°C)	Min. 100	109	ASTM D-93
4	Nilai kalor (kal/g)	8956,725 - 9601	8548,63	<i>Bomb Calorimetry</i>

D. Lampiran Spesifikasi Pertadex

Bahan Bakar Minyak | 21

SPESIFIKASI PERTAMINA DEX

NO.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN		METODE UJI	
			MIN	MAKS	ASTM	LAIN
1.	Bilangan Cetana Angka Setana atau Indeks Setana	-	53	-	D 613	
		-	48	-	D 4737	
2.	Berat Jenis @ 15 °C	kg/m ³	820 ¹⁾	860	D 4052 / D 1298	
3.	Viskositas @ 40 °C	mm ² /sec	2,0	4,5	D 445	
4.	Kandungan Belerang	% m/m	-	0,05 ²⁾	D 2622 / D 4294 ¹⁾	
5.	Distilasi :				D 86	
	Temp. @ 90 % ³⁾	°C	-	340		
	Temp. @ 95 % ³⁾	°C	-	360		
	Titik Didih Akhir	°C	-	370		
6.	Titik Nyala	°C	55	-	D 93	
7.	Titik Tuang	°C	-	18	D 97	
8.	Residu Karbon	% m/m	-	0,3	D 4530	
9.	Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 6304 ⁴⁾	
10.	Stabilitas Oksidasi	gr/m ³	-	25	D 2274	
11.	Biological Growth ⁵⁾	-	Nihil			
12.	Kandungan FAME ⁵⁾	% v/v	-	10		
13.	Kandungan metanol & etanol	% v/v	Tak terdeteksi		D 4815	
14.	Korosi Bilah Tembaga	merit	-	Kelas 1	D 130	
15.	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D 482	
16.	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D 473	
17.	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/gr	-	0	D 664	
18.	Bilangan Asam Total	mg KOH/gr	-	0,3	D 664	
19.	Partikulat	mg/l	-	10	D 2276	
20.	Lubrisitas (HFRR wear scar dia. @ 60 °C)	mikron	-	460	D 6079	CEC F-06-A-96
21.	Penampilan Visual	-	Jernih & Terang			
22.	Warna	No. ASTM	-	1,0	D 1500	

Catatan umum:

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

Catatan kaki:

- 1) Untuk kepentingan lingkungan, berat jenis minimum 815 kg/m³ dapat digunakan.
- 2) Batasan 0,05% m/m setara dengan 500 ppm.
- 3) Diperlukan kesesuaian dengan t 90 atau t 95, bukan keduanya.

Rujukan:

- Keputusan Dirjen Migas 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar yang Dipasarkan di Dalam Negeri.
- *) Surat Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 4769/10/DJM.T/2012 tanggal 22 Maret 2012 perihal Dispensasi Penyesuaian Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin dan Minyak Solar.
- **) ASTM D 1744 telah dinyatakan tidak berlaku/absolute oleh ASTM dan merujuk Worldwide Fuel Charter Edisi 2006 diganti dengan Metode ASTM D 6304.
- ***) Khusus untuk Minyak Solar yang mengandung Bio Diesel, jenis dan spesifikasi Bio Diesel mengacu ketetapan Pemerintah.

E. Lampiran Pengujian Opasitas

E.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 : 006/Lab.PPM/XII/2019
Lampiran : 1 (satu) set
Hal : Pengambilan Data Laboratorium

Kepada:
Yth. Dosen Pembimbing Utama Skripsi
Bapak Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc.
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 : Moh. Wafir
NIM : 161910101058
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 : Analisis Unjuk Kerja Mesin Diesel Dengan Bahan Bakar Campuran Pertadex
dan Biodiesel dari Biji Kemiri

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



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 : 006/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 : Moh. Wafir
NIM : 161910101058
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 : Analisis Unjuk Kerja Mesin Diesel Dengan Bahan Bakar Campuran Pertadex
dan Biodiesel dari Biji Kemiri

