

**PENGARUH PEMANFAATAN BIODIESEL DARI PENCAMPURAN MINYAK GORENG  
BEKAS DENGAN BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP KINERJA MESIN DIESEL**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN  
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN**

**Oleh:**

**TAUFIQ HIDAYAT  
NIM. 115080201111008**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2017**



## RINGKASAN

**TAUFIQ HIDAYAT. PENGARUH PEMANFAATAN BIODIESEL DARI PENCAMPURAN MINYAK GORENG BEKAS DENGAN BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP KINERJA MESIN DIESEL . (dibawah bimbingan Ir. Alfian Jauhari, MS dan Dr.Ali Muntaha, Api, Spi, MT.)**

---

Mesin diesel menggunakan salah satu olahan minyak bumi yaitu solar sebagai bahan bakarnya. Namun, menipisnya cadangan minyak bumi membuat munculnya berbagai macam energi alternatif, salah satunya adalah biodiesel yang terbuat dari minyak goreng bekas. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk menguji performa dari mesin diesel yang menggunakan bahan bakar biodiesel. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh konsentrasi biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar terhadap prestasi mesin diesel seperti: torsi, daya poros, konsumsi spesifik bahan bakar, opasitas (tingkat polutan).

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei - Juni 2016 yang bertempat di laboratorium Konversi Energi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Ada dua jenis data yang diambil dalam penelitian ini yaitu data primer berupa data uji karakteristik biodiesel dan data uji performa mesin diesel (daya, torsi, konsumsi bahan bakar, dan opasitas). Yang kedua adalah data sekunder. Data sekunder berasal dari jurnal, laporan, majalah maupun artikel di internet yang berfungsi sebagai bahan rujukan untuk penelitian ini. Kemudian data prestasi mesin diesel yang didapat dianalisis dengan menggunakan uji ANOVA dan uji beda nyata terkecil (BNT).

Hasil uji karakteristik produk biodiesel dalam penelitian ini sudah memenuhi standar mutu biodiesel (SNI biodiesel NO 723 Kep Dirjen EBTKE). Namun nilai viskositas dari biodiesel baik B100, B5, B10, dan B15 berturut – turut yaitu 11, 394; 6,379; 7,100; 7,559 cst masih diatas nilai maksimum yang ditentukan oleh SNI yang berkisar antara 2,3 – 6,0 cst. Pada uji performa mesin diesel yakni torsi, daya poros, konsumsi bahan bakar dan tingkat opasitas sudah menunjukkan hasil yang baik. Masing – masing parameter uji dilakukan dengan kecepatan putar motor yberbeda – beda yakni 900 RPM, 1000 RPM, dan 1100 RPM. Nilai torsi berkisar antara 7,1 – 8,2 Kgm. Nilai daya berkisar antara 0,6 – 0,9 kW dan tingkat opasitas berkisar antara 56 – 58 %HSU. Sedangkan konsumsi bahan bakar cenderung boros dengan tingkat efisiensi berkisar antara 34 – 41 %. Mf ekonomi biodiesel ini memiliki kecenderungan yang tinggi bila dibandingkan nilai mf ekonomi solar. Hal ini disebabkan nilai kalor yang dihasilkan biodiesel lebih tinggi serta viskositas yang tinggi pada biodiesel. Nilai laju konsumsi bahan bakar secara ekonomi 900rpm, 1000rpm, 1100rpm adalah Rp 3983,4 , Rp 4381,74 , Rp 5178,42 per liter.

Disimpulkan bahwa konsentrsi terbaik pada biodiesel 15% yang menghasilkan torsi, daya poros, konsumsi spesifik dan opasitas yang dikatakan baik. Disarankan untuk pemakaian produk biodiesel ini harus dilakukan pengkajian lebih dalam dan penelitian agar hasil bisa lebih optimal.

Kata kunci: *Minyak goreng bekas, Biodiesel, Performance mesin diesel*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah Nya lah penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul PENGARUH PEMANFAATAN BIODIESEL DARI PENCAMPURAN MINYAK GORENG BEKAS DENGAN BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP KINERJA MESIN DIESEL . Dalam penyusunan ini tentunya tidak sedikit hambatan yang saya hadapi. Namun penulis menyadari bahwa penyusunan laporan dapat berjalan dengan baik atas dorongan dan bimbingan orang terkasih maupun dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis minta saran dan kritik yang membangun agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua yang membutuhkan.

Malang,20 Februari 2017

Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir (Skripsi) ini, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan semua nikmat dan karuniaNya sehingga penulis berhasil menyelesaikan Laporan Skripsi ini.
2. Bapak Ir Alfian Jauhari, MS. selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Dr. Ali Muntaha., Api., Spi., MT. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan perhatian, bimbingan, motivasi dan saran selama Skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Dewa Gede Raka Wiadnya., Msc selaku penasihat akademi, pembimbing dalam seminar nasional yang diselenggarakan oleh Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan pada bulan Oktober 2016 dan juga beliau selaku penguji pertama serta kepada Bapak Dr. D. Bambang Setiono., Spi.,MT. Selaku dosen penguji kedua sidang skripsi.
4. Ibu dan Bapak saya beserta keluarga besar saya yang selama ini memberikan motivasi, doa dan biaya selama saya studi di FPIK UB.
5. Irsalina Soraya Nabilah sebagai kekasih yang selama ini mampu memotivasi kelulusan saya. Ibnu Haidar Nugroho, Dziki Farih M., Ahmad Udik Ardiyansyah sahabat saya dan pak poh family yang selalu mendukung dalam usaha saya.
6. Terima Kasih kepada RG biofloc yang sudah memberi kesempatan atas seminar nasional 2016 kepada saya untuk ikut berpartisipasi sebagai pemateri makalah secara oral dan FPIK UB untuk saya belajar.

Malang, 20 Februari 2017

Penulis

**PENGARUH PEMANFAATAN BIODIESEL DARI PENCAMPURAN MINYAK  
GORENG BEKAS DENGAN BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP KINERJA  
MESIN DIESEL**

**LAPORAN SKRIPSI  
PROGRAM STUDI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN  
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana di  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Brawijaya**

**Oleh:**

**TAUFIQ HIDAYAT  
NIM. 115080201111008**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2016**

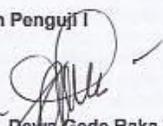
LAPORAN SKRIPSI

PENGARUH PEMANFAATAN BIODIESEL DARI PENCAMPURAN MINYAK  
GORENG DENGAN BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP KINERJA MESIN  
DIESEL

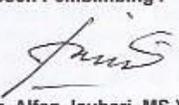
Oleh:

TAUFIQ HIDAYAT  
NIM. 115080201111008

Dosen Penguji I

  
( Dr. Ir. Dewa Gede Raka Wiadnya, M.Sc )  
NIP. 19590119 198503 1 003  
Tanggal: 01 MAR 2017

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

  
( Ir. Alfian Jauhari, MS )  
NIP. 19600401 198701 1 002  
Tanggal: 01 MAR 2017

Dosen Penguji II

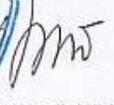
  
( Dr. D. Bambang Setiono, Spi, MT )  
NIP. 19510511 198603 1 002  
Tanggal: 01 MAR 2017

Dosen Pembimbing II

  
( Dr. Aji Muntaha, Api, S.Pi., MT )  
NIP. 19600408 198603 1 003  
Tanggal: 01 MAR 2017



Mengetahui,  
Ketua Jurusan PSPK,

  
( Dr. Ir. Dedek Setyohadi, MP )  
NIP. 19630608 1987 1 003  
Tanggal: 01 MAR 2017

## **PERNYATAAN ORISINALITAS**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tulisan pembuatan Laporan Tugas Akhir (Skripsi) ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak pernah terdapat tulisan, pendapat atau bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan ini di Daftar Pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan skripsi ini hasil jiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 20 Februari 2017

Penulis

Taufiq Hidayat.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALTAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>viv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Hipotesis .....	6
1.5 Tujuan Penelitian .....	7
1.6 Kegunaan.....	7
1.7 Tempat dan Waktu .....	7
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 .Menenal Mesin Diesel .....	8
2.2 .Konstruksi Motor Diesel 4 Tak.....	9
2.3 .Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Tak .....	15
2.4 .Pengertian Solar .....	16
2.5 .Mesin Kapal .....	17
2.5.1 Spesifikasi Kapal Perikanan .....	18
2.5.2 Spesifikasi Mesin Utama .....	20
2.5.3 Spesifikasi Mesin Bantu .....	21
2.5.4 Spesifikasi Alat Bantu Penangkapan.....	21
2.5.5 Spesifikasi Propeller .....	23
2.5.6 Daerah Penangkapan .....	24
2.5.7 Penggunaan BBM (Jenis dan Jumlah) .....	24
2.5.8 Sistem Kerja Mesin Utama dan Mesin Bantu.....	25
2.5.9 Tingkat Produksi Kapal Purse Seine Menurut Kekuatan Mesin	

Kapal .....	26
2.5.10 Tingkat Produksi Kapal Purse Seine Menurut Pemakaian BBM.....	27
2.6. Jenis – jenis Bahan Bakar Solar .....	29
2.7. Sifat – sifat Bahan Bakar Diesel.....	29
2.8. Biodiesel .....	31
2.8.1 Karakteristik Biodiesel.....	32
2.8.2 Minyak Goreng Bekas Sebagai Biodiesel .....	32
2.8.3 Proses Pembuatan Biodiesel .....	33
2.8.4 Keunggulan dan Kelemahan Biodiesel .....	37
2.9 Parameter Uji <i>Performance</i> Mesin Diese .....	41
<b>3. MATERI DAN METODE .....</b>	<b>44</b>
3.1 Materi Penelitian.....	44
3.2 Metode Penelitian.....	44
3.2.1 Alat dan Bahan.....	45
3.3 Teknik Pengambilan Data.....	45
3.3.1 Data Primer .....	45
3.3.2 Data Sekunder .....	46
3.3.3 Simulasi Pemodelan.....	47
3.4 Tahapan Penelitian.....	51
3.4.1 Proses Transesterifikasi (Pembuatan) Minyak Goreng) Menjadi Biodiesel.....	51
3.4.2 Uji Karakteristik Biodiesel .....	52
3.4.3 Proses Pencampuran Biodiesel dengan Solar .....	53
3.4.4 Uji <i>Perfomance</i> Mesin Diesel .....	55
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>61</b>
4.1 Spesifikasi Mesin Diesel.....	61
4.2 Data Hasil Pengujian .....	62
4.2.1 Data Hasil Uji Karakteristik Biodiesel.....	62
4.2.2 Data Hasil Uji <i>Performance</i> Mesin Diesel .....	64
4.3 Analisis Data Perhitungan dari Uji <i>Performance</i> Mesin Diesel .....	68
4.3.1 Uji BNT (5%, 10%, 15%) terhadap Torsi .....	70
4.3.2 Uji BNT (5%, 10%, 15%) terhadap Daya Poros.....	72
4.3.3 Uji BNT (5%, 10%, 15%) terhadap Konsumsi Bahan Bakar .....	73
4.3.4 Uji BNT (5%, 10%, 15%) terhdap Opasitas .....	74
4.3.5 Hubungan Torsi dengan Daya Poros.....	75
4.3.6 Hubungan Torsi terhadap Konsumsi Bahan Bakar .....	77
4.3.7 Hubungan Torsi terhadap Opasitas .....	79
4.3.8 Hubungan Daya Poros terhadap Konsumsi Bahan Bakar .....	81
4.3.9 Hubungan Daya Poros terhadap Opasitas .....	83
4.3.10 Hubungan Konsumsi Bahan Bakar dengan Opasitas .....	84
4.4 Analisis Konsumsi Bahan Bakar Secara Ekonomi .....	86
4.5 Pendekatan Ekonomi Harga Jual Biodiesel. ....	91
4.6 Analisis Biaya Simulasi Pengoperasian Kapal Purse Seine.....	96

**5. KESIMPULAN DAN SARAN..... 104**  
    5.1 Kesimpulan..... 104  
    5.2 Saran..... 105

**DAFTAR PUSTAKA..... 106**

**LAMPIRAN..... 109**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sistem Pendinginan Langsung.....	11
2. Sistem pendinginan tidak langsung (tertutup).....	13
3. Mesin Diesel yang Dibelah.....	14
4. Penampang Samping Mesin Diesel.....	14
5. Prinsip Kerja Mesin Diesel 4 Tak.....	16
6. Mesin Utama.....	20
7. Mesin Bantu.....	21
8. Line Hauler.....	22
9. Light Fishing.....	23
10. Propeller.....	23
11. Diagram Alir Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah.....	34
12. Reaksi Transesterifikasi.....	34
13. Reaksi Esterifikasi.....	35
14. Reaksi Interifikasi.....	36
15. Roadmap Teknologi Biodiesel.....	39
16. Tahap Pengumpulan Data.....	46
17. Aerometer.....	52
18. Flash Point.....	52
19. Boomb Kalorimeter.....	53
20. Smoke Tester.....	53
21. Bagan Alir Penelitian.....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data Perbandingan Produksi dan Konsumsi Minyak Goreng di Indonesia tahun 2006 – 2008.....	4
2. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	7
3. Tingkat Produksi Kapal Purse Seine Per Bulan Menurut Kekuatan Mesin.....	26
4. Tingkat Produksi Kapal Purse Seine Per Bulan Menurut Pemakaian yang Digunakan.....	27
5. Keunggulan dan Kelemahan Biodiesel.....	37
6. Jenis dan Penggunaan Biodiesel.....	40
7. Tabulasi Data dalam Penelitian pada Uji <i>Performance</i> .....	55
8. Uji Torsi Solar Murni.....	55
9. Uji Daya Poros Solar Murni.....	56
10. Uji Konsumsi Spesifik Solar Murni.....	56
11. Uji Opasitas Biodiesel 5%.....	56
12. Uji Torsi Biodiesel 5%.....	56
13. Uji Daya Poros Biodiesel 5%.....	57
14. Uji Konsumsi Spesifik Biodiesel 5%.....	57
15. Uji Opasitas Biodiesel 5%.....	57
16. Uji Torsi Biodiesel 10%.....	57
17. Uji Daya Poros Biodiesel 10%.....	58
18. Uji Konsumsi Spesifik Biodiesel 10%.....	58
19. Uji Opasitas Biodiesel 10%.....	58

20. Uji Torsi Biodiesel 15%.....	58
21. Uji Daya Poros Biodiesel 15%.....	59
22. Uji Konsumsi Spesifik Biodiesel 15%.....	59
23. Uji Opasitas Biodiesel 15%.....	59
24. Data Hasil Uji Karakteristik B 100% (Biodiesel 100%).....	62
25. Data Hasil Uji Karakteristik B 5 (Biodiesel 5% dan Solar 95%).....	62
26. Data Hasil Uji Karakteristik B 10 (Biodiesel 10% dan Solar 80%).....	63
27. Data Hasil Uji Karakteristik B 15 (Biodiesel 15% dan Solar 85%).....	63
28. Data Hasil Perhitungan Uji <i>Performance</i> Mesin Diesel Solar Murni (B0).....	65
29. Data Hasil Perhitungan Uji <i>Performance</i> Mesin Diesel Biodiesel 5% (B5).....	65
30. Data Hasil Perhitungan Uji <i>Performance</i> Mesin Diesel Biodiesel 10% (B10).....	66
31. Data Hasil Perhitungan Uji <i>Performance</i> Mesin Diesel Biodiesel 15% (B15).....	66
32. Tabel Hasil Uji Anova.....	68
33. Tabel Uji BNT 5% terhadap Torsi.....	71
34. Tabel Uji BNT (5%) terhadap Daya Poros.....	72
35. Tabel Uji BNT 5% Konsumsi Bahan Bakar terhadap Kecepatan Motor (rpm).....	73
36. Tabel BNT(5%) Opasitas terhadap Kecepatan Motor (rpm).....	74
37. Hubungan Torsi terhadap Daya Poros.....	75
38. Hubungan Torsi terhadap Konsumsi Bahan Bakar Mesin Diesel.....	77

39. Hubungan Torsi terhadap Opasitas.....	79
40. Hubungan Daya Poros terhadap Konsumsi Bahan Bakar.....	81
41. Hubungan Daya Poros terhadap Opasitas.....	83
42. Hubungan Konsumsi Bahan Bakar terhadap Opasitas.....	84
43. Hubungan Daya Poros Terhadap Opasitas.....	87
44. Hubungan Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Opasitas.....	87
45. Perbandingan laju konsumsi antara bahan bakar solar dan biodiesel 5% secara ekonomi.....	88
46. Perbandingan laju konsumsi antara bahan bakar solar dan biodiesel 10% secara ekonomi.....	91
47. Perbandingan laju konsumsi antara bahan bakar solar dan biodiesel 15% secara ekonomi.....	92
48. Tabel perhitungan ekonomi biodiesel seharga Rp5000,00 pada komposisi biodiesel 5%.....	92
49. Tabel perhitungan ekonomi biodiesel seharga Rp5000,00 pada komposisi biodiesel 10%.....	92
50. Tabel perhitungan ekonomi biodiesel seharga Rp5000,00 pada komposisi biodiesel 15%.....	97
51. Tabel perhitungan ekonomi biodiesel seharga Rp5000,00 pada komposisi biodiesel 5%; 10%; 15%.....	98
52. Biaya Operasi per Trip pada Kapal <i>Purse Seine</i> di Pekalongan.....	98
53. Data biaya investasi, biaya tidak tetap, biaya tetap, jumlah trip/tahun, dan jumlah tenaga kerja dari unit penangkapan <i>purse seine</i> di PPN Pekalongan.....	99

## DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
1. Line Plot Torsi dari masing – masing kategori .....	69
2. Line Plot Daya Poros dari masing – masing kategori.....	69
3. Line Plot Konsumsi dari masing – masing kategori.....	70
4. Line Plot Opasitas dari masing – masing kategori .....	70
5. Grafik hubungan torsi terhadap daya poros mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100.(A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%. .....	75
6. Grafik hubungan torsi terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100. (A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%. .....	77
7. Grafik hubungan torsi terhadap opasitas mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100.(A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%. .....	79
8. Grafik hubungan daya porosterhadap konsumsi mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100. A. Solar, (B). Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%. .....	81
9. Grafik hubungan daya porosterhadap opasitas mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100.(A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%. .....	83
10.Grafik hubungan konsumsi bahan bakar terhadap opasitas mesin diesel dengan RPM 900, 1000, 1100. (A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%. .....	85
11.Grafik Hubungan RPM dan Konsumsi Ekonomi Solar dengan Biodiesel 5%, 10%, 15% pada RPM 900, 1000, 1100.....	88
12.Grafik Hubungan RPM dan Konsumsi Ekonomi Biodiesel 5% pada RPM 900, 1000, 1100.....	88
13.Grafik Hubungan RPM dan Konsumsi Ekonomi Biodiesel 10% pada RPM 900, 1000, 1100.....	89
14.Grafik Hubungan RPM dan Konsumsi Ekonomi Biodiesel 15% pada RPM 900, 1000, 1100.....	89
15.Grafik Hubungan RPM dengan Laju Konsumsi Biodiesel 5% pada RPM 900, 1000, 1100.....	93

16. Grafik Hubungan RPM dengan Laju Konsumsi Biodiesel 10% pada RPM 900, 1000, 1100.....	93
17. Grafik Hubungan RPM dengan Laju Konsumsi Biodiesel 15% pada RPM 900, 1000, 1100.....	93

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 .Dokumentasi Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah .....	109
2. Dokumentasi Uji <i>Perfomance</i> terhadap Mesin Diesel .....	111
3. Hasil Uji BNT .....	112
4. Hasil Uji ANOVA .....	116
5. Hasil Uji Biodiesel .....	128
6. Surat Keterangan Laboratorium.....	129
7. Abstrak Seminar Nasional.....	130
8. Sertifikat Seminar Nasional.....	131

# 1.PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Penggunaan mesin diesel saat ini sudah sangat luas dan dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Pada umumnya mesin diesel menggunakan salah satu olahan minyak bumi yaitu solar sebagai bahan bakarnya. Berbagai produk olahan minyak bumi, seperti bensin, minyak tanah, minyak solar, dan avtur. Solar merupakan bahan bakar yang tergolong paling banyak digunakan karena kebanyakan alat transportasi, alat pertanian, penggerak generator listrik dan peralatan berat lainnya menggunakan solar sebagai sumber energi (Wijaya, 2011).

Permintaan pasar terhadap BBM khususnya solar akan terus meningkat dengan cepat akibat pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri, namun ketersediaannya semakin terbatas karena BBM tergolong sebagai sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Indonesia diperkirakan akan menjadi pengimpor total BBM pada 10 tahun mendatang, karena produksi dalam negeri tidak dapat lagi memenuhi permintaan pasar (LPPM ITB, 2001 *dalam* Haryono, *et.al.*, 2010).

Terjadinya krisis energi, khususnya bahan bakar minyak (BBM) yang diinduksi oleh meningkatnya harga BBM dunia telah membuat Indonesia perlu mencari sumber-sumber bahan bakar alternatif yang mungkin dikembangkan. Sumber daya energi yang berasal dari minyak bumi akan semakin menipis persediannya seiring dengan bertambahnya industri yang akan mengakibatkan peningkatan konsumsi bahan bakar minyak (Akbar, 2011).

Menipisnya cadangan minyak bumi membuat munculnya berbagai macam energy alternatif, salah satunya adalah biodiesel. Biodiesel adalah ester asam lemak yang berasal dari minyak nabati atau hewani melalui reaksi transesterifikasi atau esterifikasi dan digunakan sebagai bahan bakar diesel (Darnoko dan Cheryan, 2000).