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

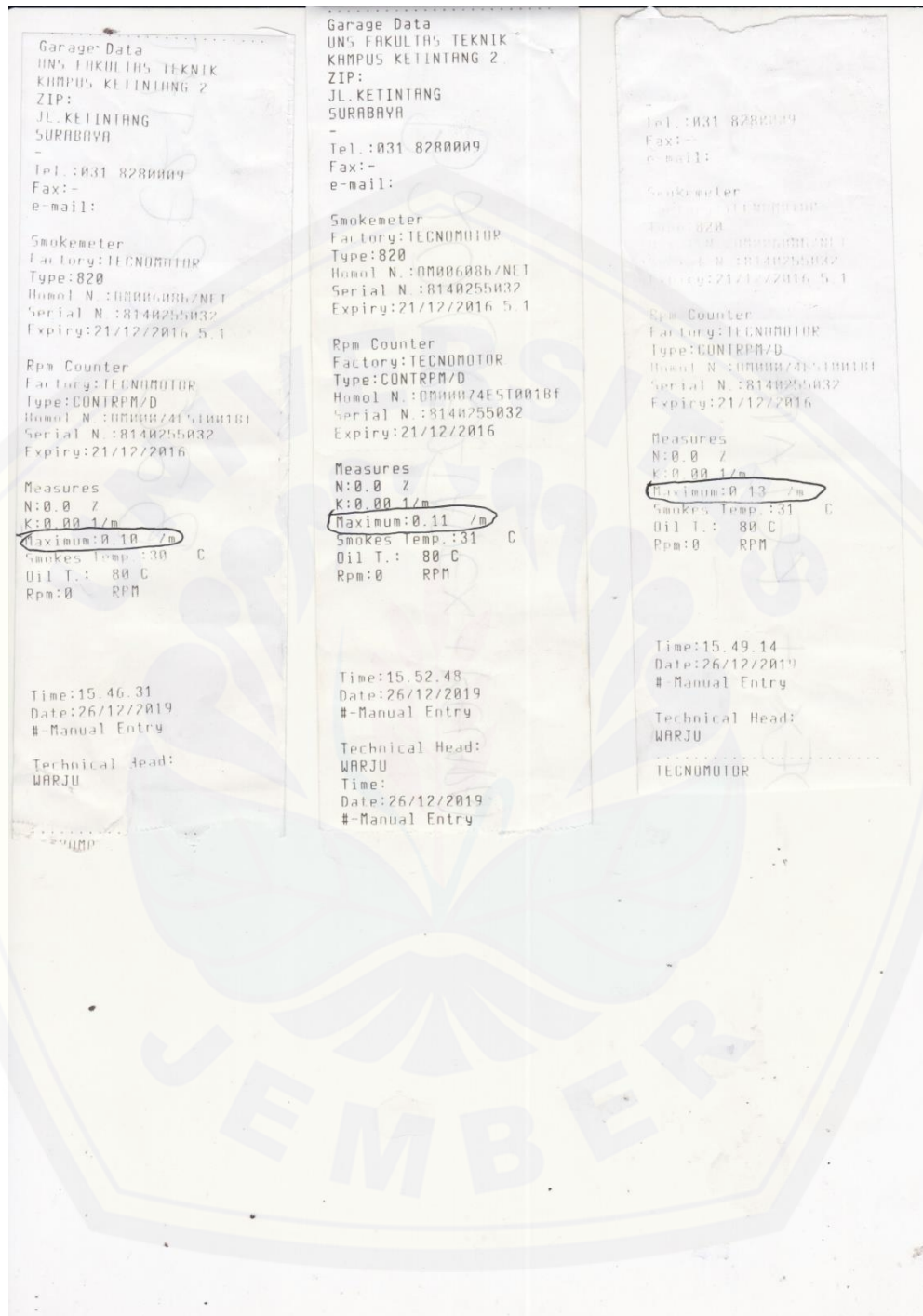
E.2 Hasil Pengujian Opasitas B0

<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.:0M0074E5T001Bf 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.:31 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> <p>Time:15.26.04 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU </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.:0M0074E5T001Bf 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:17.34.40 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU </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.:0M0074E5T001Bf Serial N.:8140255032 Expiry:21/12/2016</p> <p>Measures N:0.0 Z K:0.00 1/m Maximum:0.14 /m Smokes Temp.:30 C Oil T.: 80 C Rpm:0 RPM</p> <p>Time:15.24.25 Date:26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU </p>
---	---	---

E.3 Hasil Pengujian Opasitas B10

<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: 0.10 /m Smokes temp.: 30 C Oil T.: 80 C Rpm: 0 RPM</p> <p>Time: 15.39.55 Date: 26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU 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: 0.10 /m Smokes temp.: 30 C Oil T.: 80 C Rpm: 0 RPM</p> <p>Time: 15.38.26 Date: 26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU 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: 0.13 /m Smokes temp.: 30 C Oil T.: 80 C Rpm: 0 RPM</p> <p>Time: 15.34.06 Date: 26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU TECNOMOTOR</p>
---	---	---