Biodiesel merupakan bahan yang amat potensial digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel. Hal ini disebabkan karena bahan bakunya yang berasal dari minyak nabati dapat diperbarui dan dihasilkan secara *periodic*. Selain itu harganya relative stabil dan produksinya mudah disesuaikan dengan kebutuhan. Penggunaan minyak goreng bekas sebagai bahan baku memberikan beberapa keuntungan, diantaranya : harga murah, mudah didapat, dan dapat menanggulangi pencemaran yang disebabkan oleh limbah minyak goreng bekas (Suwarso, *et.al.*, 2008).

Selain itu biodiesel memiliki sifat melarutkan (*solveny*). Hal ini menyebabkan suatu permasalahan, dimana apabila digunakan pada mesin diesel yang sebelumnya telah lama menggunakan solar dan didalam tankinya telah terbentuk kerak dan sedimen, maka biodiesel akan melarutkan kerak dan sedimen tersebut, sehingga dapat menyumbat saringan dan saluran bahan bakar. Oleh karena itu apabila kandungan sedimen dan kerak didalam tangki bahan bakar cukup tinggi sebaiknya diganti sebelum digunakan biodiesel. Beberapa material seperti kuningan, tembaga, timah, dan seng dapat mengoksidasi biodiesel dan menghasilkan sedimen, untuk mencegah hal ini maka sebaiknya biodiesel terbuat dari bahan stainless steel atau aluminium (Setiawati dan Edwar, 2012).

Berdasarkan hasil evaluasi kelayakan beberapa bahan baku, Ruhyat dan Firdaus (2006), telah menentukan bahwa jenis minyak nabati yang paling layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak goreng bekas (jelantah).

Minyak goreng bekas bersifat karsinogenik, di mana apabila dimanfaatkan untuk penggorengan akan menimbulkan bahaya kanker bagi yang mengkonsumsinya. Penggunaan minyak goreng direkomendasi maksimum empat kali. Namun demikian pelaksanaannya di masyarakat, khususnya masyarakat kelas bawah sangat sulit dilaksanakan karena diversifikasi penggunaan selain untuk konsumsi masih belum banyak ditemukan (Susilo, 2006). Pengolahan biodiesel dari minyak jelantah merupakan cara yang efektif untuk menurunkan harga jual biodiesel karena murah biaya bahan baku. Selain itu pemanfaatan limbah minyak goreng dapat juga mengatasi masalah pembuangan limbah dan kesehatan masyarakat.

Beberapa faktor penting yang berpengaruh dalam produksi biodiesel adalah harga bahan baku dan harga proses biodiesel. Bahan baku merupakan faktor yang paling penting dalam pembuatan biodiesel, karena hampir 70% biaya dalam proses produksi biodiesel terserap dalam bahan baku, sehingga tinggi rendahnya bahan baku sangat berpengaruh terhadap harga jual dan kualitas biodiesel. Hasil penelitian Mariana dan Subandi (2010) menunjukkan bahwa Kota Malang cukup potensial sebagai penghasil minyak goreng bekas (jelantah) untuk produksi biodiesel. Jumlah industri yang menggunakan minyak goreng sebagai bahan utama memasak berjumlah 29 industri, yang terdiri dari industri restoran (16 restoran), industri kerupuk dan keripik (10 industri), dan hotel (3 hotel). Sedangkan kapasitas produksi penghasil jelantah yang paling potensial adalah restoran waralaba produksi utama ayam goreng seperti *Mc Donald* dan *Kentucky Fried Chicken* (rerata 30 liter/hari/industri).

Total produksi minyak goreng di propinsi Jawa Timur mencapai 906.800 ton/th. Perusahaan minyak goreng yang berada di propinsi Jawa Timur adalah 12 perusahaan, dua diantaranya merupakan perusahaan minyak goreng kelapa. Dugaan produksi minyak goreng bekas berkisar antara 4750 ton/th (KPPU,

2015). Untuk skala nasional perbandingan produksi dan konsumsi minyak goreng disajikan dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Data Perbandingan Produksi dan Konsumsi Minyak Goreng di Indonesia tahun 2006 - 2008

Tahun	Produksi	Konsumsi	
		Domestik	Luar Negeri
2006	6.627.000	3.297.000	3.330.000
2007	7.596.000	3.546.000	4.050.000
2008	8.328.000	3.797.000	4.531.000

Sumber: Departemen Perindustrian

Dari tabel diatas terlihat bahwa Indonesia surplus produksi minyak goreng, dimana konsumsi domestik telah terpenuhi dari industri minyak goreng dalam negeri, sisanya, diekspor ke negara lain.

Harga minyak jelantah dari pengepul berkisar antara Rp 4000,00 – Rp 5000,00 per liter. Sedangkan biaya produksi biodiesel berbahan jelantah berkisar antara Rp 7000,00 – Rp 8000,00 per liter. Dengan harga jual dimulai dari Rp9.000,00 – Rp10.000,00. Biaya produksi biodiesel berbahan minyak jelantah memang lebih mahal lantaran terjadi “subsidi silang” . Konsumen yang membeli biodiesel dalam skala besar diberikan harga yang lebih murah, sedangkan konsumen skala kecil diberikan harga lebih mahal, inilah yang dimaksud “subsidi silang” (Djie, 2008).

Minyak goreng bekas inilah yang nantinya akan digunakan sebagai biodiesel dengan mencampurkan solar minyak goreng bekas yang tidaklah mudah. Walaupun hanya mengatur konsentrasi saja, tetapi dalam jumlah yang besar akan terjadi masalah bila konsentrasi biodiesel tidak sesuai dengan yang seharusnya. Teknologi pencampuran minyak goreng bekas dengan solar

haruslah tepat dan sudah teruji. Oleh karena itu dilakukan pengujian minyak goreng bekas yang dicampur dengan solar (Boedoyo, 2011).

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Berapa konsentrasi biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar agar memberikan hasil optimal pada kinerja mesin diesel ?
2. Bagaimana hasil uji karakteristik biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar pada konsentrasi 5%, 10%, 15% dan uji *performa* terhadap mesin diesel ?

## 1.3. Batasan Masalah

Motor diesel dalam pembakarannya sangat dipengaruhi oleh konsentrasi campurannya. Minyak solar yang pada umumnya digunakan sebagai bahan bakar utama pada motor diesel dicampur dengan minyak goreng bekas yang diproses menjadi biodiesel. Pencampuran biodiesel dan solar dengan konsentrasi 5%, 10%, 15% dilakukan tahapan pengujian meliputi : uji karakteristik (viskositas, massa jenis, titik nyala, nilai kalor) dan uji performa atau prestasi mesin diesel (torsi, daya poros, konsumsi bahan bakar spesifik ,opasitas (tingkat polutan HSU). Pengujian karakteristik dan prestasi mesin diesel secara fisik menggunakan alat yang prosedur agar mendapatkan hasil yang sesuai.

Data hasil perhitungan yang didapatkan kemudian dibuat korelasi hubungan antara torsi dengan daya poros, hubungan antara torsi dengan opasitas, hubungan daya poros dengan konsumsi spesifik bahan bakar, hubungan daya poros dengan opasitas, hubungan konsumsi spesifik bahan bakar dengan opasitas. Pemutusan hasil uji karakteristik, hasil uji performa atau prestasi mesin diesel , dan dibuat korelasi hubungan pada konsentrasi 5%, 10%, 15% pada

torsi, daya poros, konsumsi spesifik bahan bakar, opasitas. Dilakukan dengan analisa ANOVA one way dan dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk melihat perbedaan nyata terkecil dari nilai *R square*.

#### 1.4 Hipotesis

Berdasarkan rumusan dan batasan masalah yang telah dijabarkan diatas maka hipotesis untuk penelitian ini yaitu:

1. H<sub>0</sub> diduga tidak ada pengaruh biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar pada konsentrasi 5%, 10%, 15% terhadap kinerja mesin diesel yang dianalisa dari hasil uji karakteristik biodiesel yang meliputi ( viskositas, massa jenis, titik nyala, kalor) dan uji *performance* yang meliputi ( daya poros, torsi, konsumsi bahan bakar secara spesifik, opasitas).
2. H<sub>1</sub> diduga ada pengaruh biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar pada konsentrasi 5%, 10%, 15% terhadap kinerja mesin diesel yang dianalisa dari hasil uji karakteristik biodiesel yang meliputi ( viskositas, massa jenis, titik nyala, kalor) dan uji *performance* yang meliputi ( daya poros, torsi, konsumsi bahan bakar secara spesifik, opasitas).

Jika probabilitasnya  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau probabilitasnya  $> 0,05$  maka H<sub>0</sub> diterima, jika probabilitasnya  $F_{hitung} > F_{tabel}$  atau probabilitasnya  $< 0,05$  maka H<sub>0</sub> ditolak. Menurut Wibirama (2014), anova dapat digunakan untuk menganalisa sejumlah sampel dengan jumlah data yang sama pada tiap-tiap kelompok sampel, atau dengan jumlah data yang berbeda. Dilanjutkan dengan perhitungan model regresi bertujuan untuk mengetahui besar pengaruh variable x terhadap variable y.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pengaruh pemanfaatan biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui konsentrasi yang tepat pada variasi konsentrasi yaitu: 5%, 10%, 15% pada biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar.
2. Untuk mengetahui nilai karakteristik biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar dengan nilai karakteristik yang ditetapkan pada standar nasional Indonesia (SNI biodiesel

#### 1.5 Kegunaan

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi dan sumber informasi mengenai pengaruh pemberian minyak goreng bekas yang dicampur solar terhadap kinerja mesin diesel. Hasil penelitian ini juga dapat dimanfaatkan sebagai data ilmiah untuk mengembangkan keilmuan.

#### 1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Juni 2016 yang bertempat di laboratorium Konversi Energi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang. Adapun jadwal penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pembuatan proposal	■	■	■	■	■	■	■	■												
2	Pelaksanaan penelitian									■	■	■	■	■	■	■	■				
3	Penyusunan laporan																	■	■	■	■

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mengenal Mesin Diesel

Motor bakar merupakan salah satu mesin yang digunakan sebagai penggerak mula-mula alat transportasi. Motor bakar merupakan suatu mesin konversi energi yang merubah energi kalor menjadi energi mekanik. Dengan adanya energi kalor sebagai suatu penghasil tenaga maka sudah semestinya mesin tersebut memerlukan bahan bakar dan sistem pembakaran yang digunakan sebagai sumber kalor. Dalam hal ini bahan bakar yang sering digunakan pada kendaraan bermotor adalah bensin dan solar. Motor bakar yang menggunakan bahan bakar bensin disebut dengan motor bensin dan motor bakar torak yang menggunakan bahan bakar solar disebut motor diesel (Suriansyah dan Rahmawaty, 2003). Motor diesel biasanya juga disebut dengan “motor penyalaan kompresi” (*Compression – Ignition Engine*) oleh karena itu, penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan menyemprotkan bahan bakar ke dalam udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi, sebagai akibat dari proses kompresi (Sulaeman dan Fardiansyah, 2011).

Mesin diesel ditemukan dan dipatenkan oleh Rudolph Diesel pada tahun 1892. Mesin diesel bekerja dengan kecepatan maksimum yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin bensin yang seringkali mempunyai kecepatan di atas 4000 putaran per menit. Kebanyakan mesin diesel bekerja dengan kecepatan antara 50 sampai 2.500 putaran permenit. Mesin diesel yang bekerja dengan kecepatan putaran kurang dari 500 putaran permenit disebut mesin diesel dengan kecepatan putaran lambat, diatas 1200 putaran permenit disebut mesin diesel kecepatan tinggi, sedangkan diantara keduanya disebut mesin diesel kecepatan sedang. Mesin diesel dengan kecepatan rendah digunakan

sebagai mesin stationer dan digunakan di kapal-kapal besar. Kecepatan sedang digunakan pada kapal - kapal kecil dan lokomotif sedangkan kecepatan tinggi digunakan untuk traktor, bus, truk dan mobil. Indonesia saat ini mempunyai dua macam bahan bakar diesel, yaitu bahan bakar solar yang digunakan sebagai bahan bakar motor diesel dengan kecepatan putaran tinggi dan minyak diesel untuk kecepatan putaran rendah (Hardjono, 2001).

## **2.2 Konstruksi Motor Diesel 4 Tak**

Menurut Vebriasandi (2010), secara garis besarnya konstruksi utama sebuah motor diesel penggerak generator listrik (4 tak) dapat dibagi menjadi 5 bagian utama, meliputi :

- a). Komponen sistem bahan bakar : tangki bahan bakar, keran bahan bakar, saringan bahan bakar, pompa injeksi, mekanisme governor, pipa tekanan tinggi, injektor (nozzle) dan saluran pengembalian bahan bakar.
- b). Komponen sistem pelumasan : panci oli (carter), saringan kasar (oil screen), pompa oli, saringan halus (oil filter), indikator oli dan saluran penyalur oli pelumas.
- c). Komponen sistem pendinginan : tangki air pendingin, mantel pendingin blok selinder (water jacket) dan komponen lain sesuai tipe pendinginan yang digunakan (lihat pada bagian system pendinginan).

Sedangkan menurut Boentaro (2000), komponen utama mesin diesel sedikit berbeda dengan komponen utama mesin bensin. Letak perbedaannya pada sistem aliran bahan bakar dan pengapian. Mesin bensin menggunakan sistem pengapian (spark plug) sedangkan mesin solar menggunakan tekanan udara tinggi (Compresion). Secara garis besar, komponen utama mesin diesel dapat digolongkan menjadi tiga sistem berikut.

➤ **Sistem aliran bahan bakar**

Bagian sistem aliran bahan bakar ini terdiri dari tangki (menampung solar), saringan (untuk menyaring kotoran solar), pompa transfer (untuk memompa solar dari tangki ke pompa injeksi), pompa injeksi (untuk memompa solar agar tekanan naik), injektor nozzle (untuk mengabutkan solar dan menyemprotkan ke dalam silinder), pipa tekanan tinggi (untuk menyalurkan solar bertekanan tinggi dari pompa injeksi ke injektor), serta pipa tekanan rendah (untuk menyalurkan solar bertekanan rendah ke pompa injeksi).

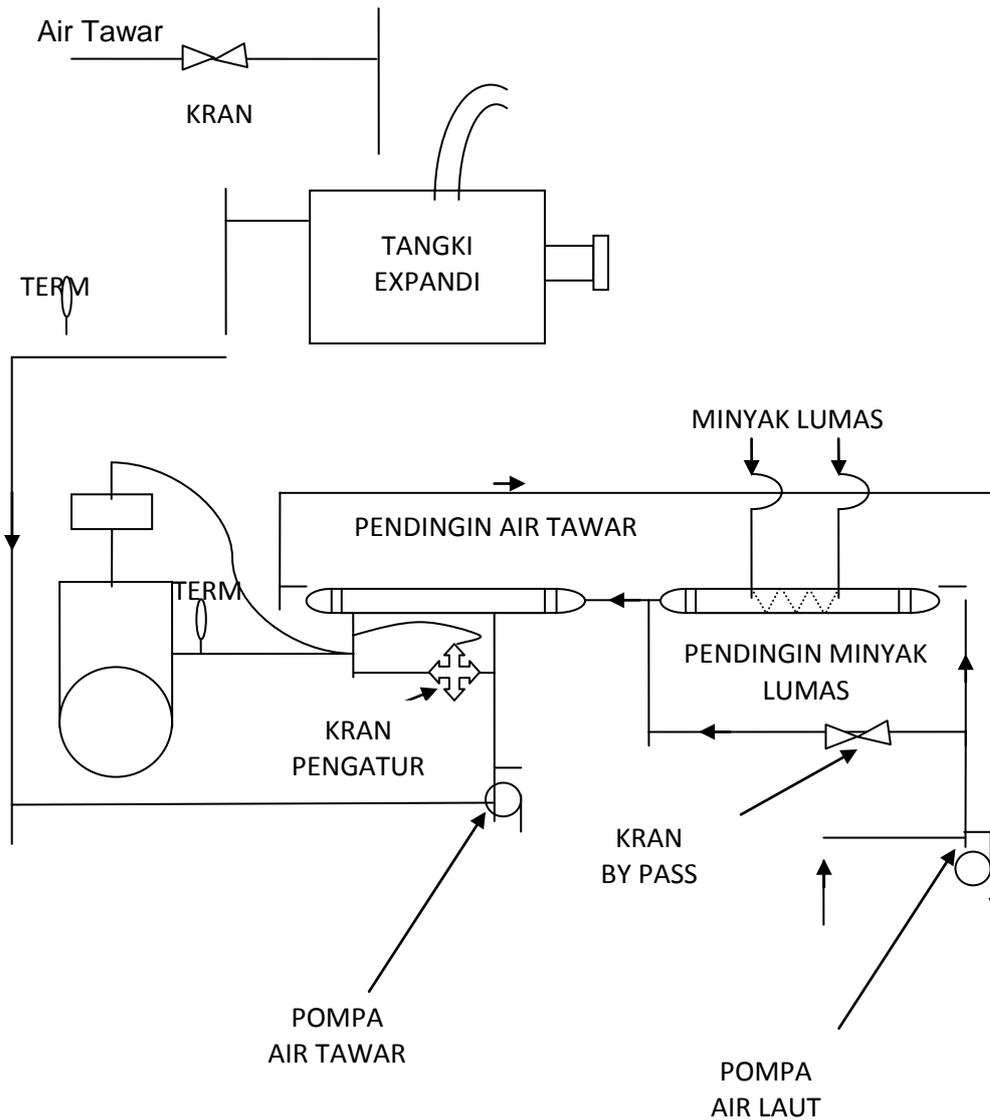
➤ **Sistem Pendingin**

Bagian ini terdiri dari radiator (berfungsi untuk mendinginkan air, oli) dan *thermostaat* (berfungsi untuk mengatur aliran air sesuai kondisinya).

**1. Sistem Pendinginan Langsung (Terbuka)**

Sistem pendinginan langsung adalah sistem pendinginan yang menggunakan satu media pendingin saja yakni dengan media pendingin air laut. Proses pendinginannya dengan cara air laut diambil dari katup kingstone melalui filter dengan pompa air laut, kemudian air laut disirkulasikan ke seluruh bagian-bagian mesin yang membutuhkan pendinginan melalui pendingin minyak pelumas dan pendingin udara untuk mendinginkan kepala silinder, dinding silinder dan katup pelepas gas kemudian air laut dibuang keluar kapal.

Berikut ini dapat dilihat skema gambar dari sistem pendinginan secara langsung (tertutup). Pada gambar 1 adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Sistem pendinginan langsung (terbuka)

Keterangan :

- |                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. Saringanlaut (sea chest) | 6. Tangki pendingin |
| 2. Katup / valve            | 7. Thermometer      |
| 3. Saringan                 | 8. Mesin induk      |
| 4. Pompa                    | 9. Pipa buang       |
| 5. Katup pengaman           |                     |

Bila ditinjau dari segi konstruksi sistem pendinginan langsung mempunyai keuntungan yaitu lebih sederhana dan daya yang diperlukan untuk sirkulasi air lebih kecil dibandingkan dengan sistem pendinginan tidak langsung. Selain itu dapat menghemat pemakaian peralatan, karena pada sistem ini tidak

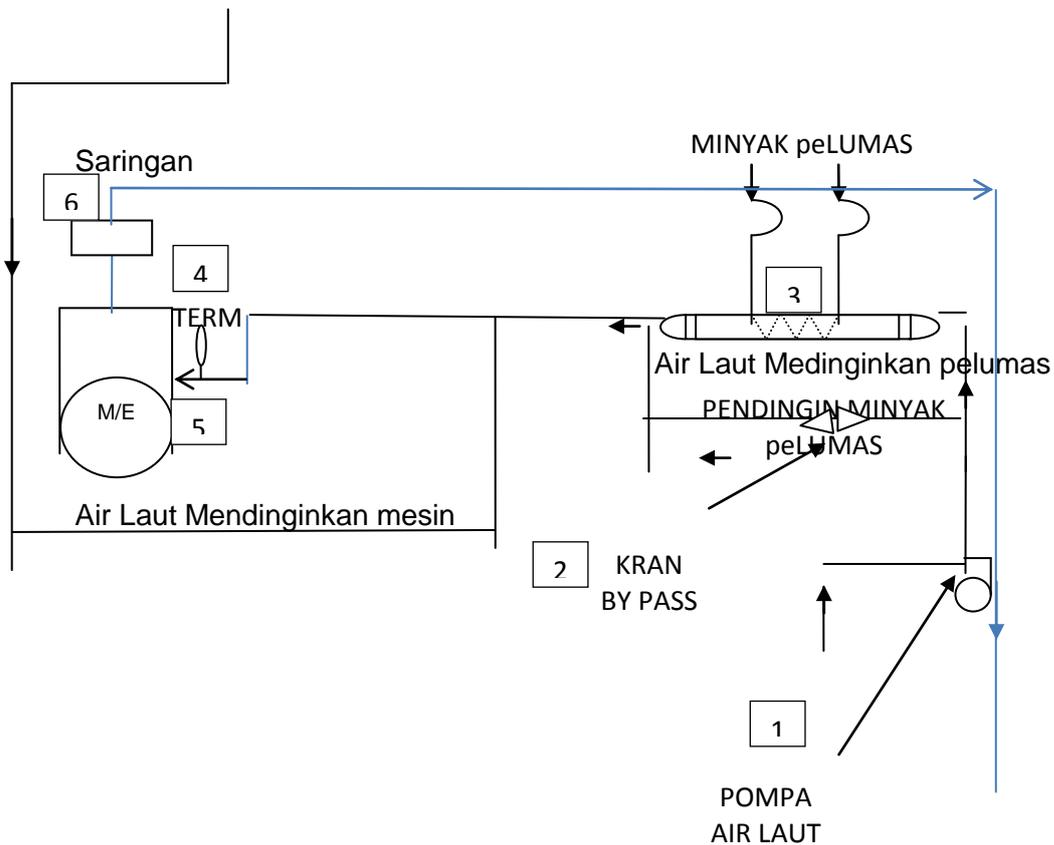
memerlukan tangki air dan tidak memerlukan banyak pompa untuk mensirkulasikan air pendingin. Adapun kerugian dari sistem pendinginan langsung ini adalah pada instalasi perpipaannya mudah sekali terjadi pengerakan (karat) karena air laut ini bersifat korosif serta air pendingin sangat terpengaruh dengan temperatur air laut.