E.4 Hasil Pengujian Opasitas B20



E.5 Hasil Pengujian Opasitas B30

<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.: 0M00074EST001Bf Serial N.: 8140255032 Expiry: 21/12/2016</p> <p>Measures N: 0.0 Z K: 0.00 1/m Maximum: 0.07 /m Smokes Temp.: 26 C Oil T.: 80 C Rpm: 0 RPM</p> <p>Time: 16.02.58 Date: 26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU 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.: 0M00074EST001Bf Serial N.: 8140255032 Expiry: 21/12/2016</p> <p>Measures N: 0.0 Z K: 0.00 1/m Maximum: 0.11 /m Smokes Temp.: 30 C Oil T.: 80 C Rpm: 0 RPM</p> <p>Time: 16.06.14 Date: 26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU 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.: 0M00074EST001Bf Serial N.: 8140255032 Expiry: 21/12/2016</p> <p>Measures N: 0.0 Z K: 0.00 1/m Maximum: 0.05 /m Smokes Temp.: 31 C Oil T.: 80 C Rpm: 0 RPM</p> <p>Time: 16.04.26 Date: 26/12/2019 #-Manual Entry</p> <p>Technical Head: WARJU TECNOMOTOR</p>
---	---	---

F. Lampiran Tabel Konversi Satuan Opasitas K-m⁻¹ menjadi %HSU

TABEL KORELASI K-m⁻¹ <=> % HSU

% OPA	K (m-1)	% HSU	% OPA	K (m-1)	% HSU	% OPA	K (m-1)	% HSU
0.00	0.0	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**

G. Lampiran Contoh Perhitungan Parameter-parameter Mesin Diesel

Setelah mendapat data data diatas maka dilakukan perhitungan unjuk kerja mesin desel yaitu daya efektif, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi termal.

G.1 Perhitungan Pada Bahan Bakar B0 (Pertadex Murni)

1. Daya efektif

➤ Daya efektif pada Rpm 1600

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Tegangan listrik (V)} = 50,3 \\ & \text{Arus listrik (I)} = 0,86 \\ & \text{Cos } \theta = 1,0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ditanya :} \quad & \text{Daya efektif (watt)} \\ & N_e = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \theta \\ & N_e = 1,73 \times 50,3 \times 0,86 \times 1,0 \\ & N_e = 74,83 \text{ watt} \end{aligned}$$

2. Torsi

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Putaran Mesin (n)} = 1600 \text{ Rpm} \\ & \text{Daya efektif (N}_e\text{)} = 74,83 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya :} \quad \text{Torsi (Nm) ?}$$

$$\begin{aligned} \text{Dijawab :} \quad & M_t = \frac{N_e \times 60}{2\pi \times n} \text{ (Nm)} \\ & M_t = \frac{74,83 \times 60}{2\pi \times 1600} \text{ (Nm)} \\ & M_t = 0,45 \text{ Nm} \end{aligned}$$

3. Laju aliran massa bahan bakar

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Putaran Mesin (n)} = 1600 \text{ Rpm} \\ & \text{Volume bahan bakar (v}_f\text{)} = 10 \text{ ml} \\ & \text{Waktu konsumsi bahan bakar (t}_f\text{)} = 3,10 \text{ menit} \\ & = 186 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Specific gravity (sg}_f\text{)} &= \frac{\text{DensitasBahanBakar}}{\text{DesitasAir}} \\ &= \frac{0,8195}{1} = 0,8195 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

Ditanya : Laju aliran massa bahan bakar (m_f) ?

$$\text{Dijawab : } m_f = \frac{V_f \times s_{gf} \times 3600}{t_f} \text{ g/jam}$$

$$m_f = \frac{10 \times 0,8195 \times 3600}{186} \text{ g/jam}$$

$$m_f = 158,61 \text{ g/jam}$$

4. Konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*)

Diketahui : Putaran Mesin (n) = 1600 Rpm

Laju aliran massa bahan bakar (m_f) = 158,61 g/jam

Daya efektif (N_e) = 74,83 watt

Ditanya : Konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) ?