## **2. Sistem Pendinginan Tidak Langsung (tertutup)**

Sistem pendinginan tidak langsung menggunakan dua media pendingin, yang digunakan adalah air tawar dan air laut. Air tawar dipergunakan untuk mendinginkan bagian-bagian motor, sedangkan air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar, setelah itu air laut langsung dibuang keluar kapal dan air tawar bersirkulasi dalam siklus tertutup. Sistem pendinginan ini mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dan dapat mendinginkan bagian-bagian motor secara merata.

Sistem pendinginan tidak langsung ini memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada sistem pendinginan langsung dan dapat mendinginkan secara merata. Keuntungan lain yang didapat dari sistem pendingin ini adalah kecilnya resiko terjadinya karat.

Kerugian sistem pendinginan tidak langsung adalah terlalu banyak menggunakan ruangan untuk penempatan alat-alat utamanya, sehingga konstruksi menjadi rumit. Daya yang dipergunakan untuk mensirkulasikan air pendingin lebih besar, karena sistem ini menggunakan banyak pompa sirkulasi.



Gambar 2. Sistem pendinginan tidak langsung (tertutup)

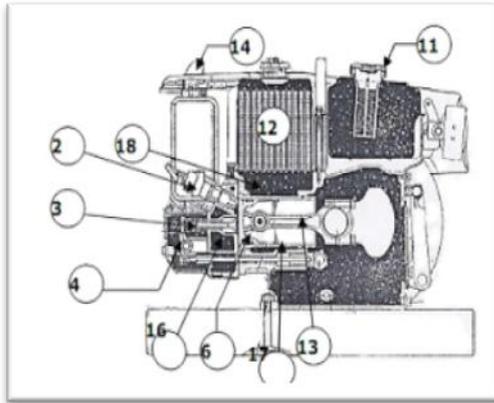
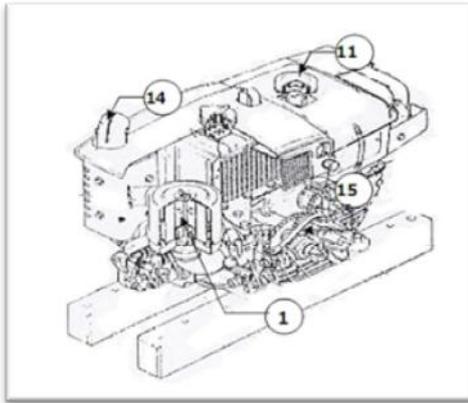
Keterangan:

- 1) Pompa Air laut
- 2) Kran By pass
- 3) Air Laut Mendinginkan pelumas
- 4) Termostart
- 5) Mesin
- 6) Saringan

Pendinginan secara langsung lebih praktis dibandingkan tidak langsung dimana air laut di pompa naik keatas langsung menuju cooler satu untuk mendinginkan pelumas dilanjutkan ada yang melalui by pass dan ada yang langsung dari cooler menuju motor (M/E) dimana bagian yang perlu didinginkan dari motor/mesin supaya tidak terjadi keausan karena suhu terlalu tinggi dari proses pembakaran dari motor itu sendiri. Oleh karena itu air laut yang sudah bersirkulasi langsung naik keatas melalui saringan dan turun kelaut lagi begitu selanjutnya

### ➤ Sistem Pelumas

Bagian ini terdiri dari pompa pelumas (untuk memompa oli keseluruhan bagian mesin yang perlu dipelumas) dan saringan oli (untuk menyaring kotoran yang terkandung dalam oli).



Gambar 3. Mesin diesel yang dibelah

Gambar 4. Penampang samping mesin diesel

Keterangan gambar:

1. : saringan udara (air cleaner)
2. : penyemprot bahan bakar (injector nozzle)
3. : katup dan pegas katup
4. : tuas penekan katup (rocker arm)
5. : ruang pembakaran
6. : torak (piston)
7. : poros engkol (crank shaft)
8. : roda gila (fly wheel)
9. : saluran pengeluaran bahan bakar (drain plug)
10. : tangki bahan bakar
11. : tutup tangki bahan bakar
12. : tangki air pendingin
13. : batang torak (connecting rod)
14. : knalpot (muffler)
15. : pompa injeksi dan mekanisme governor
16. : kepala silinder
17. : blok silinder
18. : mantel (kantong) air pendingin blok silinder



### 2.3 Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Tak

Menurut Suleman dan Fardiansyah (2011), prinsip kerja motor diesel dapat dipahami dengan mempelajari urutan langkah kerja dalam menghasilkan satu usaha untuk memutar poros engkol. Urutan langkah kerjanya sebagai berikut :

#### 1. Langkah Hisap (*Suction Stroke*)

- Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju ke titik mati bawah (TMB).
- Katup masuk terbuka, katup buang tertutup, karena isapan piston udara murni masuk ke dalam silinder mesin melalui intake manifold katup masuk.

#### 2. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)

- Piston bergerak dari TMB ke TMA. Kedua katup tertutup.
- Udara tadi dikompresikan oleh piston dalam silinder antara  $1/12 - 1/16$  bagian dari seluruh isi silinder.
- Kekompresian udara (kepadatan) sampai tekanan tinggi antara 35 – 40 kg/cm

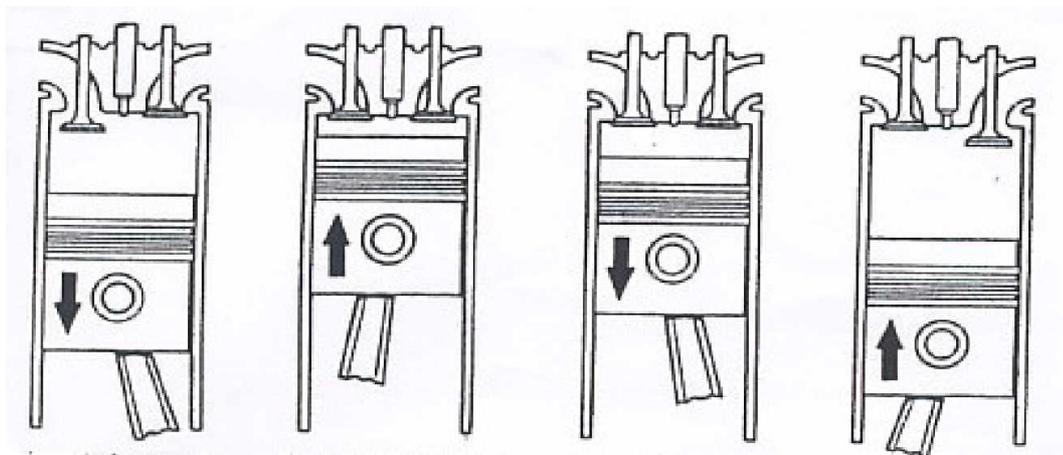
#### 3. Langkah Kerja (*Power Stroke*)

Sedikit sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA) panas udara yang dikompresi/dipampatkan tadi mencapai suhu 500 – 700°C, kemudian pada saat yang bersamaan Pengabut (*Injector Nozzle*) menyemprotkan bahan bakar solar yang berbentuk kabut dimana sifatnya mudah terbakar. Maka karena panas yang tersedia di dalam silinder cukup tinggi, segera mengadakan pembakaran terhadap bahan bakar yang dikabutkan oleh pengabut.

Setelah terjadi pembakaran bahan bakar tersebut, maka tekanan gas di dalam silinder naik dengan cepat sampai mencapai tekanan 50 kg/cm<sup>2</sup> dan mendorong piston dari titik mati atas (TMA) menuju ke titik mati bawah (TMB) menghasilkan langkah kerja dari motor tersebut.

#### 4. Langkah Pembuangan (*Exhaust Stroke*)

- Katup masuk tertutup, katup buang terbuka.
- Piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), maka sisa-sisa gas pembakaran tadi dibuang melalui katup buang dan diteruskan ke manifold dan terus ke knalpot.



Langkah Hisap

Langkah Kompresi

Langkah Usaha

Langkah Pembuangan

⇨ Pemasukan Udara Murni melalui Katup Masuk.

⇨ Pengeluaran Gas Sisa Pembakaran melalui Katup Buang.

Gambar 5. Prinsip Kerja Mesin Diesel 4 Tak

## 2.4 Pengertian Solar

Minyak solar adalah bahan bakar jenis distilat berwarna kuning kecoklatan yang jernih. Penggunaan minyak solar pada umumnya adalah bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (diatas 1000 RPM), yang juga dapat dipergunakan sebagai bahan bakar pembakaran langsung dalam dapur – dapur kecil, yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini biasa disebut juga *gas oil*, *automotive diesel oil*, dan *high speed diesel* (Khoiroh, 2013).

Solar memiliki komposisi pokok yaitu *alpha methyl naphthalene* ( $C_{16}H_{14}$ ) dan *polyolifin* ( $C_{16}H_{32}$ ) masing-masing adalah unsur yang mudah dan sulit berdetonasi. Karakteristik ideal bahan bakar solar yaitu viskositas sempurna (tidak tinggi dan tidak terlalu rendah prosentase air, abu, belerang dan sisa-sisa karbon harus rendah) (Sudik, 2013).

## 2.5 Mesin Kapal

Kapal merupakan alat transportasi laut. Kapal merupakan kendaraan pengangkut penumpang dan barang dilaut, seperti halnya sampan, atau perahu yang lebih kecil. Kapal biasanya cukup besar untuk membawa perahu kecil seperti sekoci. Sedangkan dalam istilah Inggris, dipisahkan antara ship yang lebih besar dan boat yang lebih kecil. Secara kebiasaannya, kapal dapat membawa perahu tetapi perahu tidak dapat membawa kapal. Ukuran sebenarnya dimana sebuah perahu disebut kapal selalu ditetapkan oleh Undang-undang dan peraturan atau kebiasaan setempat.

Mesin kapal adalah mesin yang dipergunakan sebagai sumber penggerak kapal dan dinamakan mesin utama atau mesin induk (motor pokok). Pengoperasian alat tangkap ini dibutuhkan unit penangkapan yaitu berupa kapal. Kapal ini berfungsi ketika pengoperasian yaitu untuk melingkarkan jaring pada gerombolan ikan. Kapal yang digunakan yaitu jenis kapal purse seine yang biasanya kapal ini terbuat dari bahan kayu.

Untuk ukuran kapal ini cukup relatif tergantung dari skala penangkapan mulai dari yang ukurannya kecil antara 10-30 GT dengan kekuatan mesin 20 HP, ukuran sedang antara 30-50 GT dengan kekuatan mesin 120 HP, hingga ukuran yang besar 50-100 GT dengan kekuatan mesin 300-360 HP (Ayodyoa, 1975).

Mesin diesels adalah sejenis mesin pembakaran dalam dan yang lebih spesifik lagi adalah sebuah mesin pemicu kompresi, dimana bahan bakar

dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, dan bukan oleh alat benergi lain seperti busi (Wikipedia, 2012).

Mesin bisa dijalankan secara manual maupun otomatis. Menjalankan mesin dengan cara manual memerlukan ketelitian dalam melakukan setiap langkah pengoperasiannya. Tahapan – tahapan pengoperasian mesin diesel secara manual meliputi pemeriksaan awal, pengoperasian mesin secara manual, dan penghentian pengoperasian mesin harus dilakukan dengan baik dan tepat.

### 2.5.1 Spesifikasi Kapal Perikanan

Kapal perikanan menurut Undang-Undang RI No. 45/2009 adalah kapal, perahu, atau alat apung lainnya yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian/eksplorasi perikanan.

Kapal ikan adalah kapal yang digunakan dalam kegiatan perikanan yang meliputi aktifitas penangkapan atau pengumpulan sumberdaya perairan, pengelolaan atau budidaya perairan, serta penggunaan dalam pekerjaan – pekerjaan riset, training dan inspeksi sumberdaya perairan (Nomura & Yamazaki 1977).

- **Spesifikasi kapal *Purse Seine***

1. Jenis Kapal : Kapal *Purse Seine* (Pukat Cincin)
2. Ukuran Utama Kapal
  - Panjang Keseluruhan Kapal (LOA) : 24 meter
  - Lebar Kapal (BOA) : 5 meter
  - Dalam/Tinggi Kapal : 190 cm

- **Spesifikasi Alat Tangkap**

1. Jenis Alat Tangkap : *Purse Seine* (Pukat Cincin)

2. Dimensi Alat Tangkap
  - Panjang : 320 meter
  - Lebar : 51 meter
  - Dalam : 51 meter
- **Spesifikasi Mesin Utama**
  1. Jenis (*marine engine* atau bukan) : *non marine engine*
  2. Merek : Mitsubitsi / 220 PK / 6 Silinder
  3. Type : 6 D'2
  4. Hp : 400 – 500 Hp
  5. Rpm : 9 Rpm
- **Spesifikasi Mesin Bantu**
  1. Jenis (*marine engine* atau bukan) : *engine diesel*
  2. Merek : dongfeng S 1115 / 24PK  
& Yasuka
- **Spesifikasi Alat Bantu Penangkapan**
  1. Jenis : *line hauler, light fishing, Palka, Sekoci* dan rumpon
- **Spesifikasi Propeller**
  1. Type : Jando 300 / lingkaran 97 cm dan panjang kas 3 meter
  2. Jumlah Daun : 4
  3. Material : Kuningan
- **Daerah Penangkapan**
  1. Lokasi : Maluku Utara
  2. Jarak Tempuh dari Fishing Base : 183 Mil / 24 jam

### 2.5.2 Spesifikasi Mesin Utama

Mesin kapal adalah mesin yang dipergunakan sebagai sumber penggerak kapal dan dinamakan mesin utama atau mesin induk (motor pokok). Berdasarkan cara pemasangannya, mesin kapal perikanan diklasifikasikan yaitu :

1. Mesin tempel (*outboard engine*)
2. Mesin dalam (*inboard engine*)

Faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan mesin kapal perikanan :

1. Menentukan jenis mesin yang akan digunakan dengan asumsi bahwa jenis serta bentuk kapalnya sudah tertentu.
2. Menentukan tenaga dan kecepatan kapal yang dikehendaki
3. Mengadakan studi perbandingan antara mesin – mesin, sehingga diperoleh pilihan yang paling cocok.
4. Memperhitungkan secara ekonomis mesin – mesin yang telah dipilih berdasarkan pertimbangan teknis.
5. Memodifikasi mesin jika diperlukan



Gambar 6. Mesin Utama

### 2.5.3 Spesifikasi Mesin Bantu

Mesin bantu yang digunakan pada kapal KMN. Mustika yaitu *marine engine diesel* Merek *dongfeng S 1115 / 24PK* mesin ini berfungsi sebagai mesin *genset* pengganti listrik untuk menyalakan lampu sebagai mesin bantu penangkapan. Selain itu mesin bantu yang digunakan adalah mesin air merek Yasuka type 135.



Gambar 7.Mesin Bantu

### 2.5.4 Spesifikasi Alat Bantu Penangkapan

Alat Bantu Penangkapan Ikan adalah sarana, perlengkapan atau benda lain yang dipergunakan untuk membantu dalam rangka efisiensi dan efektifitas penangkapan ikan. Alat bantu penangkapan yang digunakan pada alat tangkap *Purse Seine* pada kapal KMN. Mustika yaitu *line hauler*, lampu,

Fungsi – fungsi dari alat bantu tersebut yaitu sebagai berikut :

#### 1. *Line hauler*

Merupakan alat bantu penarik tali utama pada saat *hauling* berlangsung. Keberadaan alat ini mutlak diperlukan, karena tali yang ditebar di perairan tidak memungkinkan untuk ditarik menggunakan tangan biasa (manual), selain berat dari gaya beban dan gaya tarikan dari seluruh rangkaian *purse seine* juga akan memerlukan waktu yang lama sehingga dianggap tidak efisien.

*Line hauler* pada umumnya digerakkan dengan tenaga *elektro hidrolik*, dilengkapi dengan tuas pengatur kecepatan tarik agar memudahkan penanganan penarikan tali utama, terutama pada saat menaikkan ikan hasil tangkapan atau saat terjadi kekusutan tali. *Line hauler* ditempatkan di geladag kerja hauling (*hauling working space*). Kekuatan tarik dari *line hauler* disesuaikan dengan ukuran besar kecilnya kapal (Suwardiyono dan Nuryadi Sadono, 2004).



Gambar 8. *Line Hauler*

## 2. Light fishing

Fungsi cahaya dalam penangkapan ikan ini ialah untuk mengumpulkan ikan sampai pada suatu *catchable area* tertentu, lalu penangkapan dilakukan dengan alat jaring ataupun pancing dan alat-alat lainnya (Sudirman dan Mallawa, 2004).

Ayodhya (1974) dan Vide Yudianto (1992) menyatakan, salah satu faktor yang mempengaruhi tertarik dan berkumpulnya ikan di sekeliling lampu adalah kekuatan dan warna lampu yang digunakan. Ikan-ikan itu tertarik oleh cahaya lampu kiranya tidak terlalu dipermasalahkan sebab adalah sudah menjadi anggapan bahwa hampir semua organisme hidup termasuk ikan yang media hidupnya itu air terangsang (tertarik) oleh sinar / cahaya (*phototaxis positif*) dan

karena itu mereka selalu berusaha mendekati asal / sumber cahaya dan berkumpul disekitarnya.



Gambar 9. *Light fishing*

### 2.5.5 Spesifikasi Propeller

Propeler (atau *baling-baling*) adalah kitiran untuk menjalankan kapal atau pesawat terbang. Propeller dengan pitch yang dapat diubah (*controllable pitch propellers*) Propeller dengan pitch yang dapat diubah-ubah, (*controllable pitch propeller, CPP*) merupakan baling-baling kapal dengan langkah daun propellernya dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan misal untuk rpm rendah biasa digunakan pitch yang besar dan rpm tinggi digunakan pitch yang pendek, atau dapat digunakan untuk mendorong kedepan dan menarik kapal mundur ke belakang, sehingga hal ini dapat menciptakan pemakaian bahan bakar seefektif mungkin.

Type propeller yang digunakan oleh kapal KMN. Mustika yaitu jando 300 dengan jumlah daun propeller 4 daun dengan material kuningan.



Gambar 10. Propeller

### 2.5.6 Daerah Penangkapan

Daerah Penangkapan Ikan adalah daerah atau area dimana populasi organisme dapat dimanfaatkan sebagai penghasil perikanan, yang bahkan apabila memungkinkan diburu oleh fishing master yang bekerja di kapal-kapal penangkap ikan dengan menggunakan peralatan penangkapan ikan yang dimilikinya.

Daerah penangkapan yang dijadikan daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) nelayan kapal KMN. Mustika yaitu di laut Maluku Utara dengan jarak tempuh dari *fishing base* ke *fishing ground* 183 Mil / 24 jam.

Pada pengoperasiannya *Purse Seine* ini menggunakan alat bantu sekoci yang berfungsi untuk mempermudah proses pengoperasian alat tangkap. Setelah proses pengoperasian alat tangkap tersebut ikan yang sudah tertangkap akan dilakukan pensortiran di atas kapal dengan menggunakan palka sebagai penampung dan *frizer* sebagai sarana mendinginkan hasil tangkapan, untuk memindahkan ikan ke kapal maka di gunakan boks sebagai alat bantu penanganan.

### 2.5.7 Penggunaan BBM (Jenis dan Jumlah)

Penggunaan BBM kapal KM. Mustika dalam 1 trip memakai 1 drum Solar dari *fishing base* ke *fishing ground* kemudian kembali ke *fishing base*. Menurut Havendri (2008), konsumsi bahan bakar menyatakan suatu ukuran pemakaian bahan bakar oleh suatu motor, pada umumnya dinyatakan dalam satuan massa bahan bakar per satuan waktu. Pemakaian bahan bakar dinyatakan dalam satuan kg/jam.

$$\dot{m}_{bb} = \frac{V}{\Delta t} \cdot \rho_{\text{bodiessel}} \cdot \left( \frac{3600}{1000} \right)$$

## 2.5.8 Sistem Kerja Mesin Utama dan Mesin Bantu

### a. Mesin Utama

#### ✓ Mesin

Mesin penggerak utama kapal adalah mesin yang digunakan untuk menggerakkan kapal, dengan cara mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga gerak

#### ✓ Gardan

Gardan mempunyai poros yang berfungsi untuk meneruskan momen atau gaya putaran dari mesin induk ke roda untuk menarik tali roda diferensial.

#### ✓ Gear Box

Gearbox atau Roda gigi merupakan satu unit pesawat yang terdiri dari rangkaian roda gigi yang tergabung menjadi satu rumah atau kotak.

#### ✓ Poros Baling- Baling

Instalasi tenaga penggerak kapal, poros baling-baling berfungsi untuk meneruskan tenaga mekanik dari mesin induk ke baling-baling sehingga dapat menghasilkan tenaga dorong pada kapal.

#### ✓ Baling-baling

Baling-baling bentuknya mirip dengan kipas angin yang terdiri dari beberapa buah daun yang menempel pada sebuah kuncup yang dipasang pada sumbu terakhir (Propeller Shaft) dari sambungan sumbu-sumbu berasal dari mesin utama.

#### ✓ Bantalan Poros ( *Bearing* )

Bantalan adalah suatu elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu pada poros berbeban, sehingga putaran dapat berlangsung dengan baik, aman, dan tahan lama.

### 2.5.9 .Tingkat Produksi Kapal *Purse Seine* Menurut Kekuatan Mesin Kapal

Tingkat produksi kapal *purse seine* menurut kekuatan mesin kapal dapat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tingkat produksi kapal *purse seine* per bulan menurut ukuran kekuatan mesin yang mendaratkan hasil tangkapannya.

No	20-50 PK (ton)	51-90 PK (ton)	Selisih produksi (ton)
1	2	3	4=3-2
Rata-rata	19,035	30,817	11,782
Minimum	12,239	12,261	0,022
Maksimum	34,819	39,734	4,915

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata produksi kapal *purse seine* tiap bulan berbeda menurut ukuran besarnya kekuatan mesin kapal. Rata-rata produksi kapal *purse seine* yang berukuran mesin 20-50 PK adalah 19,035 ton/bulan, sedangkan untuk ukuran kapal yang lebih besar yaitu 51-90 PK adalah 30,817 ton/bulan. Rata-rata selisih produksi masing-masing ukuran mesin kapal tersebut adalah 11,782 ton/bulan. Angka 11,782 ton/bulan merupakan nilai rata-rata selisih hasil tangkapan kapal *purse seine* antara yang berukuran mesin 51-90 PK (besar) dengan 20-50 PK (kecil). Hasil pengolahan data dari 117 kapal *purse seine* sampel tersebut memberikan perbedaan nilai produksi ikan yang didaratkan. Perbedaan ini memberikan gambaran bahwa kapal *purse seine* dengan ukuran kekuatan mesin yang lebih besar memiliki kemampuan mendapatkan hasil tangkapan ikan lebih besar dibanding dengan kapal yang berukuran lebih kecil.

Dari 117 kapal *purse seine* sampel tersebut terdapat 80 kapal *purse seine* (76,92%) yang berukuran tenaga mesin kecil (20-50 PK), sedangkan 27

unit kapal (23,08%) yang berukuran kekuatan mesin lebih besar (51-90 PK). Hasil tangkapan minimum pada kapal ukuran kekuatan mesin lebih kecil diperoleh 12,239 ton/bulan, sedangkan pada kapal berukuran kekuatan mesin yang lebih besar diperoleh 12,261 ton/bulan. Demikian pula pada hasil tangkapan maksimum yang didapat oleh masing-masing ukuran mesin kapal.

Pada kapal-kapal penangkap ikan yang ukuran tenaga mesin penggerak lebih kecil, hasil tangkapan maksimal yang diperoleh adalah 34,819 ton/bulan, sedangkan pada kapal-kapal ikan yang berukuran tenaga mesin penggerak lebih besar diperoleh hasil tangkapan maksimal sebesar 39,734 ton/bulan. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kapal *purse seine* dengan ukuran kekuatan mesin yang lebih besar memiliki kemampuan mendapatkan hasil tangkapan ikan yang lebih besar dibanding dengan kapal yang berukuran kekuatan mesin lebih kecil (Ayodhya 1974).

#### 2.5.10 Tingkat Produksi Kapal *Purse Seine* Menurut Pemakaian BBM

Tingkat produksi kapal *purse seine* menurut pemakaian BBM dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat produksi kapal *purse seine* per bulan menurut pemakaian BBM yang digunakan.

No	1-3500 Ltr (ton)	3501- 7000 Ltr (ton)	Selisih produksi (ton)
1	2	3	4=3-2
Rata-rata	18,864	33,157	14,293
Minimum	12,239	26,158	13,919
Maksimum	34,819	39,734	4,915

Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata produksi kapal *purse seine* tiap bulan berbeda menurut pemakaian BBM. Rata-rata produksi kapal *purse seine* yang pemakaian BBM kecil (1-3500 liter) adalah 18,964 ton/bulan, sedangkan untuk pemakaian BBM besar (3501-7000 liter) adalah 33,157 ton/bulan. Rata-rata selisih produksi masing-masing pemakaian BBM ini adalah 14,293 ton/bulan. Nilai tersebut memberikan gambaran bahwa kapal *purse seine* dengan pemakaian BBM yang lebih besar memiliki kemampuan mendapatkan hasil tangkapan ikan yang lebih besar dibanding dengan pemakaian BBM yang lebih kecil.

Dari 117 kapal *purse seine* sampel tersebut terdapat 94 kapal *purse seine* (80,34%) yang pemakaian BBM kecil (1-3500 liter), sedangkan 23 unit kapal (19,66%) yang pemakaian BBM besar (3501-7000 liter). Hasil tangkapan minimum pada pemakaian BBM kecil diperoleh 12,239 ton/bulan, sedangkan pada pemakaian BBM yang lebih besar diperoleh 12,261 ton/bulan. Demikian pula pada hasil tangkapan maksimum yang didapat oleh masing-masing pemakaian BBM. Hasil tangkapan minimum pada pemakaian BBM lebih kecil diperoleh 12,239 ton/bulan, sedangkan pada kapal pemakaian BBM yang lebih besar diperoleh 26,158 ton/bulan. Demikian pula pada hasil tangkapan maksimum yang didapat oleh masing-masing pemakaian BBM terdapat perbedaan. Pada kapal pemakaian BBM yang lebih kecil, hasil tangkapan maksimal yang diperoleh adalah 34,819 ton/bulan sedangkan pada kapal yang pemakaian BBM lebih besar diperoleh hasil tangkapan maksimal sebesar 39,734 ton/bulan. Nilai perbedaan ini menunjukkan bahwa kapal *purse seine* dengan pemakaian BBM yang lebih besar memiliki kemampuan mendapatkan hasil tangkapan ikan yang lebih besar dibanding dengan kapal yang pemakaian BBM lebih kecil (Ayodhya 1974).

## 2.6 Jenis – jenis Bahan Bakar Solar

Menurut Suyanto (2001), bahan bakar diesel pada umumnya dibedakan berdasarkan aplikasinya yaitu:

1. Bahan bakar diesel otomotif sering disebut juga HSD (*high speed diesel*) atau minyak solar yaitu bahan bakar motor untuk putaran cepat.
2. Bahan bakar industri dan kapal atau minyak diesel yaitu bahan bakar motor untuk putaran menengah atau disebut LDF (*light diesel fuel*).
3. Bahan bakar diesel yang digunakan pada motor dengan putaran lambat atau disebut juga MDF (*medium diesel fuel*).

Nasikin, *et.al.*,(2002) juga mengklasifikasikan bahan bakar diesel (solar) memiliki 3 jenis kategori, yaitu :

1. Solar kategori I: memiliki CN minimum 48 dengan kandungan sulfur maksimum adalah 5000 ppm.
2. Solar kategori II: memiliki CN minimum 52 dengan kandungan sulfur maksimum adalah 300 ppm.
3. Solar kategori III: memiliki CN minimum 54 serta bebas kandungan sulfur.

Cetane Number (CN) adalah persentase volume normal cetane dalam campurannya dengan methylnaphtalen yang menghasilkan karakteristik pembakaran yang sama dengan solar yang bersangkutan (Suyanto, 2001).

## 2.7 Sifat – sifat Bahan Bakar Diesel

Di antara sifat-sifat bahan bakar diesel yang terpenting ialah kualitas penyalaan, viskositas, titik tuang (*pour point*) dan titik nyala kabut (Hardjono, 2001 *dalam* Aziz, 2011).

### ➤ Kualitas penyalaan

Kualitas penyalaan bahan bakar diesel berhubungan dengan kelambatan penyalaan. Kualitas bahan bakar diesel dinyatakan dalam angka cetan dan dapat

diperoleh dengan jalan membandingkan kelambatan menyala bahan bakar diesel dengan kelambatan menyala bahan bakar pembanding dalam uji baku CFR.

Angka cetan bahan bakar diesel untuk mesin diesel dengan kecepatan perputaran tinggi mempunyai harga antara 40 sampai 60, sedangkan untuk mesin disel dengan kecepatan rendah antara 25 sampai 40.

➤ Viskositas

Viskositas bahan bakar diesel perlu dibatasi. Viskositas yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar, sedangkan viskositas yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kerja cepat alat injeksi bahan bakar dan mempersulit pengabutan bahan bakar minyak.

➤ Titik tuang dan titik kabut

Bahan bakar diesel harus dapat mengalir dengan bebas pada suhu atmosfer terendah dimana bahan bakar ini digunakan. Suhu terendah dimana bahan bakar diesel masih dapat mengalir disebut titik tuang (pour point). Pada suhu sekitar 10° F di atas titik tuang bahan bakar diesel dapat berkabut. Suhu ini dikenal dengan titik kabut.

Havendri (2008) menambahkan bahwa karakteristik bahan bakar diesel yang perlu diperhatikan dan dilakukan dalam setiap analisis pengujian untuk pelumas diantaranya yaitu:

➤ Berat Jenis

Berat jenis adalah perbandingan berat dari bahan bakar minyak yang dimaksudkan dengan berat dari air dengan volume yang sama, dimana suhu dari bahan bakar minyak dan suhu air adalah sama tingginya, yaitu umumnya 600 F.

➤ Nilai Kalor

Nilai kalor dari bahan bakar yang dibakar adalah besarnya panas yang dihasilkan oleh bahan bakar dengan jumlah tertentu dalam satuan kcal/kg bahan bakar.

## 2.8 Biodiesel

Biodiesel didefinisikan sebagai metil ester atau etil ester dari asam lemak (*fatty ester*) yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau hewan dan memenuhi kualitas untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel memiliki sifat menyerupai minyak diesel/solar sehingga dapat menjadi bahan bakar alternatif bagi mesin diesel baik mesin kendaraan bermotor, kendaraan industri, alat-alat pertanian, genset, serta mesin kapal nelayan (Suharto, 2011). Biodiesel juga merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak mengandung belerang sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh hujan asam (*rain acid*) (Suwarso, *et.al.*, 2008).

Terdapat berbagai macam minyak yang dapat diproduksi menjadi biodiesel, meliputi minyak nabati murni, minyak jelantah, lemak hewan, dan algae. Namun yang paling umum digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak nabati. Minyak nabati sebagai sumber utama biodiesel dapat dipenuhi oleh berbagai macam jenis tumbuhan seperti kelapa sawitt, jarak pagar, dan lain-lain (Suharto, 2011).

Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas. Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti methanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi biodiesel menggunakan metanol) menghasilkan metil ester asam lemak (Fatty Acids Methyl Esters / FAME) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping (Akbar, 2011).

### 2.8.1 Karakteristik Biodiesel

Biodiesel tidak mengandung nitrogen atau senyawa aromatik dan hanya mengandung kurang dari 155 ppm (part per million) sulfur. Biodiesel mengandung 11% oksigen dalam persen berat yang keberadaannya mengakibatkan berkurangnya kandungan energy namun menurunkan kadar emisi gas buang yang berupa karbon monoksida (CO) , Hidrokarbon (HC) , partikulat dan jelaga . Kandungan energy biodiesel 10% lebih rendah bila dibandingkan dengan solar.sedangkan efisiensi bahan bakar biodiesel lebih kurang dapat dikatakansama dengan solar,yang berarti daya dan torsi yang dihasilkan proporsional dengan kandungan nilai kalor pembakarannya. Kandungan asam lemak dalam minyak nabati yang merupakan bahan baku dari biodiesel menyebabkan bahan bakar biodiesel sedikit kurang stabil dibandingkan dengan solar,kestabilan yang tidak stabil dapat meningkatkan kandungan asam lemak bebas,menaikkan viskositas,terbentuknya gums, dan terbentuknya sedimen yang dapat menyumbat saringan bahan bakar (Nasikin, *et.al.*, 2003).

### 2.8.2 Minyak Goreng Bekas Sebagai Biodiesel

Minyak goreng bekas merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel, karena minyak ini masih mengandung trigliserida, di samping asam lemak bebas. Data statistik menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan peningkatan produksi minyak goreng . Dari 2,49 juta ton pada tahun 1998, menjadi 4,53 juta ton tahun 2004 dan 5,06 juta ton pada tahun 2005 ([www.wartaekonomi.com/indicator](http://www.wartaekonomi.com/indicator), 2006 *dalam* Haryono, *et.al.*, 2010).

Minyak jelantah (*fried palm oil*) merupakan limbah dan bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan.Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan

manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya (Akbar, 2011).

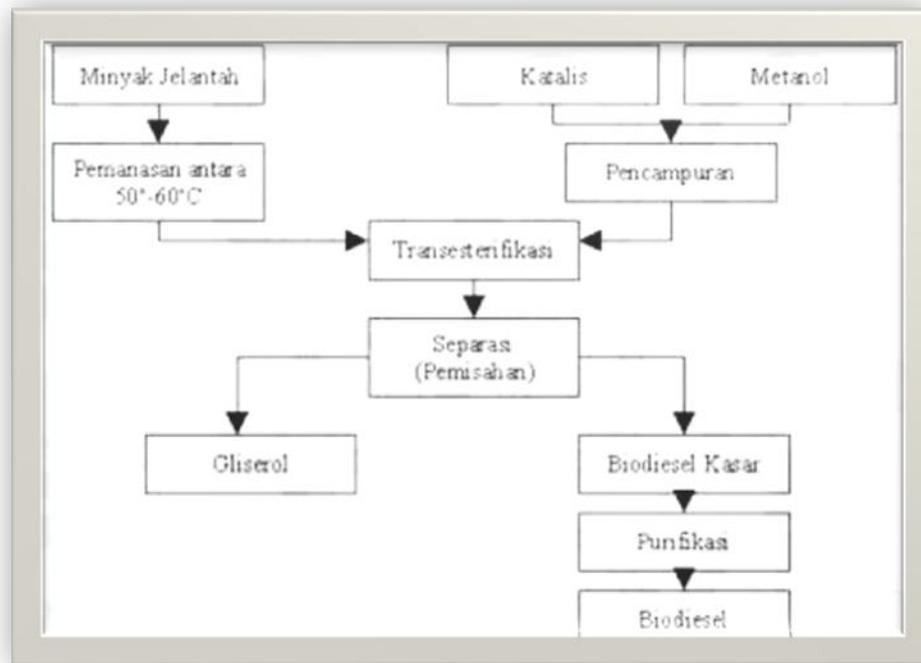
Salah satu bentuk pemanfaatan minyak jelantah agar dapat bermanfaat dari berbagai macam aspek ialah dengan mengubahnya secara proses kimia menjadi biodiesel. Hal ini dapat dilakukan karena minyak jelantah juga merupakan minyak nabati, turunan dari CPO (crude palm oil). Adapun pembuatan biodiesel dari minyak jelantah ini menggunakan reaksi transesterifikasi seperti pembuatan biodiesel pada umumnya dengan pretreatment untuk menurunkan angka asam pada minyak jelantah (Akbar, 2011).

### **2.8.3 Proses Pembuatan Biodiesel**

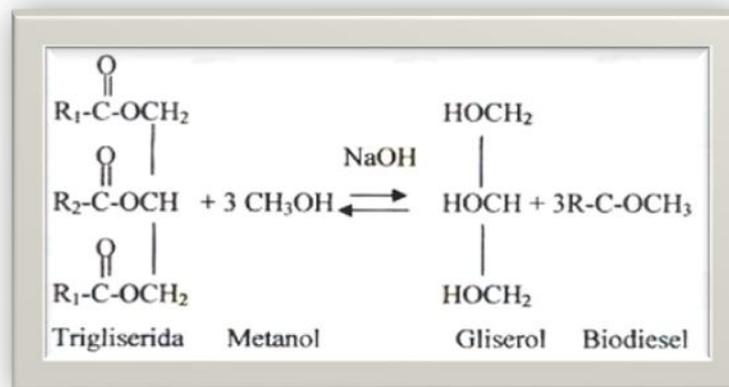
Biodiesel dapat berupa metil ester ataupun etil ester tergantung dari jenis alkohol yang digunakan. Tetapi yang paling sering diproduksi adalah metil ester karena methanol mudah didapat dan tidak mahal. Secara umum, pembuatan biodiesel adalah sebagai berikut :

- **Transesterifikasi**

Transesterifikasi (disebut juga alkoholisis) adalah reaksi antara lemak atau minyak nabati dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Biasanya dalam reaksi ini digunakan katalis untuk meningkatkan laju reaksi dan jumlah *yield* produk. Karena reaksi ini adalah reaksi *reversible*, maka digunakan alkohol berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk. Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester dapat dilihat pada gambar dibawah (Nurul, 2010).



Gambar 11. Diagram Alir Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah

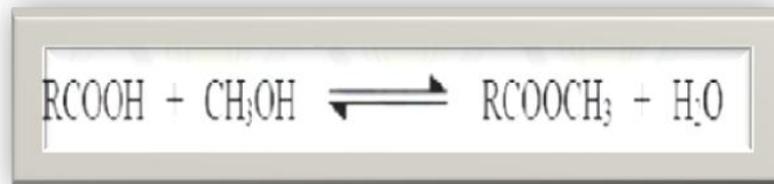


Gambar 12. Reaksi Transesterifikasi

Ada beberapa pilihan katalis reaksi yang dapat digunakan yakni katalis alkali, katalis asam, dan katalis enzim. Dalam penelitian ini digunakan katalis alkali yaitu KOH.

- **Esterifikasi**

Esterifikasi adalah konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat dan karena ini asam sulfat, asam sulfonatorganik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial. Reaktan methanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih dan air produk ikutan reaksi harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui kombinasi-kombinasi yang tepat dari kondisi-kondisi reaksi dan metode penyingkiran air, konversi sempurna asam-asam lemak ke ester metilnya dapat dituntaskan dalam waktu 1 jam. Reaksi esterifikasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Nurul,2010).

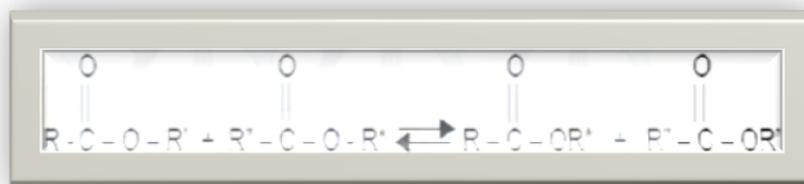


Gambar 13.Reaksi Esterifikasi

- **Interifikasi**

Reaksi interesterifikasi merupakan reaksi pengaturan kembali ikatan ester. Interesterifikasi dapat digambarkan sebagai pertukaran gugus antara dua buah ester di mana hal ini hanya dapat terjadi apabila terdapat katalis. Reaksi interesterifikasi ini dapat dilakukan dengan katalis kimia (misalnya NaOH dan NaOCH), dengan katalis enzim (lipase dan papain), dan tanpa katalis (Marno,2008).

Hasil reaksi yang terbentuk berupa dua fasa yaitu lapisan atas metil ester berwarna kuning bening, sedangkan lapisan bawah berwarna kuning dengan sedikit lebih pekat. Setelah reaksi selesai, dilakukan pemisahan secara sederhana, lapisan atas berupa metil ester dipisahkan dengan cara dituang dan triasetilgliserol dibiarkan mengendap didasar reaktor. Setelah dipisahkan dari triasetilgliserol, metil ester yang terbentuk langsung dicuci dengan air hangat secara perlahan-lahan menggunakan aquades. Tujuan pencucian ini adalah untuk menghilangkan sisa metil asetat dan sisa katalis KOH yang masih terdapat dalam produk. Air merupakan pelarut polar sehingga akan dapat melarutkan senyawa polar seperti metil asetat dan sisa katalis KOH. Setelah dilakukan pencucian dengan air hangat, proses *treatment* berikutnya adalah penghilangan kandungan air dari produk metil ester yang terbentuk. Proses penghilangan kandungan air ini dimaksudkan untuk mencegah terjadi reaksi penyabunan berkelanjutan. Reaksi penyabunan mungkin terjadi jika masih ada sisa metilasetat dan katalis KOH yang tidak larut selama proses pencucian. Proses penghilangan kandungan air dilakukan dengan merendam produk metil ester yang terbentuk dalam *waterbath* pada suhu 100°C selama 2 menit. Dalam proses pengeringan terlihat adanya uap air yang terbentuk dan menempel pada dinding labu erlenmeyer yang berisikan metil ester. Untuk mengetahui konsentrasi yang terbentuk maka setiap sampel dianalisa (Marno,2008).



Gambar 14.Reaksi Interifikasi

### 2.8.4 Keunggulan dan Kelemahan Biodiesel

Biodiesel tentunya memiliki keunggulan dan kelemahan seperti yang dinyatakan oleh Nurul (2010) tersaji dalam tabel di bawah ini.