$$\text{Dijawab : } SFC = \frac{m_f \times 10^3}{N_e} \text{ g/kWh}$$

$$SFC = \frac{158,61 \times 10^3}{74,83} \text{ g/kWh}$$

$$SFC = 2119,60 \text{ g/kWh}$$

5. Efisiensi termal

Diketahui : Laju aliran massa bahan bakar (m_f) = 158,61 g/jam

Daya efektif (N_e) = 74,83 watt

Nilai kalor bahan bakar (*LHV*) = 11280,6 kal/g

$$= 11280,6 \times 4,1868$$

$$= 47229,62 \text{ kJ/kg}$$

Ditanya : Efisiensi Termal (η_t) ?

$$\text{Dijawab : } \eta_t = \frac{N_e \times 3600}{m_f \times LHV} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{74,83 \times 3600}{158,61 \times 47229,62} \times 100\%$$

$$\eta_t = 3,596 \%$$

G.2 Perhitungan Pada Bahan Bakar B10

1. Daya efektif

➤ Daya efektif pada Rpm 1800

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Tegangan listrik (V)} = 86 \\ & \text{Arus listrik (I)} = 1,16 \\ & \text{Cos } \theta = 1,0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ditanya :} \quad & \text{Daya efektif (watt)} \\ & N_e = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \theta \\ & N_e = 1,73 \times 86 \times 1,16 \times 1,0 \\ & N_e = 172,58 \text{ watt} \end{aligned}$$

2. Torsi

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Putaran Mesin (n)} = 1800 \text{ Rpm} \\ & \text{Daya efektif (N}_e\text{)} = 172,58 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya :} \quad \text{Torsi (Nm) ?}$$

Dijawab :

$$M_t = \frac{N_e \times 60}{2\pi \times n} \text{ (Nm)}$$

$$M_t = \frac{172,58 \times 60}{2\pi \times 1800} \text{ (Nm)}$$

$$M_t = 0,91 \text{ Nm}$$

3. Laju Aliran Massa Bahan Bakar

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Volume bahan bakar (v}_f\text{)} = 10 \text{ ml} \\ & \text{Waktu konsumsi bahan bakar (t}_f\text{)} = 2,46 \text{ menit} \\ & \quad \quad \quad = 147,6 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Specific gravity (sg}_f\text{)} &= \frac{\text{DensitasBahanBakar}}{\text{DesitasAir}} \\ &= \frac{0.8252}{1} = 0,8252 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya :} \quad \text{Laju aliran massa bahan bakar (m}_f\text{) ?}$$

$$\text{Dijawab :} \quad m_f = \frac{V_f \times \text{sg}_f \times 3600}{t_f} \text{ g/jam}$$

$$m_f = \frac{10 \times 0,8252 \times 3600}{147,6} \text{ g/jam}$$

$$m_f = 201,27 \text{ g/jam}$$

4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Diketahui : Putaran Mesin (n) = 1800 Rpm
 Laju aliran massa bahan bakar (mf) = 201,27g/jam
 Daya efektif (Ne) = 172,58 watt

Ditanya : Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) ?

Dijawab : $SFC = \frac{m_f \times 10^3}{Ne} \text{ g/kWh}$

$$SFC = \frac{201,27 \times 10^3}{172,58} \text{ g/kWh}$$

$$SFC = 1166,24 \text{ g/kWh}$$

5. Efisiensi Termal

Diketahui : Putaran Mesin (n) = 1800 Rpm
 Laju aliran massa bahan bakar (mf) = 201,27g/jam
 Daya efektif (Ne) = 172,58 watt
 Nilai kalor bahan bakar (LHV) = 10118,6 kal/g
 = 10118,6 × 4,1868
 = 42364,55 kJ/kg

Ditanya : Efisiensi Termal (η_t) ?

Dijawab : $\eta_t = \frac{Ne \times 3600}{m_f \times LHV} \times 100\%$

$$\eta_t = \frac{172,58 \times 3600}{201,27 \times 42364,55} \times 100\%$$

$$\eta_t = 7,286 \%$$

G.3 Perhitungan Pada Bahan Bakar B20

1. Daya Efektif

➤ Daya efektif pada Rpm 2000

Diketahui :

Tegangan listrik (V)	= 110
Arus listrik (I)	= 1,38
Cos θ	= 1,0

Ditanya :

Daya efektif (watt)	
N_e	= $\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta$
N_e	= $1,73 \times 110 \times 1,38 \times 1,0$
N_e	= 262,61 watt

2. Torsi

Diketahui :

Putaran Mesin (n)	= 2000 Rpm
Daya efektif (N_e)	= 262,61 watt

Ditanya : Torsi (Nm) ?