Tabel 5.Keunggulan dan Kelemahan Biodiesel

Keunggulan	Kelemahan
Biodiesel tidak beracun.	Biodiesel saat ini sebagian besar diproduksi dari jagung yang dapat menyebabkan kekurangan pangan dan meningkatnya harga pangan.
Biodiesel adalah bahan bakar <i>biodegradable</i>	Biodiesel 20 kali lebih rentan terhadap kontaminasi air dibandingkan dengan diesel konvensional, hal ini bisa menyebabkan korosi, filter rusak, pitting di piston, dll.
Biodiesel lebih aman dipakai dibandingkan dengan diesel konvensional	Biodiesel murni memiliki masalah signifikan terhadap suhu rendah.
Biodiesel dapat dengan mudah dicampur dengan diesel konvensional, dan dapat digunakan di sebagian besar jenis kendaraan saat ini.	Biodiesel secara signifikan lebih mahal dibandingkan dengan diesel konvensional.
Biodiesel dapat membantu mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil..	Biodiesel memiliki kandungan energi yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan diesel konvensional, sekitar 11% lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional.
Biodiesel dapat diproduksi secara massal di banyak negara, contohnya USA yang memiliki kapasitas untuk memproduksi lebih dari 50 juta galon biodiesel per tahun.	Biodiesel dapat melepaskan oksida nitrogen yang dapat mengarah pada pembentukan kabut asap.
Produksi dan penggunaan biodiesel melepaskan lebih sedikit emisi dibandingkan dengan diesel konvensional, sekitar 78% lebih sedikit dibandingkan dengan diesel konvensional.	Biodiesel, meskipun memancarkan emisi karbon yang secara signifikan lebih aman dibandingkan dengan diesel konvensional, masih berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim.
Biodiesel memiliki sifat pelumas yang sangat baik, secara signifikan lebih baik daripada bahan bakar diesel konvensional, sehingga dapat memperpanjang masa pakai mesin.	-
Biodiesel memiliki delay pengapian lebih pendek dibandingkan dengan diesel konvensional.	-

Bahan bakar nabati semakin populer ketika bahan bakar fosil mulai mengalami fluktuasi harga seiring menipisnya persediaan minyak dunia. Bila hal tersebut terjadi terus menerus akan mengakibatkan terjadinya kelangkaan

minyak bumi di dunia ini. Hal ini terjadi karena minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tak dapat diperbaharui.

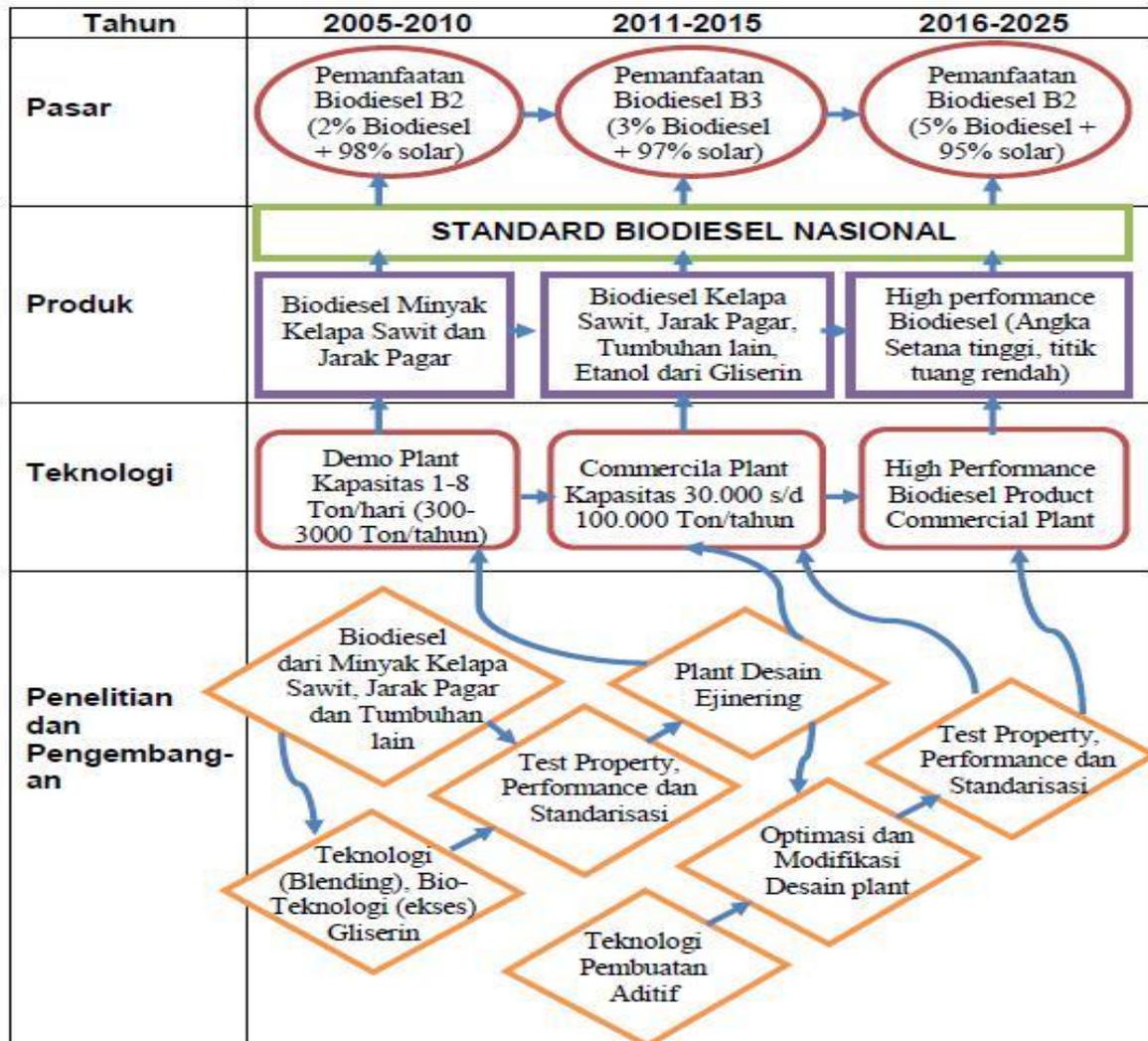
Para pakar energi memperkirakan bahwa energi yang berasal dari fosil tersebut pada waktu tertentu akan habis jika minyak bumi dieksploitasi secara terus-menerus. Menurut perkiraan para ahli, jika hal ini dibiarkan maka minyak bumi akan habis dalam kurun waktu 200 tahun yang akan datang ([www.Energy.Development.com](http://www.Energy.Development.com)).

Menurut data laporan Pertamina pada akhir 2004, ternyata solar merupakan bahan bakar yang paling banyak digunakan. Hal ini disebabkan karena kebutuhan yang meningkat setiap tahun ditengah menipisnya ketersediaan minyak bumi. Ini karena penggunaan solar yang sangat luas pada mesin diesel, misalnya sarana transportasi, peralatan pertanian dan perkebunan, perindustrian, dan masih banyak lagi penggunaan bahan bakar solar di berbagai bidang lainnya. Pemerintah melalui kementerian ESDM telah membuat regulasi tentang alternatif pengganti solar. Adapun *Roadmap* teknologi biodiesel di Indonesia, dirumuskan untuk jangka panjang.



waktu 20 tahun (2005-2025) yang dibagi menjadi tiga tahapan seperti ditunjukkan pada gambar berikut :

Gambar 15. Roadmap teknologi biodiesel (*Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025*)



Tabel 6. Penggunaan Biodiesel Berdasarkan Jenisnya

JENIS	PENGGUNAAN	BAHAN BAKU
Biodiesel	Pengganti solar	Minyak nabati seperti minyak kelapa sawit (CPO), kelapa, jarak pagar, nyamplung, kemiri sunan, mikro alga
Bioethanol	Pengganti bensin	Tanaman yang mengandung pati/gula seperti tebu/molasses, singkong, sagu, sorgum, nipah, aren, dan ligno selulosa
Biooil Biokerosin Minyak bakar	Pengganti minyak tanah  Pengganti IDO (Industrial Diesel Oil)	Minyak nabati (straight vegetable oil) Biomass melalui proses pirolisis dan PPO (Pure Plant Oil)
Bioavtur	Pengganti avtur	Minyak nabati (straight vegetable oil) Biomass melalui proses pirolisis dan PPO (Pure Plant Oil)

Penggunaan Biodiesel menurut Kemetrian ESDM (2016) memiliki 3 dampak positif

1. Dampak ketahanan energi :

- Diversifikasi sumber energi
- Mengurangi penggunaan energi fosil
- Mengurangi ketergantungan pada impor bahan bakar minyak
- Menjaga ketahanan energi nasional

2. Dampak ekonomi:

- Penciptaan industri lokal
- Pengembangan sektor industri hilir pertanian
- Mengurangi impor BBM

- Peningkatan nilai tambah produk
  - Meningkatkan investasi di dalam negeri
  - Penciptaan lapangan kerja dan pengembangan usaha
- 3. Dampak lingkungan
  - Pengurangan emisi gas rumah kaca
  - Meningkatkan sanitasi lingkungan karena dapat diproduksi dari limbah
  - Mudah terurai secara alami
  - Dapat meningkatkan kualitas udara dan meningkatkan kesehatan umum serta kesejahteraan masyarakat

## 2.9 Parameter Uji Performance Mesin Diesel

Adapun parameter uji *performance* mesin diesel dengan menggunakan solar dan campuran solar dengan biodiesel adalah sebagai berikut

- Torsi

Menurut Wiratmaja (2010), torsi adalah suatu ukuran kemampuan motor untuk menghasilkan kerja. Didalam prakteknya torsi motor berguna pada waktu kendaraan akan bergerak (start) atau sewaktu mempercepat laju kendaraan, dan tenaga berguna untuk memperoleh kecepatan tinggi. Besarnya torsi (  $T$  ) akan sama, berubah-ubah atau berlipat, torsi timbul akibat adanya gaya tangensial pada jarak dari sumbu putaran. Untuk sebuah mesin yang beroperasi dengan kecepatan tertentu dan meneruskan daya, maka akan timbul gaya (  $F$  ) dan jari - jari (  $R$  ) dalam keadaan konstan, yang besarnya dapat ditentukan dari persamaan :

$$T = 2.\pi.f.R = w.L \text{ dan } w = m.g$$

dimana :

T = Torsi (Nm)  
 W = Gaya berat (N)  
 R = jari – jari (m)  
 G = gravitasi (m/s<sup>2</sup>)  
 m = massa beban dynamometer (kg)

- Daya Poros

Daya didefinisikan sebagai hasil dari kerja ,atau dengan kata lain daya merupakan kerja atau energi yang dihasilkan mesin per satuan waktu mesin itu beroperasi (Wiratmaja, 2010).

$$P = \frac{2 \pi n T}{t} \times T$$

dimana:

P = daya (kW)  
 n = putaran (rpm)  
 t = waktu (detik)  
 T = torsi (kg.m)

- Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Salah satu parameter terpenting dalam mempertimbangkan suatu mesin dan juga merupakan satu dasar dalam perhitungan daya yang dapat dihasilkan ataupun yang dapat disalurkan adalah kebutuhan bahan bakar spesifik (Wiratmaja, 2010).

$$Sfc = \frac{m_f \times 10^3}{P}$$

dimana:

Sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (g/kW.h)  
 m<sub>f</sub> = laju aliran bahan bakar (kg/jam)

Besarnya laju aliran massa bahan bakar dihitung (m<sub>f</sub>) dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$m_f = \frac{sg \cdot V \cdot 10^{-3}}{t} \times 3600$$

dimana:

sg = *specific gravity* bahan bakar

V = volume bahan bakar yang akan diuji (dalam hal ini 30 ml)

t= waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume uji (detik)

- Tingkat Opasitas

Opasitas menunjukkan derajat kegelapan dan tembus pandang tidaknya suatu emisi gas buang. Semakin tinggi opasitasnya, artinya semakin tinggi persentase tidak tampaknya suatu benda akibat emisi gas buang ini (Setyadji dan Susiantini, 2007).

### **3. MATERI DAN METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Materi Penelitian**

Materi penelitian ini adalah pengaruh penggunaan biodiesel dari minyak goreng bekas yang dicampur dengan bahan bakar solar terhadap kinerja mesin diesel.

#### **3.2 Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan eksperimen. Metode deskriptif adalah metode penelitian yang tidak dimaksudkan untuk menguji hipotesis tertentu, tetapi hanya menggambarkan “apa adanya” tentang sesuatu variable, gejala atau keadaan (Arikunto, 2010). Metode eksperimen adalah, metode eksperimen merupakan penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap dampaknya dalam kondisi yang terkendalikan. Data yang diambil dari penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder (Jaedun, 2011).

Uji ANOVA (sidik ragam) juga dilakukan dalam penelitian ini dengan tujuan untuk memberikan indikasi tentang ada tidaknya beda antar rata-rata dari keseluruhan perlakuan. Lalu untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar tiap individu perlakuan, maka dalam penelitian ini dilakukan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) karena uji ANOVA belum memberikan informasi tentang ada tidaknya perbedaan antara individu perlakuan yang satu dengan individu perlakuan lainnya (Hendriyani dan Setiari, 2009).

Sederhananya bila ada 4 perlakuan yang ingin diuji, misalnya perlakuan A, B, C, dan D. Maka bila uji ANOVA menginformasikan adanya perbedaan yang signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan terdapat perbedaan yang signifikan antar rata-rata perlakuan, namun belum tentu rata-rata perlakuan A

berbeda dengan rata-rata perlakuan B, dan seterusnya. Untuk uji yang lebih mendalam maka dilakukan uji lanjut (*Post hoc test*) yaitu uji BNT.

### **3.2.1 Alat dan Bahan Penelitian**

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, *hot plate stirring*, heater, thermometer, beaker glass 500 mL.

Bahan – bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain minyak goreng bekas, methanol, KOH 1 %, aluminium foil, cuka, kertas saring.

## **3.3 Teknik Pengambilan Data**

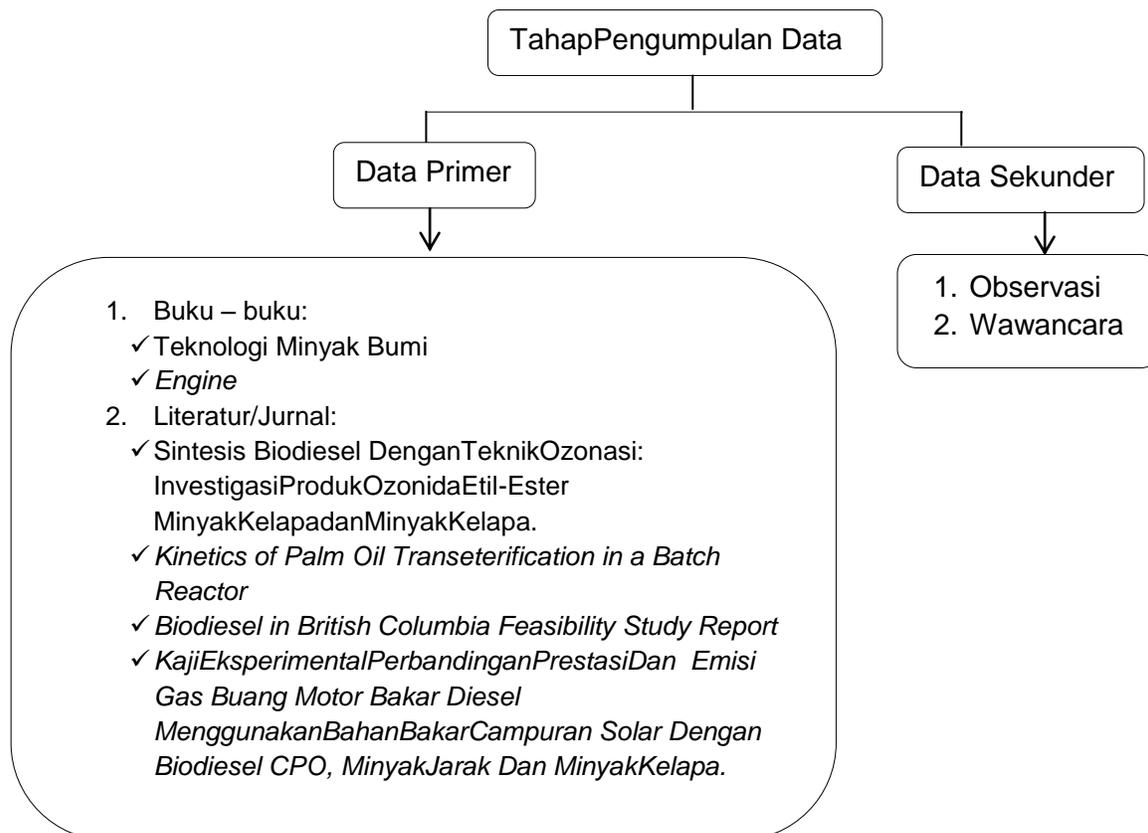
Terdapat dua data yang diambil dalam penelitian ini yakni berupa data primer dan data sekunder.

### **3.3.1 Data Primer**

Data primer adalah data asli yang dikumpulkan oleh peneliti untuk menjawab masalah risetnya secara khusus. Data ini tidak tersedia karena memang belum ada riset sejenis yang pernah dilakukan atau hasil riset yang sejenis kadaluwarsa. Jadi, peneliti perlu melakukan pengumpulan atau pengadaan data sendiri karena tidak bisa mengandalkan data dari sumber lain. Dalam riset pemasaran, data primer diperoleh secara langsung dari sumbernya, sehingga peneliti merupakan “tangan pertama” yang memperoleh data tersebut (Istijanto, 2005). Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data tentang uji karakteristik biodiesel, pengaruh pemberian biodiesel terhadap kinerja mesin diesel, dan uji sifat biodiesel.

### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang sudah ada. Data tersebut sudah cukup dikumpulkan sebelumnya untuk tujuan-tujuan yang tidak mendesak. Keuntungan data sekunder ialah tersedia, ekonomis dan cepat didapat. Kelemahan data sekunder ialah tidak dapat menjawab secara keseluruhan masalah yang sedang diteliti. Kelemahan lainnya ialah kurangnya akurasi karena data sekunder dikumpulkan oleh orang lain untuk tujuan tertentu dengan menggunakan metode yang tidak diketahui (Soegoto, 2008). Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari jurnal, majalah, internet, buku-buku serta instansi pemerintahan yang terkait guna menunjang keberhasilan penelitian ini. Tahap pengumpulan data digambarkan dalam bagan penelitian pada Gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16. Tahap Pengumpulan Data

### 3.3.3 Simulasi Pemodelan

Pemodelan merupakan suatu proses untuk menghasilkan model dari suatu masalah menjadi lebih sederhana. Model adalah representasi konstruksi sistem dan cara kerja dari suatu sistem. Model identik dengan sistem yang direpresentasikannya, namun lebih sederhana. Salah satu tujuan model adalah memungkinkan analisis untuk memprediksi efek perubahan dan perilaku sistem (Erfan, 2010).

Suatu model harus mampu memperkirakan secara teliti dan menggabungkan sebagian besar dari fitur yang menonjol dari suatu sistem yang direpresentasikannya. Model seharusnya tidak memiliki kompleksitas tinggi yang menyulitkan suatu model untuk dipahami dan digunakan sebagai eksperimen. Model yang baik harus mampu menggabungkan antara kondisi nyata dan lebih sederhana dari sistem yang direpresentasikan. Simulasi adalah salah satu cara meningkatkan kompleksitas model yang dilakukan secara berulang. Salah satu aspek penting dari pemodelan adalah validitas. Teknik memvalidasi model meliputi mensimulasikan model berdasarkan kondisi input yang sudah diketahui dan membandingkan output model dengan output sistem. (Mariana 1997; Wasson 2006).

Secara umum model yang dimaksudkan untuk mengkaji simulasi adalah model matematis yang dikembangkan dengan bantuan perangkat lunak simulasi. Model matematis diklasifikasikan menjadi empat, yaitu model deterministik (nilai input dan output tetap/ tidak berubah), model stokastik (minimal satu input atau satu output berbentuk probabilistik), model statis (tidak memperhitungkan waktu), dan model dinamis (interaksi variasi waktu diantara variabel yang diperhitungkan) (Wasson 2006).

Simulasi sistem adalah pengoperasian model sistem, model dapat disusun ulang dan dikaji ulang berdasarkan hasil kajian dengan membandingkan sistem nyata dengan simulasi model sistem. Hasil kajian tersebut dapat berupa perbandingan hasil, kelogisan, ketidakmungkinan, terlalu mahal, atau hasil empiris lainnya antara hasil simulasi model dengan sistem nyata. Operasi suatu model dapat dipelajari sehingga bagian-bagian terkait perilaku sistem atau subsistem dapat disimpulkan.

Tahapan yang diperlukan dalam mengembangkan simulasi model adalah sebagai berikut :

#### 1. Identifikasi permasalahan

Mengidentifikasi permasalahan yang ada pada sistem. Hasil dari tahapan ini adalah analisis kebutuhan dari sistem yang dituju.

#### 2. Memformulasikan permasalahan

Memilih batasan sistem, permasalahan dan penyebab yang akan dikaji. Mendefinisikan tujuan besar dari kajian dan beberapa permasalahan spesifik yang akan diselesaikan. Mendefinisikan kriteria kuantitatif pada basis dimana sistem yang berbeda disusun dan akan dibandingkan serta di urutkan berdasarkan rangking. Masalah harus dirumuskan setepat mungkin.

#### 3. Pengumpulan dan pemrosesan data pada sistem nyata

Pengumpulan data pada spesifikasi sistem, variabel input, sebaik mungkin sesuai kebutuhan dari sistem yang dikaji. Tahapan ini mengidentifikasi sumber dari ketidakteraturan data yang diambil dari sistem.

#### 4. Formulasi dan pengembangan model

Pengembangan skematik dan diagram jaringan keterkaitan antar sistem (aliran entitas dalam sistem). Selanjutnya, menterjemahkan model konseptual

tersebut kedalam perangkat lunak simulasi. Penerjemahan ini dapat dilakukan langsung dengan menginputkan data ke dalam perangkat lunak atau dilakukan formulasi model matematis terlebih dahulu untuk analisis secara kuantitatif. Verifikasi bahwa model yang akan disimulasikan sesuai dengan yang diinginkan. Teknik verifikasi meliputi menelusuri, variasi parameter input melebihi toleransi yang diharapkan dan pengecekan output, mensubstitusi konstanta untuk variabel acak, dan pengecekan manual hasil dan visualisasi.