Dijawab :

$$M_t = \frac{N_e \times 60}{2\pi \times n} \text{ (Nm)}$$

$$M_t = \frac{262,61 \times 60}{2\pi \times 2000} \text{ (Nm)}$$

$$M_t = 1,25 \text{ Nm}$$

3. Laju Aliran massa Bahan Bakar

Diketahui :

Volume bahan bakar (v_f)	= 10 ml
Waktu konsumsi bahan bakar (t_f)	= 2,13 menit
	= 127,8 s

$$\text{Specific gravity (sg}_f) = \frac{\text{DensitasBahanBakar}}{\text{DesitasAir}}$$

$$= \frac{0,8288}{1} = 0,8288 \text{ g/cm}^3$$

Ditanya : Laju aliran massa bahan bakar (m_f) ?

Dijawab :

$$m_f = \frac{V_f \times \text{sg}_f \times 3600}{t_f} \text{ g/jam}$$

$$m_f = \frac{10 \times 0,8288 \times 3600}{127,8} \text{ g/jam}$$

$$m_f = 233,47 \text{ g/jam}$$

4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Diketahui : Putaran Mesin (n) = 2000 Rpm
 Laju aliran massa bahan bakar (mf) = 233,47g/jam
 Daya efektif (Ne) = 262,61 watt

Ditanya : Konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) ?

Dijawab :
$$SFC = \frac{m_f \times 10^3}{Ne} \text{ g/kWh}$$

$$SFC = \frac{233,47 \times 10^3}{262,61} \text{ g/kWh}$$

$$SFC = 889,04 \text{ g/kWh}$$

5. Efisiensi Termal

Diketahui : Putaran Mesin (n) = 2000 Rpm
 Laju aliran massa bahan bakar (mf) = 233,47 g/jam
 Daya efektif (Ne) = 262,61 watt
 Nilai kalor bahan bakar (*LHV*) = 10674,1 kal/g
 = 10674,1 × 4,1868
 = 44690,32 kJ/kg

Ditanya : Efisiensi Termal (η_t) ?

Dijawab :
$$\eta_t = \frac{Ne \times 3600}{m_f \times LHV} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{262,61 \times 3600}{233,47 \times 44690,32} \times 100\%$$

$$\eta_t = 9,060 \%$$

G.4 Perhitungan Pada Bahan Bakar B30

1. Daya Efektif

➤ Daya efektif pada Rpm 2200

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Tegangan listrik (V)} = 140 \\ & \text{Arus listrik (I)} = 1,62 \\ & \text{Cos } \theta = 1,0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ditanya :} \quad & \text{Daya efektif (watt)} \\ & N_e = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \theta \\ & N_e = 1,73 \times 140 \times 1,62 \times 1,0 \\ & N_e = 392,36 \text{ watt} \end{aligned}$$

2. Torsi

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Putaran Mesin (n)} = 2200 \text{ Rpm} \\ & \text{Daya efektif (N}_e\text{)} = 392,36 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya :} \quad \text{Torsi (Nm) ?}$$

Dijawab :

$$M_t = \frac{N_e \times 60}{2\pi \times n} \text{ (Nm)}$$

$$M_t = \frac{392,36 \times 60}{2\pi \times 2200} \text{ (Nm)}$$

$$M_t = 1,70 \text{ Nm}$$

3. Laju Aliran massa Bahan Bakar

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Putaran Mesin (n)} = 2200 \text{ Rpm} \\ & \text{Volume bahan bakar (v}_f\text{)} = 10 \text{ ml} \\ & \text{Waktu konsumsi bahan bakar (t}_f\text{)} = 1,52 \text{ menit} \\ & = 91,2 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Specific gravity (sg}_f\text{)} &= \frac{\text{DensitasBahanBakar}}{\text{DesitasAir}} \\ &= \frac{0,8374}{1} = 0,8374 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Ditanya :} \quad \text{Laju aliran massa bahan bakar (m}_f\text{) ?}$$

$$\text{Dijawab :} \quad m_f = \frac{V_f \times \text{sg}_f \times 3600}{t_f} \text{ g/jam}$$

$$m_f = \frac{10 \times 0,8374 \times 3600}{91,2} \text{ g/jam}$$

$$m_f = 330,56 \text{ g/jam}$$

4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Diketahui :

Putaran Mesin (n)		= 2200 Rpm
Laju aliran massa bahan bakar (mf)		= 330,56g/jam
Daya efektif (Ne)		= 392,36 watt

Ditanya : Konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) ?

Dijawab :

$$SFC = \frac{m_f \times 10^3}{Ne} \text{ g/kWh}$$

$$SFC = \frac{330,56 \times 10^3}{392,36} \text{ g/kWh}$$

$$SFC = 842,49 \text{ g/kWh}$$

5. Efisiensi Termal

Diketahui :

Putaran Mesin (n)		= 2200 Rpm
Laju aliran massa bahan bakar (mf)		= 330,56 g/jam
Daya efektif (Ne)		= 392,36 watt
Nilai kalor bahan bakar (<i>LHV</i>)		= 10306,9 kal/g
		= 10306,9 × 4,1868
		= 43152,93 kJ/kg

Ditanya : Efisiensi Termal (η_t) ?

Dijawab :

$$\eta_t = \frac{Ne \times 3600}{m_f \times LHV} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{392,36 \times 3600}{330,56 \times 43152,93} \times 100\%$$

$$\eta_t = 9,902 \%$$

H. Lampiran Kalibrasi Mesin Uji Unjuk Kerja Mesin Diesel

H.1 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	<i>Displacement</i> (cc)	211	2164	1:10,3
6	Volume Ruang Bakar	3500	8300	1:2,4
Total perbandingan				1:97,3

H.2 Tabel Kalibrasi Mesin Uji

Kalibrasi mesin uji unjuk kerja mesin diesel dilakukan dengan membandingkan nilai torsi yang dihasilkan oleh mesin uji yang saya gunakan dengan mesin uji lainnya menggunakan variabel yang sama sebagai berikut :

- 1) Bahan bakar : - B0 (Pertadex 100%)
- B10 (Biodiesel biji kemiri 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	
		Perbandingan (1:97,3)	1,27	1,23	
		Selisih Perbandingan	0,04		
		Persentase Tingkat Keakurasian Mesin Uji	96,65 %		

H.3 Hasil Pengujian Di Mesin Uji 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 /XVI/KE-UGM/2019

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

Pa (massa jenis bahan bakar) : _____ gr/cc (d disesuaikan dengan campuran yang diuji)
l (panjang lengan dynamometer) : 0,358 m

No	Putaran	Bahan	Udara ruang			Udara masuk		Gas buang		Aliran pendingin		Pelumas		Waktu
	r (rpm)	m (kg)	P _i (mm Hg)	θ (°C)	φ (%)	Δp (mmH ₂ O)	T (°C)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	Aliran (l/jam)	T ₁ (°C)	P ₁ (kg/cm ²)	BS50cc (detik)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2500	33	745	24,8	64,0	37	31	240	29	88	400	48,46	25	15,47
2	2300	33,5	745	24,8	64,0	31	32	220	29	69	400	46,51	2	18,53
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 percantoh sample yang diuji, tidak untuk diiklankan ataupun digandakan

Pelaksana Laboran/Asisten	Ditetapkan Kepala
<i>Nur Prabawa H.</i>	<i>[Signature]</i>

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. 018 /XVI/KE-UGM/2019

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

Pa (massa jenis bahan bakar) : _____ gr/cc (d disesuaikan dengan campuran yang diuji)
l (panjang lengan dynamometer) : 0,358 m

No	Putaran	Bahan	Udara ruang			Udara masuk		Gas buang		Aliran pendingin		Pelumas		Waktu
	r (rpm)	m (kg)	P _i (mm Hg)	θ (°C)	φ (%)	Δp (mmH ₂ O)	T (°C)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	Aliran (l/jam)	T ₁ (°C)	P ₁ (kg/cm ²)	BS50cc (detik)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2500	37	745	24,8	64,0	37	34	310	29	74	400	58	2	17,43
2	2300	33,5	745	24,8	64,0	31	34	310	29	82	400	60	2	19,70
3	2000	34	745	24,8	64,0	24	35	340	29	76	400	60	2	18,47
4	1800	34	745	24,8	64,0	19	34	310	29	64	400	58	2	21,15
5	1600	33,5	745	24,8	64,0	14,5	34	270	29	75	400	60	2	19,84

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

Pelaksana Laboran/Asisten	Ditetapkan Kepala
<i>Nur Prabawa H.</i>	<i>[Signature]</i>

Adapun contoh perhitungan nilai torsi adalah sebagai berikut :

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