#### 5. Validasi model

Membandingkan kinerja model-model sesuai kondisi yang diketahui dengan kinerja pada sistem nyata. Melakukan uji statistika inferensia atau diperiksa oleh pakar atau ahli dibidang sistem tersebut. Menilai tingkat keyakinan bahwa model dapat digunakan oleh pengguna akhir (end users) dan dapat menjawab permasalahan yang didefinisikan sebelumnya. Kajian simulasi yang cukup besar, membutuhkan validasi dari konsultan berpengalaman tentang struktur model sebelum dipresentasikan ke pengguna akhir atau ahli sistem yang dikaji. Validasi tidak hanya memastikan bahwa asumsi model benar, lengkap dan konsisten tetapi juga meningkatkan nilai keyakinan bahwa model yang dibuat adalah benar.

#### 6. Mendokumentasikan model untuk digunakan selanjutnya

Dokumentasi yang berisi tujuan, asumsi, dan variabel input secara detail.

#### 7. Memilih desain simulasi model yang sesuai

Memilih pengukuran kinerja model, beberapa variabel input yang mempengaruhi model sistem, dan tingkatan dari setiap variabel input. Ketika jumlah konfigurasi model cukup besar dan simulasi model kompleks dapat diuraikan lagi menjadi model yang lebih sederhana.

#### 8. Menetapkan kondisi simulasi yang akan dilakukan

Menetapkan beberapa pertanyaan terkait informasi akurat yang ingin diperoleh, dan keseluruhan informasi setiap implementasinya. Menentukan jika sistem stasioner (tidak berubah berdasarkan waktu) atau non stasioner (pengukuran berubah setiap waktu).

#### 9. Menjalankan simulasi yang telah direncanakan pada tahapan 7-8

Sebagian besar paket simulasi model menyajikan hasil dalam bentuk statistik (rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, nilai maksimum) pada pengukuran performa model.

#### 10. Interpretasi dan penyajian data

Menghitung perkiraan numerik (contoh rata-rata, selang kepercayaan, dan lain sebagainya) pada hasil simulasi untuk setiap konfigurasi model sistem. Penyajian hasil simulasi dapat dilakukan secara grafis (grafik pie, histogram, dan lain sebagainya) sebagai output data.

#### 11. Rekomendasi untuk tahapan selanjutnya

Tahapan ini merupakan tindakan selanjutnya untuk meningkatkan presisi, mengurangi hasil yang bias, menganalisis sensitivitas, dan lain sebagainya.

### 3.4 Tahapan Penelitian

Terdapat lima tahapan dalam penelitian ini yaitu Proses Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas, Uji Karakteristik Biodiesel, Pencampuran Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Solar dan Uji *Performance* Mesin Diesel.

#### 3.4.1 Proses Transesterifikasi (Pembuatan) Minyak Goreng Bekas Menjadi

##### **Biodiesel**

Menurut Susilo(2006), proses transesterifikasi minyak goreng bekas menjadi biodiesel tahapannya adalah sebagai berikut:

- ✓ Minyak goreng bekas (500 ml) dimasukkan ke dalam beaker glass 500 ml.
- ✓ Metanol (100 ml) dan KOH 1,8 gr dimasukkan ke dalam minyak, pengaduk dihidupkan.
- ✓ Reaksi dilakukan selama 1 jam
- ✓ Setelah 1 jam, akan terbentuk 2 lapisan yakni lapisan gliserol pada bagian dasar dan metil ester (biodiesel) pada lapisan atas.
- ✓ Didiamkan selama 12 jam, kemudian dipisahkan lapisan gliserol dengan lapisan biodiesel dengan cara dituang ke beaker glass 500 ml.
- ✓ Biodiesel diuapkan dengan suhu diatas 80°C untuk mengurangi kadar airnya
- ✓ Setelah diuapkan, biodiesel dicuci dengan cara menambahkan 1 tetes asam cuka dan air 500 ml. Lalu dikocok sampai berbusa dan didiamkan selama 12 jam
- ✓ Setelah didiamkan, akan terbentuk 2 lapisan yakni lapisan sabun dan biodiesel murni. Lalu dipisahkan lapisan biodiesel murni dengan lapisan sabun
- ✓ Biodiesel diuapkan lagi untuk mengurangi kadar air

### 3.4.2 Uji Karakteristik Biodiesel

Menurut Bismo, *et.al*, (2005), campuran biodiesel dengan solar selanjutnya diuji sifat fisiknya. Adapun pengujian sifat fisik yang dilakukan antara lain:

a. Uji Massa Jenis( gr / ml ) (ASTM D 1298-85)

Penentuan densitas dilakukan dalam skala laboratorium, dengan menggunakan aerometer 10 mL, pada suhu 15°C



Gambar 17. Aerometer

Sumber: Laboratorium Motor Bakar Fakultas Teknik UB

b. Uji Viskositas (cst) (ASTM D 445)

Penentuan viskositas etil ester dilakukan berdasarkan metode ASTM D-445, dengan menggunakan viscometer petrotest seri 150 pada suhu 40°C

c. Uji Titik Nyala (°C)

Digunakan untuk mengetahui titik nyala api suatu bahan bakar (°C)



Gambar 18 . Flash Point

Sumber : Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin UB

d. Uji Nilai Kalor (Kalori / gram)



Gambar 19. Bomb Kalorimeter

Sumber : Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin UB

e. Uji Opasitas ( % HSU )



Gambar 20. Smoke Tester

Sumber : Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin UB

### 3.4.3 Prosedur Pencampuran Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan

#### Solar

Menurut Havendri (2008), pembuatan biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dengan bahan bakar solar bervariasi dari B 0, B 10, B 20, B 30, B 40, dan B 50.

Keterangan :

B 0 (kontrol)	: Biodiesel 0 %, Solar 100 % (1 liter solar)
B 10	: Biodiesel 10 %, Solar 90 % ( 100 ml biodiesel, 900 ml solar)
B 20	: Biodiesel 20 %, Solar 80 % ( 200 ml biodiesel, 800 ml solar)
B 30	: Biodiesel 30 %, Solar 70 % ( 300 ml biodiesel, 700 ml solar)
B 40	: Biodiesel 40 %, Solar 60 % (400 ml biodiesel, 600 ml solar)

B 50 : Biodiesel 50 %, Solar 50 % ( 500 ml biodiesel, 500 ml solar)

Sedangkan dalam penelitian ini digunakan variasi campuran biodiesel dan solar yang berbeda yang merujuk pada perbandingan sebagai berikut:

B 0 (kontrol) : Biodiesel 0 %, Solar 100 % ( 1 liter solar)

B 5 : Biodiesel 5 %, Solar 95 % ( 50 ml biodiesel, 950 ml solar)

B 10 : Biodiesel 10 %, Solar 90 % ( 100 ml biodiesel, 900 ml solar)

B 15 : Biodiesel 15 %, Solar 85 % ( 150 ml biodiesel, 850 ml solar)

Pada tahap penelitian ini, perlakuan pencampuran biodiesel dengan minyak jelantah dilakukan pengulangan dan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan rumus ulangan sebagai berikut (Jaedun, 2011):

$$(t-1) (r-1) \geq 15$$

Keterangan:

t : jumlah perlakuan dalam penelitian

r : jumlah ulangan

sehingga diperoleh,

$$(t-1) (r-1) \geq 15$$

$$(6-1) (r-1) \geq 15$$

$$5 (r-1) \geq 15$$

$$5r - 5 \geq 15$$

$$5r \geq 15 + 5$$

$$5r \geq 20$$

$$r \geq 4$$

Jadi ulangan perlakuan pada tahap penelitian ini adalah sebanyak 4 kali. Ulangan dilakukan agar mendapatkan data yang valid. Namun dikarenakan adanya

keterbatasan biaya penelitian, maka ulangan dilakukan hanya sebanyak 3 kali. Dibawah ini merupakan tabel ulangan pada tiap perlakuan.

#### 3.4.4 Uji *Performance* Mesin Diesel

Komposisi biodiesel – solar yang memenuhi standar bahan bakar solar dimasukkan ke dalam tangki bahan bakar mesin diesel. Mesin diesel dijalankan dengan putaran 900 rpm sampai 1100 rpm. Setiap putaran data-data yang diambil meliputi besarnya beban, waktu pengosongan buret bahan bakar, suhu gas buang dan air pendingin serta emisi gas buang berupa CO, CO<sub>2</sub> dan HC (Aziz, 2011).

Tabel 7. Tabulasi Data dalam Penelitian pada Uji *Performance*

Taraf	Putaran (rpm)	Pengulangan			Hasil	Rata - rata
		1	2	3		
B 0	900, 1000, 1100	B 0 <sub>1</sub>	B 0 <sub>2</sub>	B 0 <sub>3</sub>		B 0 <sub>123</sub>
B 5	900, 1000, 1100	B 5 <sub>1</sub>	B 5 <sub>2</sub>	B 5 <sub>3</sub>		B 5 <sub>123</sub>
B 10	900, 1000, 1100	B 10 <sub>1</sub>	B 10 <sub>2</sub>	B 10 <sub>3</sub>		B 10 <sub>123</sub>
B 15	900, 1000, 1100	B 15 <sub>1</sub>	B 15 <sub>2</sub>	B 15 <sub>3</sub>		B 15 <sub>123</sub>

Tabel 8. Tabel Uji Torsi Solar Murni

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B0	900	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>
B0	1000	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>
B0	1100	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>

Tabel 9. Tabel Uji Daya Poros Solar Murni

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B0	900	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>
B0	1000	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>
B0	1100	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>

Tabel 10. Tabel Uji Konsumsi Spesifik Solar Murni

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B0	900	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>
B0	1000	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>
B0	1100	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>

Tabel 11. Tabel Uji Opasitas Solar Murni

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B0	900	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>
B0	1000	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>
B0	1100	B0 <sub>1</sub>	B0 <sub>2</sub>	B0 <sub>3</sub>		B0 <sub>1</sub> , B0 <sub>2</sub> , B0 <sub>3</sub>

Tabel 12. Tabel Uji Torsi Biodiesel 5%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B5	900	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>
B5	1000	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>
B5	1100	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>

Tabel 13. Tabel Uji Daya Poros Biodiesel 5%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B5	900	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>
B5	1000	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>
B5	1100	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>

Tabel 14. Tabel Uji Konsumsi Spesifik Biodiesel 5%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B5	900	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>
B5	1000	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>
B5	1100	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>

Tabel 15. Tabel Uji Opasitas Biodiesel 5%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B5	900	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>
B5	1000	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>
B5	1100	B5 <sub>1</sub>	B5 <sub>2</sub>	B5 <sub>3</sub>		B5 <sub>1</sub> , B5 <sub>2</sub> , B5 <sub>3</sub>

Tabel 16. Tabel Uji Torsi Biodiesel 10%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B10	900	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>
B10	1000	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>
B10	1100	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>

Tabel 17. Tabel Uji Daya Poros Biodiesel 10%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B10	900	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>
B10	1000	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>
B10	1100	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>

Tabel 18. Tabel Uji Konsumsi Spesifik 10%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B10	900	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>
B10	1000	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>
B10	1100	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>

Tabel 19. Tabel Uji Opasitas Biodiesel 10%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B10	900	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>
B10	1000	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>
B10	1100	B10 <sub>1</sub>	B10 <sub>2</sub>	B10 <sub>3</sub>		B10 <sub>1</sub> , B10 <sub>2</sub> , B10 <sub>3</sub>

Tabel 20. Tabel Uji Torsi Biodiesel 15%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B15	900	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>
B15	1000	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>
B15	1100	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>

Tabel 21. Tabel Daya Poros Biodiesel 15%

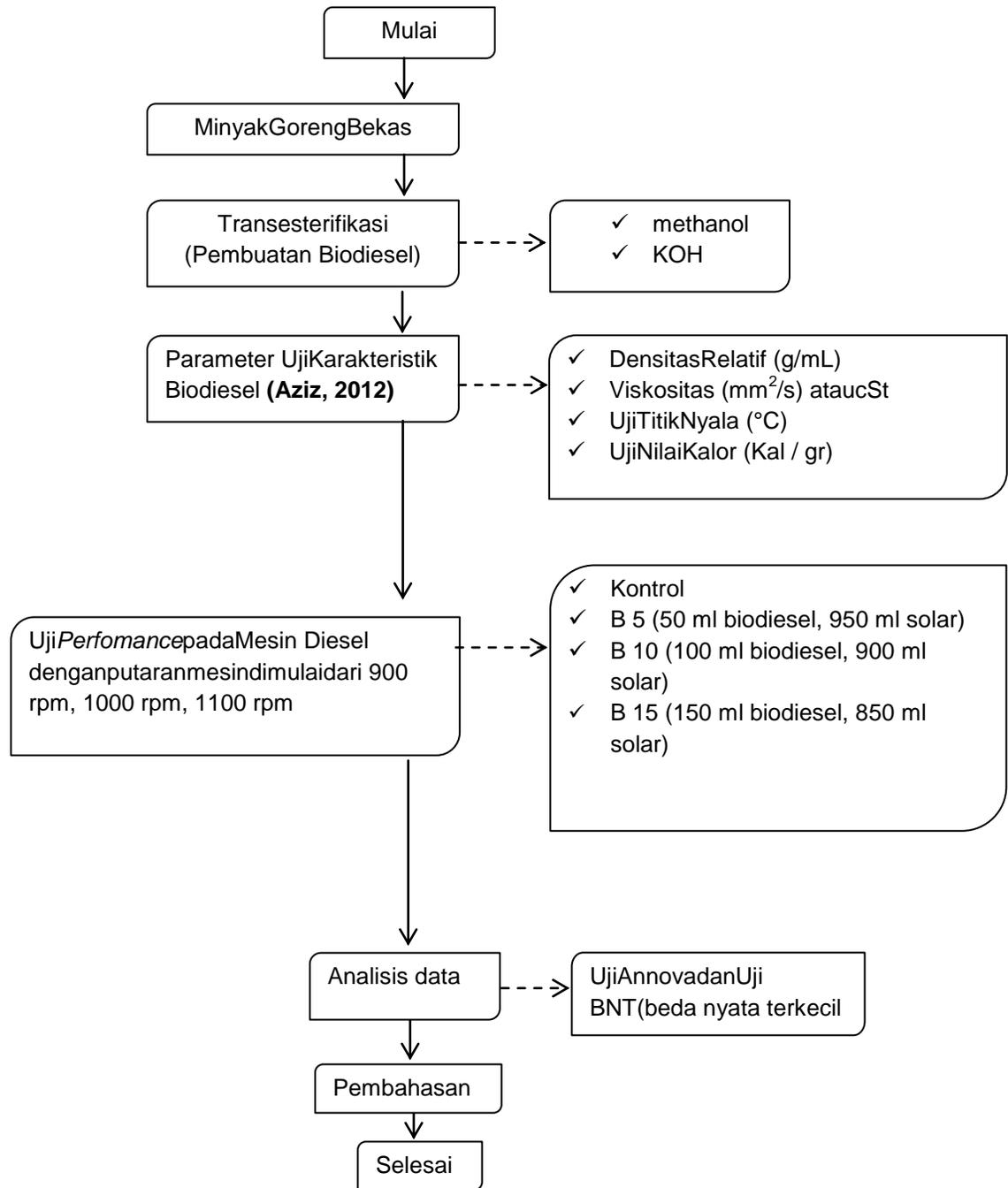
Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B15	900	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>
B15	1000	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>
B15	1100	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>

Tabel 22. Tabel Uji Konsumsi Spesifik 15%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B15	900	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>
B15	1000	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>
B15	1100	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>

Tabel 23. Tabel Uji Opasitas Biodiesel 15%

Taraf	Putaran	Pengulangan			Hasil	Rata-Rata
		1	2	3		
B15	900	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>
B15	1000	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>
B15	1100	B15 <sub>1</sub>	B15 <sub>2</sub>	B15 <sub>3</sub>		B15 <sub>1</sub> , B15 <sub>2</sub> , B15 <sub>3</sub>



Gambar 21. Bagan Alir (*Flow Chart*) Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Spesifikasi Mesin Diesel

Mesin diesel yang digunakan sebagai alat uji performa memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Merk : Nissan, Tokyo Co Ltd
- Model : DWE – 47 – 50 – HS – AV
- Siklus : 4 langkah
- Jumlah silinder : 4 buah
- Volume langkah torak total : 2164 cm<sup>3</sup>
- Diameter silinder : 83 mm
- Panjang langkah torak : 100 mm
- Perbandingan kompresi : 22 : 1
- Bahan bakar : Solar
- Pendingin : Air
- Daya poros : 47 BHP / 3200 RPM
- Negara pembuat : Jepang

## 4.2 Data Hasil Pengujian

### 4.2.1 Data Hasil Uji Karakteristik Biodiesel

Tabel 24. Data Hasil Uji Karakteristik B 100% (Biodiesel 100%)

No	Parameter	B 100	SNI Biodiesel (Kep Dirjen EBTKE No. 723 K/ DJE/2013)
1	Viskositas mm <sup>2</sup> / s (cst)	11, 394	2,3 – 6,0
2	Massa Jenis (gr / ml)	0,876	0,85 – 0,89
3	Titik Nyala (°C)	178	min. 100
4	Nilai kalor (Kal/g)	8952,242 (37,48 mJ/kg)	Min. 37 (mJ/kg)

Tabel 25. Data Hasil Uji Karakteristik B 5 (Biodiesel 5% dan Solar 95%)

No	Parameter	B 5	SNI Biodiesel (Kep Dirjen EBTKE No. 723 K/ DJE/2013)
1	Viskositas mm <sup>2</sup> / s (cst)	6,379	2,5 – 3,2
2	Massa Jenis (gr / ml)	0,849	0,83 – 0,86
3	Titik Nyala (°C)	68	min. 55
4	Nilai Kalor ( Kal / gr)	10488,718 (43,91mJ/kg)	37 – 42,7 (mJ/kg)

Tabel 26. Data Hasil Uji Karakteristik B 10 (Biodiesel 10% dan Solar 80%)

No	Parameter	B 10	<b>SNI B 10</b> (Kep Dirjen EBTKE No. 723 K/ DJE/2013)
1	Viskositas mm <sup>2</sup> / s (cst)	7,100	2,5 – 3,2
2	Massa Jenis (gr / ml)	0,852	0,83 – 0,86
3	Titik Nyala (°C)	72	min. 55
4	Nilai Kalor ( Kal / gr)	10367,315 (43,40mJ/kg)	37 – 42,7 (mJ/kg)

Tabel 27. Data Hasil Uji Karakteristik B 15 (Biodiesel 15% dan Solar 85%)

No	Parameter	B 15	<b>SNI Biodiesel</b> (Kep Dirjen EBTKE No. 723 K/ DJE/2013)
1	Viskositas mm <sup>2</sup> / s (cst)	7,559	2,5 – 3,2
2	Massa Jenis (gr / ml)	0,856	0,83 – 0,86
3	Titik Nyala (°C)	78	min. 55
4	Nilai Kalor ( Kal / gr)	10301,743 (43,13mJ/kg)	37 – 42,7 (mJ/kg)

Konversi satuan pada parameter uji dihitung dengan menggunakan website satuan konversi fisika dengan link <http://www.webconversiononline.com/>.

Berdasarkan tabel hasil uji karakteristik di atas, produk biodiesel dalam penelitian ini sudah dapat dikatakan memenuhi standar mutu biodiesel (SNI biodiesel Kep Dirjen EBTKE No. 723 K/DJE/2013). Namun nilai viskositas dari biodiesel baik B100, B5, B10, dan B15 berturut – turut yaitu 11, 394; 6,379; 7,100; 7,559 cst masih diatas nilai maksimum yang ditentukan oleh SNI yang berkisar antara 2,3 – 6,0 cst.

Tingginya nilai viskositas pada biodiesel disebabkan oleh kurangnya proses distilasi (penyaringan) pada saat pembuatan biodiesel. Keterbatasan alat dan ruang sehingga dalam penelitian ini distilasi hanya dilakukan 1 kali. Wijanarko *et.al.*, (2006) menyatakan bahwa semakin banyak tahapan distilasi produk reaksi perengkahan yang dilakukan, maka densitas produk biogasoline semakin rendah. Secara empiris, viskositas suatu fluida berbanding lurus dengan densitas fluida tersebut, sehingga dengan semakin banyaknya jumlah tahapan distilasi yang dilakukan maka viskositas produk biogasoline semakin rendah. Hal ini disebabkan pada proses distilasi dari hasil produk perengkahan minyak kelapa sawit, produk distilat yang dihasilkan menjadi lebih encer dan homogen yang menunjukkan viskositasnya menjadi lebih rendah.

#### **4.2.2 Data Hasil Uji Performance Mesin Diesel**

Uji *performance* dilakukan pada kecepatan putar motor 900 rpm, 1000 rpm, dan 1100 rpm. Pada masing – masing kecepatan putar motor tersebut diukur konsumsi bahan bakar dan torsi. Perhitungan daya motor berdasarkan data rpm dan torsi hasil pengukuran.

Tabel 28. Data Hasil Perhitungan Uji *Perfomance* Mesin Diesel Solar Murni (B0) pada putaran 900, 1000, 1100 rpm

Putaran (rpm)	Torsi (kg.m)	Daya Poros (kW)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (gkW/h)	Opasitas (Tingkat polutan HSU) %
900	8.055	0.759	403.16	57
	8.055	0.759	403.16	56.9
	8.234	0.775	394.8	56.5
1000	8.234	0.775	421.92	58.5
	7.876	0.824	396.84	58.3
	8.055	0.759	430.83	58.4
1100	8.234	0.775	455.48	56
	8.234	0.775	455.48	56
	8.234	0.775	455.48	56.1

Tabel 29. Data Hasil Perhitungan Uji *Perfomance* Mesin Diesel Biodiesel 5% (B5) pada putaran 900, 1000, 1100 rpm

Putaran (rpm)	Torsi (kg.m)	Daya Poros (kW)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (gkW/h)	Opasitas (Tingkat polutan % HSU)
900	7.160	0.674	408.22	55.6
	7.160	0.674	408.22	55.7
	7.876	0.741	408.22	55.8
1000	8.055	0.843	417	56.2
	8.055	0.843	423.48	56.2
	8.055	0.843	423.48	56.4
1100	8.234	0.948	423.48	57.3
	8.234	0.948	458.4	57.4
	8.234	0.948	458.4	57.5

Tabel 30. Data Hasil Perhitungan Uji *Performance* Mesin Diesel Biodiesel 10% (B10) pada putaran 900, 1000, 1100 rpm

Putaran (rpm)	Torsi (kg.m)	Daya Poros (kW)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (gkW/h)	Opasitas (Tingkat polutan % HSU)
900	7.160	0.674	412.4	55.8
	7.876	0.758	412.4	56.4
	8.055	0.758	440.12	56.7
1000	8.055	0.824	441.95	56.8
	8.055	0.843	441.95	56.8
	8.055	0.843	463.8	56.9
1100	8.055	0.927	463.8	57.1
	8.234	0.948	474.5	57.6
	8.234	0.948	497.03	57.8

Tabel 31. Data Hasil Perhitungan Uji *Performance* Mesin Diesel Biodiesel 15% (B15) pada putaran 900, 1000, 1100 rpm

Putaran (rpm)	Torsi (kg.m)	Daya Poros (kW)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (gkW/h)	Opasitas (Tingkat polutan % HSU)
900	8.055	0.758	459.93	56.2
	8.055	0.758	459.93	56.3
	8.055	0.758	474.93	56.3
1000	8.055	0.758	474.93	56.4
	8.234	0.861	474.93	56.4
	8.234	0.861	493.67	56.4
1100	8.234	0.948	493.67	56.5
	8.234	0.948	493.67	56.7
	8.234	0.948	522.42	56.8

- **Contoh perhitungan parameter uji performance pada mesin diesel**

Berikut ini adalah contoh perhitungan parameter uji *performance* pada mesin diesel dengan bahan bakar solar murni (lihat Tabel 4.5) yang meliputi torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik dan opasitas.

a. Torsi (kg.m)

$$T = F \times l$$

dimana: F = besar gaya putar (kg)

L = panjang lengan dynamometer (m)

maka,

$$T = 22,5 \times 0,358$$

$$= 8,055 \text{ kg.m}$$

b. Daya

$$P = \frac{2 \times \pi \times n}{t} \times T$$

dimana: P = daya (kW)

n = putaran (rpm)

t = waktu (detik)

T = torsi (kg.m)

maka,

$$P = \frac{2 \times 3,14 \times 900}{60} \times 8,055$$

$$= 0,759 \text{ kW}$$

c. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption, Sfc*)

$$Sfc = \frac{m_f \times 10^3}{P}$$

dimana: Sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (g/kW.h)

$m_f$  = laju aliran bahan bakar (kg/jam)

Besarnya laju aliran massa bahan bakar dihitung ( $m_f$ ) dihitung dengan

persamaan berikut ini:

$$m_f = \frac{sg \cdot V \cdot 10^{-3}}{t} \times 3600$$

dimana:

sg = *specific gravity* bahan bakar

V = volume bahan bakar yang akan diuji (dalam hal ini 30 ml)

t = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume uji (detik)

maka,

$$m_f = \frac{0,085 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{30} \times 3600$$

$$= 0,306 \text{ kg / jam}$$

Dengan diperolehnya besar laju aliran bahan bakar maka dapat dihitung harga konsumsi bahan bakar spesifiknya (Sfc)

$$Sfc = \frac{0,306 \times 10^3}{0,759}$$

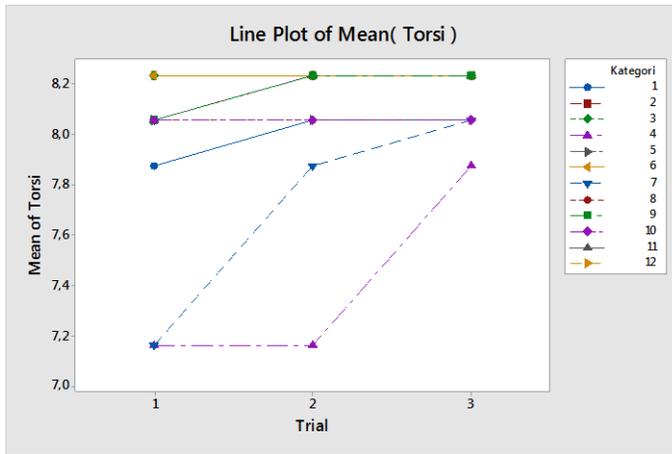
$$= 403,16 \text{ g / kW.h}$$

#### 4.3 Analisis Data Hasil Perhitungan Uji Performace pada Mesin Diesel

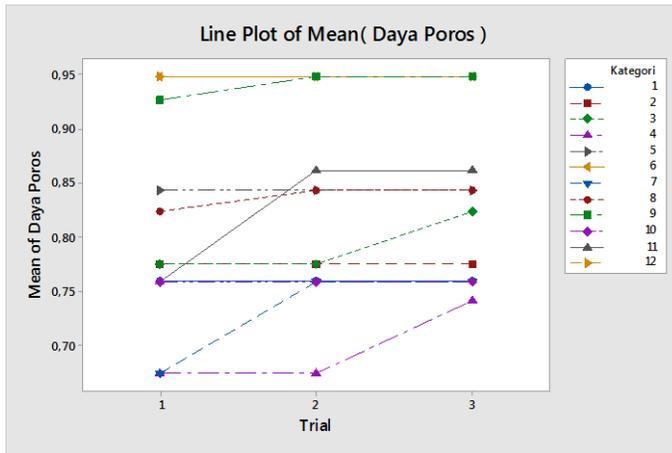
Tabel 32. Tabel Hasil Uji Anova

Source	F-Value	P-Value	Keterangan
Torsi	5,22	0,000	Signifikan
Daya Poros	31,77	0,000	Signifikan
Konsumsi	21,13	0,000	Signifikan
Opasitas	41,13	0,000	Signifikan

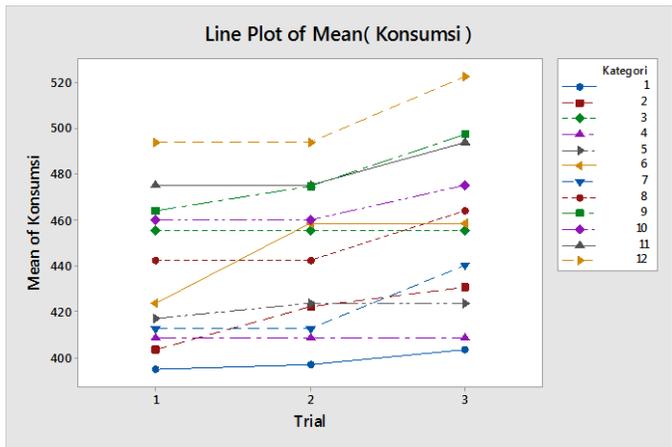
Uji Anova memberikan indikasi tentang ada tidaknya beda antar rata-rata dari keseluruhan perlakuan, namun belum memberikan informasi tentang ada tidaknya perbedaan antara individu perlakuan yang satu dengan individu perlakuan lainnya. Berdasarkan tabel di atas, uji anova pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa jenis bahan bakar dan putaran mesin (RPM) memberikan pengaruh nyata terhadap ke empat parameter tersebut.



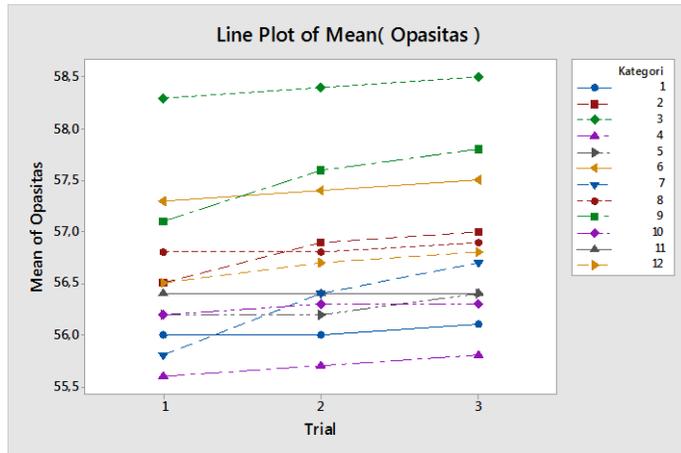
Grafik 1. Line Plot Torsi dari masing – masing kategori



Grafik 2. Line Plot Daya Poros dari masing – masing kategori



Grafik 3. Line Plot Konsumsi dari masing – masing kategori



Grafik 4. Line Plot Opasitas dari masing – masing kategori

Keterangan grafik:

Grafik 1 – 4 menunjukkan grafik dari line plot parameter uji yakni torsi, daya poros, laju konsumsi dan tingkat opasitas. Berikut ini keterangan dari masing – masing kategori

Kategori 1 : Solar murni (B100) pada kecepatan 900 rpm

Kategori 2 : Solar murni (B100) pada kecepatan 1000 rpm

Kategori 3 : Solar murni (B100) pada kecepatan 1100 rpm

Kategori 4 : Biodiesel 5% pada kecepatan 900 rpm

Kategori 5 : Biodiesel 5% pada kecepatan 1000 rpm

Kategori 6 : Biodiesel 5% pada kecepatan 1100 rpm dan seterusnya.

#### 4.3.1 Uji BNT(5%, 10%, 15%) terhadap Torsi

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) atau yang lebih dikenal sebagai uji LSD (*Least Significance Different*) adalah metode yang diperkenalkan oleh Ronald Fisher. Metode ini menjadikan nilai BNT atau nilai LSD sebagai acuan dalam

menentukan apakah rata-rata dua perlakuan berbeda secara statistik atau tidak. Karena uji ANOVA yang telah dilakukan sebelumnya (Tabel 4.8) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, maka dilakukan uji BNT untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar tiap individu perlakuan seperti yang telah disajikan pada tabel di bawah ini.

Kategori	N	Mean	Grouping
12	3	8,234	A
6	3	8,234	A
3	3	8,234	A
11	3	8,1743	A
9	3	8,1743	A
2	3	8,1743	A
10	3	8,055	A
8	3	8,055	A
5	3	8,055	A
1	3	7,9953	A B
7	3	7,697	B C
4	3	7,399	C

Tabel 33. Tabel Uji BNT (5%, 10%, 15%) terhadap Torsi

Tabel di atas menunjukkan bahwa torsi paling tinggi adalah kategori 3, 6, 12. Dimana kategori 3 merupakan solar murni 8,234A, sedangkan kategori 6 adalah biodiesel 5% (B5) 8,234A dan kategori 12 adalah biodiesel 15% (B15) 8,234A pada kecepatan 1100 rpm. Menurut Wiratmaja (2010), torsi merupakan suatu ukuran kemampuan motor untuk menghasilkan kerja. Didalam prakteknya torsi motor berguna pada waktu kendaraan akan bergerak (*start*) atau sewaktu mempercepat laju kendaraan, dan tenaga berguna untuk memperoleh kecepatan tinggi. Dari sisi torsi yang dihasilkan maka bisa direkomendasikan bahwa biodiesel dari minyak jelantah secara teknis bisa digunakan sebagai bahan bakar pengganti solar.

#### 4.3.2 Uji BNT(5%, 10%, 15% ) terhadap Daya Poros

Tabel 34. Tabel Uji BNT (5%, 10%, 15%) terhadap Daya Poros

Kategori	N	Mean	Grouping
12	3	0,9480	A
6	3	0,9480	A
9	3	0,9410	A
5	3	0,8430	B
8	3	0,8366	B
11	3	0,8267	B C
3	3	0,7913	C D
2	3	0,7750	D
1	3	0,7590	D E
10	3	0,7580	D E
7	3	0,7300	E F
4	3	0,6963	F

Berdasarkan tabel 6 diatas daya yang dihasilkan bahan bakar biodiesel tidak berbeda jauh dengan daya yang dihasilkan bahan bakar solar namun kategori 6, 9, dan 12 memberikan nilai daya poros yang paling tinggi dibandingkan dengan kategori lainnya. Kategori 6 menunjukkan biodiesel 5% (B5), kategori 9 menunjukkan biodiesel 10% (B10) dan kategori 12 menunjukkan biodiesel 15 % (B15) pada kecepatan 1100 rpm dengan nilai mean yang sama yaitu 0,948A.

Wiratmaja (2010) mendefinisikan daya sebagai hasil dari kerja, atau dengan kata lain daya merupakan kerja atau energi yang dihasilkan mesin per satuan waktu mesin itu beroperasi. Dalam penelitian ini, biodiesel yang digunakan sudah mampu menghasilkan daya poros yang cukup tinggi bahkan lebih tinggi dibandingkan solar murni. Namun pada rpm rendah (900rpm) daya yang dihasilkan oleh solar murni lebih besar dibandingkan ketiga biodiesel lainnya yakni sebesar 0,7580. Hal ini sesuai yang dipaparkan oleh Suess (2002) bahwa hal ini ada kaitannya dengan titik

bakar solar di mana lebih rendah daripada biodiesel sedangkan kandungan energi solar lebih tinggi dari biodiesel.

#### 4.3.3 Uji BNT(5%, 10%, 15%) terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 35. Tabel Uji BNT (5%, 10%, 15%) Konsumsi Bahan Bakar terhadap Kecepatan Motor 900, 1000, 1100 (rpm)

Kategori	N	Mean	Grouping
12	3	503,25	A
11	3	481,18	B
9	3	478,44	B
10	3	464,93	B C
3	3	455,5	C
8	3	449,23	C
6	3	446,8	C
7	3	421,64	D
5	3	421,32	D
2	3	418,64	D E
4	3	408,2	D E
1	3	398,27	E

Dari tabel di atas kategori 1 (solar murni dengan kecepatan 900 rpm) memberikan nilai konsumsi yang paling kecil meskipun tidak berbeda nyata dengan kategori 4 (B5 dengan kecepatan 900 rpm), dan kategori 2 (solar murni dengan kecepatan 1000 rpm). Penggunaan biodiesel pada uji kinerja motor pada penelitian memang lebih banyak dibandingkan dengan bahan bakar solar murni. Menurut Susilo (2006), hal ini berkaitan dengan nilai kalor biodiesel lebih rendah dibandingkan solar sehingga untuk menghasilkan daya yang besar konsumsi biodiesel menjadi lebih banyak dibanding solar murni.

#### 4.3.4 Uji BNT(5%, 10%, 15%) terhadap Opasitas

Tabel 36. Tabel BNT(5%, 10%, 15%) Opasitas terhadap Kecepatan Motor 900, 1000, 1100 (rpm)

Kategori	N	Mean	Grouping
3	3	58,400	A
9	3	57,500	B
6	3	57,400	B
8	3	56,833	C
2	3	56,800	C
12	3	56,667	C D
11	3	56,40	D E
7	3	56,300	E F
10	3	56,267	E F
5	3	56,267	E F
1	3	56,033	F G
4	3	55,700	G

Opasitas menunjukkan derajat kegelapan dan tembus pandang tidaknya suatu emisi gas buang. Semakin tinggi opasitasnya, artinya semakin tinggi persentase tidak tampaknya suatu benda akibat emisi gas buang ini (Setyadji dan Susiantini, 2007).

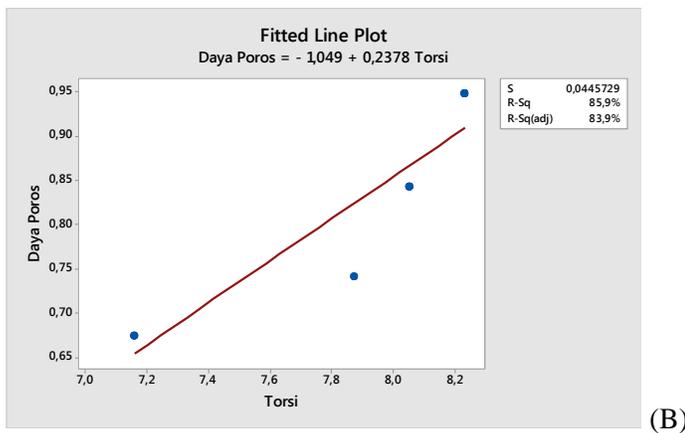
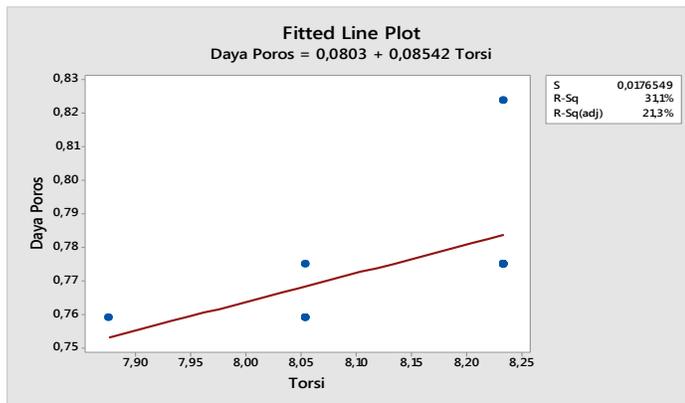
Tampak dari tabel 8, kategori 4 (biodiesel 5% dengan kecepatan 900 rpm) memberikan nilai opasitas yang paling kecil meskipun tidak berbeda nyata dengan kategori 1 (solar murni dengan kecepatan 900 rpm). Namun jika ditinjau lebih jauh hampir semua biodiesel dari B5 sampai B15 cenderung memiliki nilai opasitas yang rendah dibanding solar. Opasitas biodiesel berkisar antara 55 – 56 di semua putaran sedangkan solar berkisar dari 58 – 59 %HSU di semua putaran. Hal ini menunjukkan bahwa biodiesel lebih bersifat ramah lingkungan dibanding solar. Menurut Setyadji dan Susiantini (2007), rendahnya opasitas dapat disebabkan karena secara teori asam lemak yang terkandung dalam biodiesel lebih mudah untuk teroksidasi atau terbakar secara sempurna.

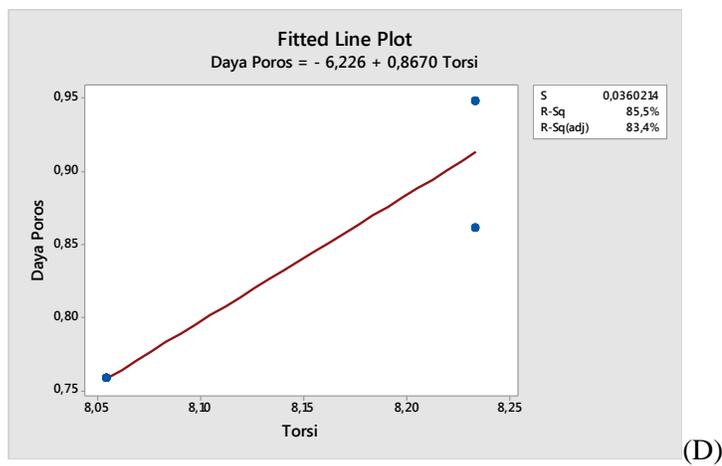
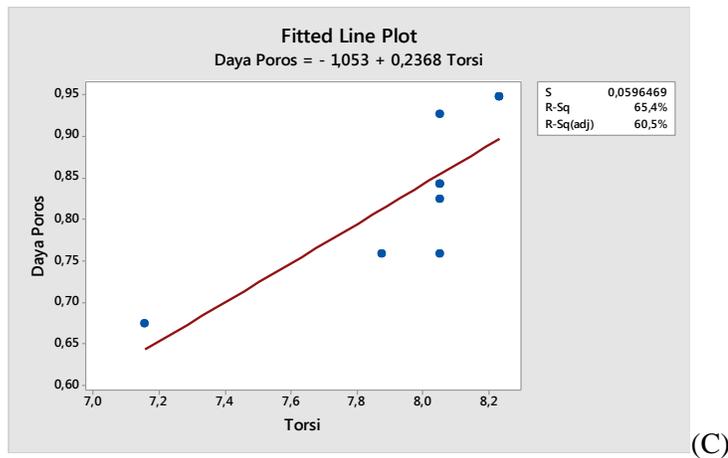
#### 4.3.5 Hubungan Torsi terhadap Daya Poros

Tabel 37. Hubungan Torsi terhadap Daya Poros

Bahan Bakar	F-Value	P-Value	Keterangan
Solar Murni (B0)	3,17	0,118	Tidak Signifikan
Biodiesel 5% (B5)	42,76	0,000	Signifikan
Biodiesel 10% (B10)	13,24	0,000	Signifikan
Biodiesel 15% (B15)	41,25	0,008	Signifikan

Uji anova pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa torsi memberikan pengaruh nyata terhadap daya poros mesin diesel kecuali pada mesin diesel solar murni (B0).





Grafik 5. Grafik hubungan torsi terhadap daya poros mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100.(A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%.

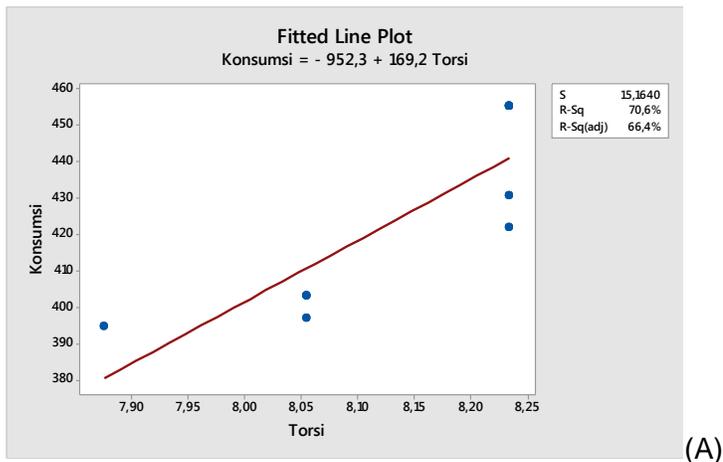
Grafik hubungan torsi terhadap daya poros mesin diesel diatas menunjukkan bahwa seiring bertambahnya torsi maka daya poros mesin diesel juga ikut bertambah. Seperti yang telah dibahas sebelumnya (Tabel 5 dan 6), biodiesel mampu menghasilkan daya dan poros besar terutama pada penggunaan B15.

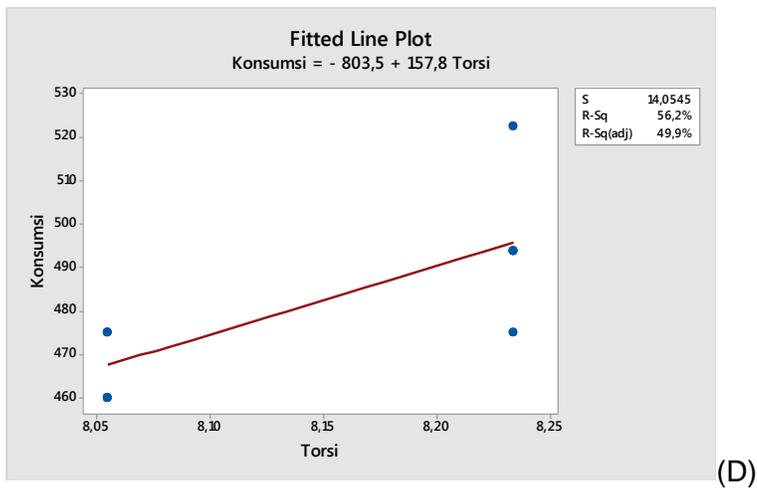
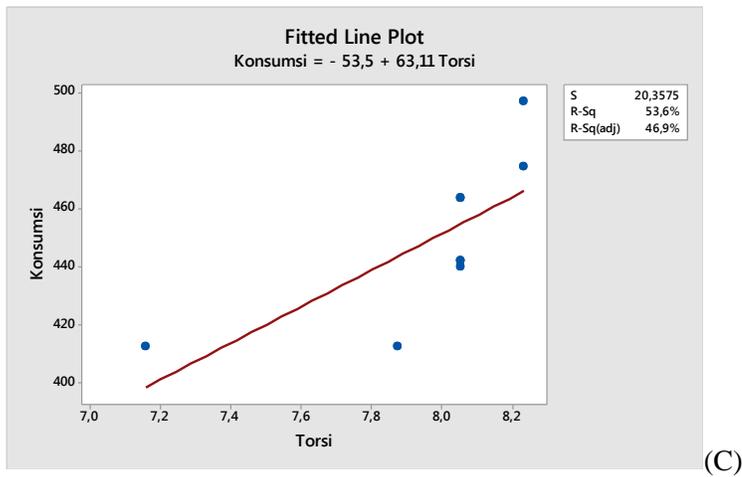
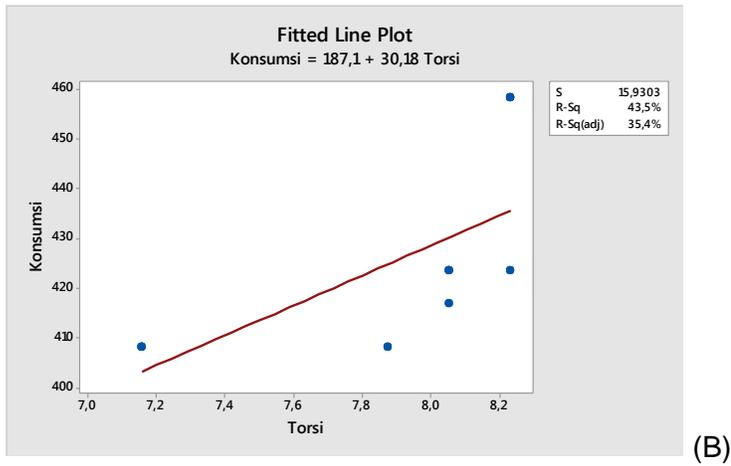
#### 4.3.6 Hubungan Torsi terhadap Konsumsi Bahan Bakar Mesin Diesel

Tabel 38. Hubungan Torsi terhadap Konsumsi Bahan Bakar Mesin Diesel

Bahan Bakar	F-Value	P-Value	Keterangan
Solar Murni (B0)	16,84	0,005	Signifikan
Biodiesel 5% (B5)	5,39	0,050	Signifikan
Biodiesel 10% (B10)	8,07	0,025	Signifikan
Biodiesel 15% (B15)	8,97	0,020	Signifikan

Uji anova pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa torsi memberikan pengaruh nyata terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel. Penggunaan biodiesel memang menghasilkan torsi yang besar namun konsumsi bahan bakarnya juga semakin banyak dikarenakan nilai kalor biodiesel lebih tinggi dibanding bahan bakar solar (Tabel 7).





Grafik 6. Grafik hubungan torsi terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100. (A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%.

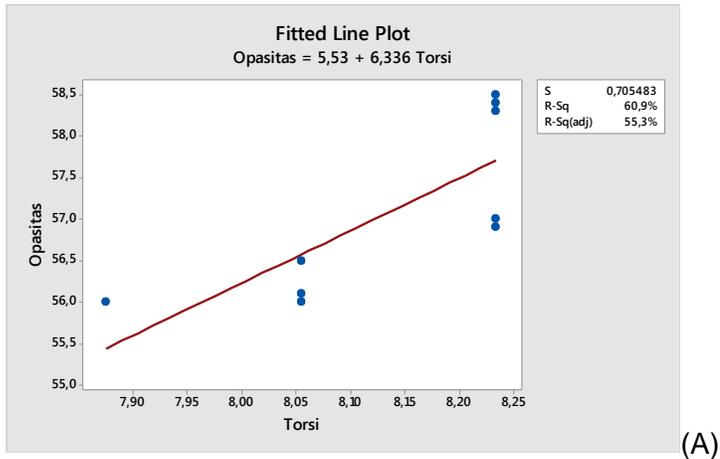
Grafik hubungan torsi terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel diatas menunjukkan bahwa seiring bertambahnya torsi maka konsumsi bahan bakar mesin diesel juga ikut bertambah.

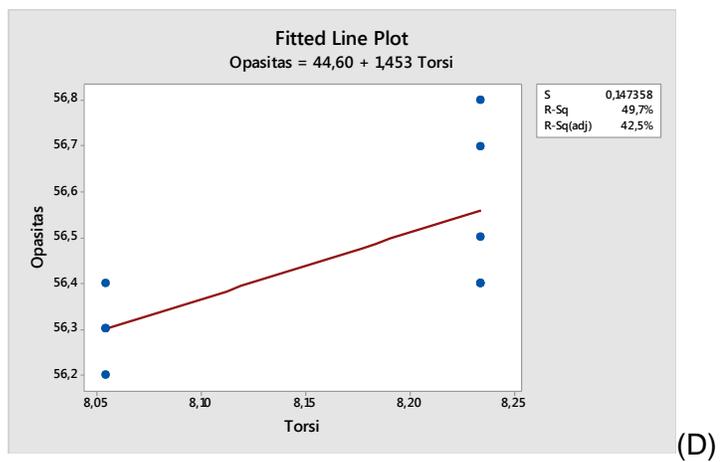
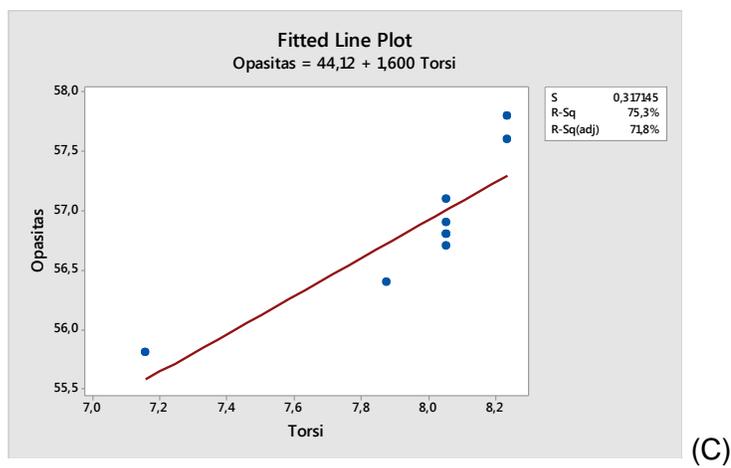
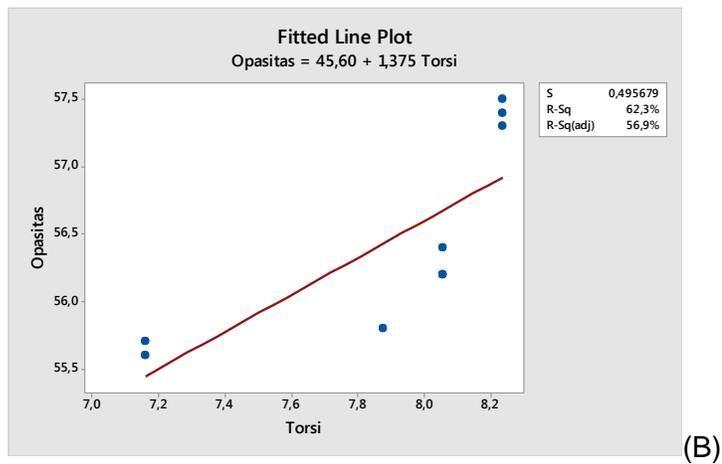
#### 4.3.7 Hubungan Torsi terhadap Opasitas

Tabel 39. Hubungan Torsi terhadap Opasitas

Bahan Bakar	<i>F-Value</i>	<i>P-Value</i>	Keterangan
Solar Murni (B0)	10,19	0,013	Signifikan
Biodiesel 5% (B5)	11,57	0,011	Signifikan
Biodiesel 10% (B10)	21,39	0,002	Signifikan
Biodiesel 15% (B15)	6,92	0,034	Signifikan

Uji anova pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa torsi memberikan pengaruh nyata terhadap opasitas mesin diesel.





Grafik 7. Grafik hubungan torsi terhadap opasitas mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100.(A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan(D) Biodiesel 15%.

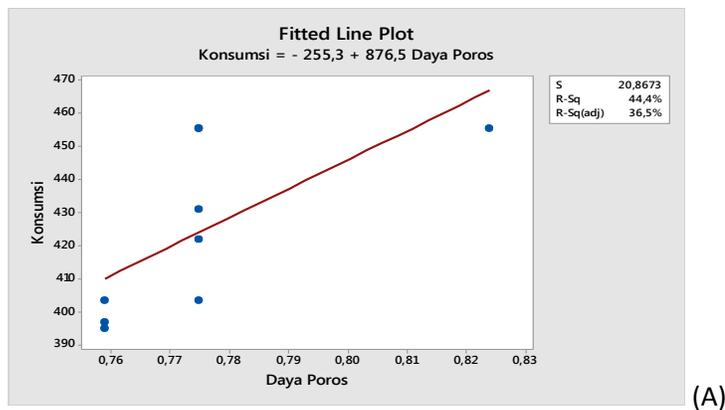
Grafik hubungan torsi terhadap opasitas mesin diesel diatas menunjukkan bahwa seiring bertambahnya torsi maka opasitas mesin diesel juga ikut bertambah. Biodiesel dapat dikatakan sebagai bahan bakar ramah lingkungan, karena nilai opasitas yang dihasilkan dalam kisaran rendah namun torsi yang dihasilkan semakin besar dibandingkan solar (Tabel 6 dan 8).

#### 4.3.8 Hubungan Daya Poros terhadap Konsumsi Bahan Bakar

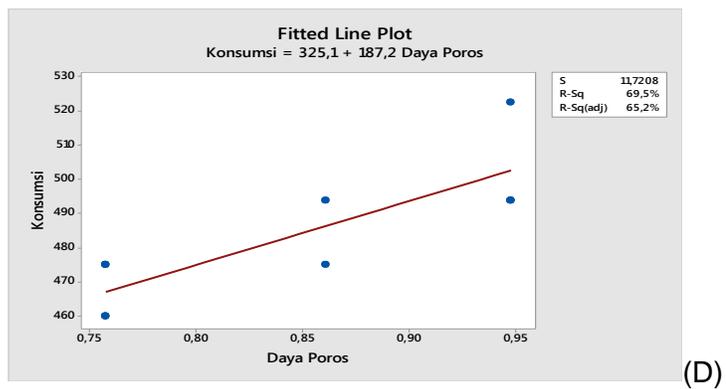
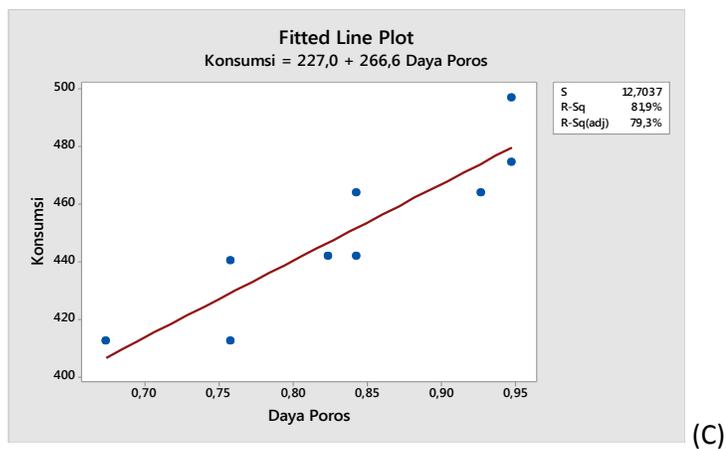
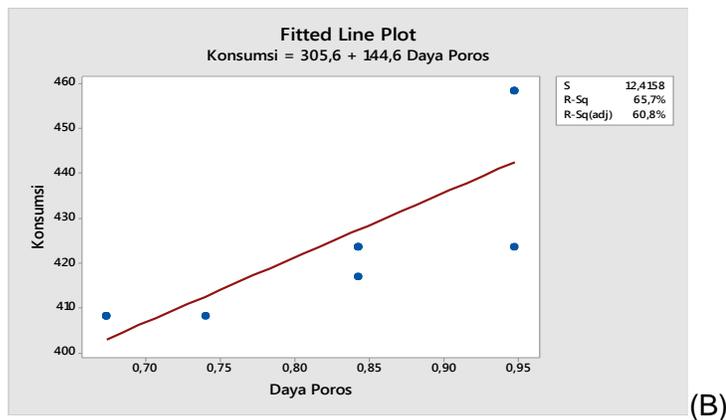
Tabel 40. Hubungan Daya Poros terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Bahan Bakar	<i>F-Value</i>	<i>P-Value</i>	Keterangan
Solar Murni (B0)	5,59	0,05	Signifikan
Biodiesel 5% (B5)	13,4	0,008	Signifikan
Biodiesel 10% (B10)	31,71	0,001	Signifikan
Biodiesel 15% (B15)	15,97	0,005	Signifikan

Uji anova pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa dayamemberikan pengaruh nyata terhadap konsumsi mesin diesel.



(A)



Grafik 8. Grafik hubungan daya porosterhadap konsumsi mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100. A. Solar, B. Biodiesel 5%, C. Biodiesel 10%, dan D. Biodiesel 15%.

Grafik hubungan daya porosterhadap konsumsibahan bakar mesin diesel diatas menunjukkan bahwa seiring bertambahnya daya poros maka konsumsi bahan bakar mesin diesel juga ikut bertambah. Dikarenakan perbedaan nilai kalor antara

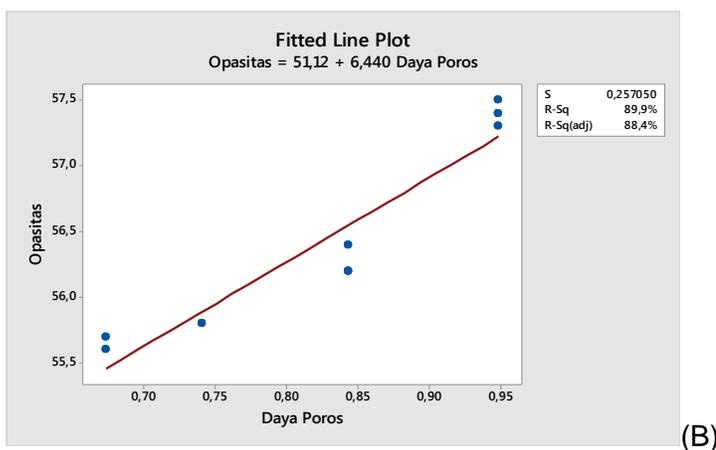
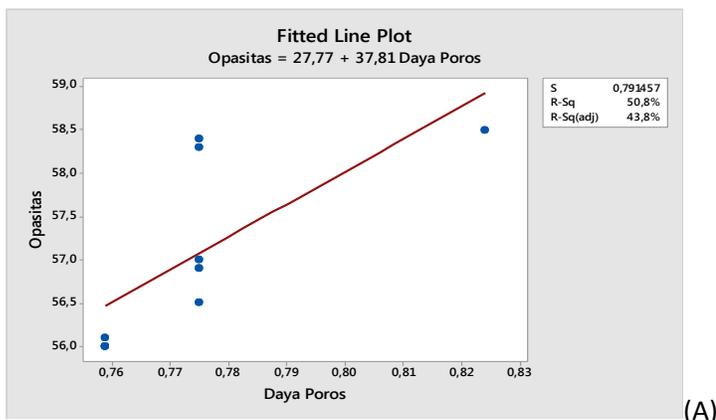
bahan bakar solar dan biodiesel yang cukup besar, maka dapat dimengerti bahwa konsumsi biodiesel menjadi lebih banyak.

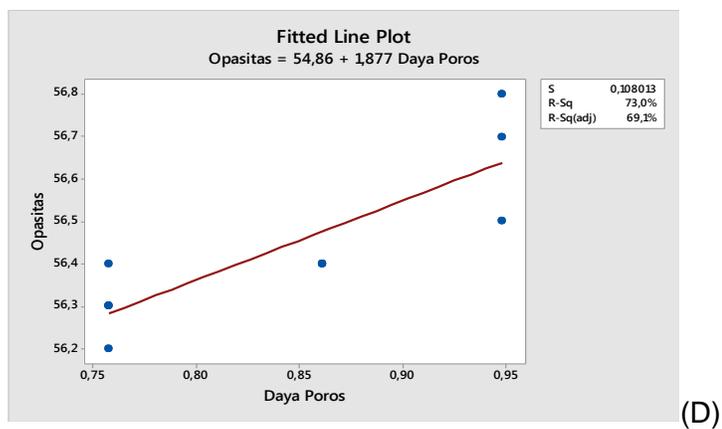
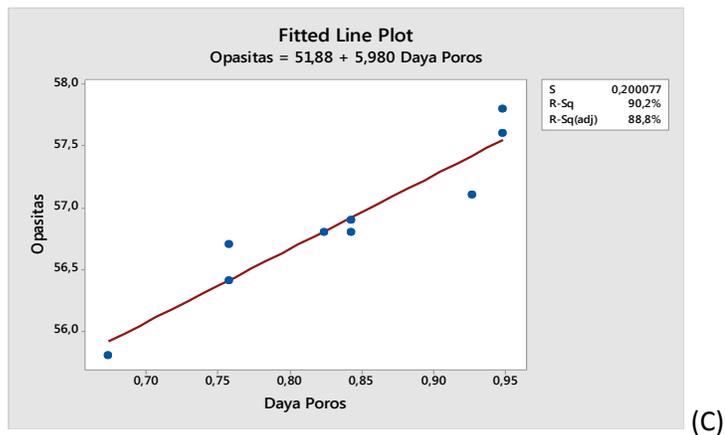
#### 4.3.9 Hubungan Daya Poros terhadap Opasitas

Tabel 41. Hubungan Daya Poros terhadap Opasitas

Bahan Bakar	F-Value	P-Value	Keterangan
Solar Murni (B0)	7,23	0,031	Signifikan
Biodiesel 5% (B5)	62,05	0,000	Signifikan
Biodiesel 10% (B10)	64,33	0,000	Signifikan
Biodiesel 15% (B15)	18,9	0,003	Signifikan

Uji anova pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa daya poros memberikan pengaruh nyata terhadap opasitas mesin diesel.





Grafik 9. Grafik hubungan daya porosterhadap opasitas mesin diesel pada RPM 900, 1000, 1100.(A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%.

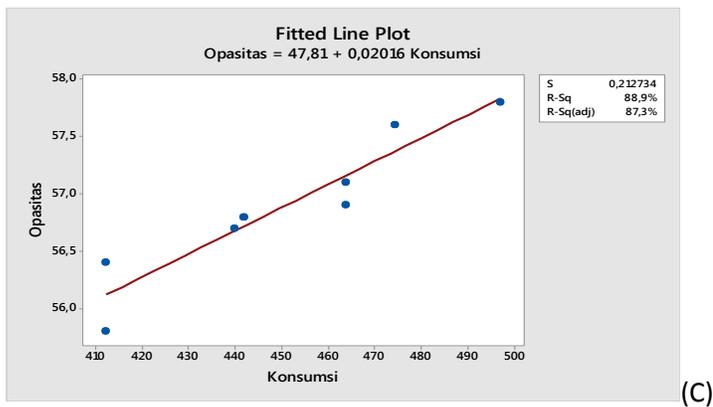
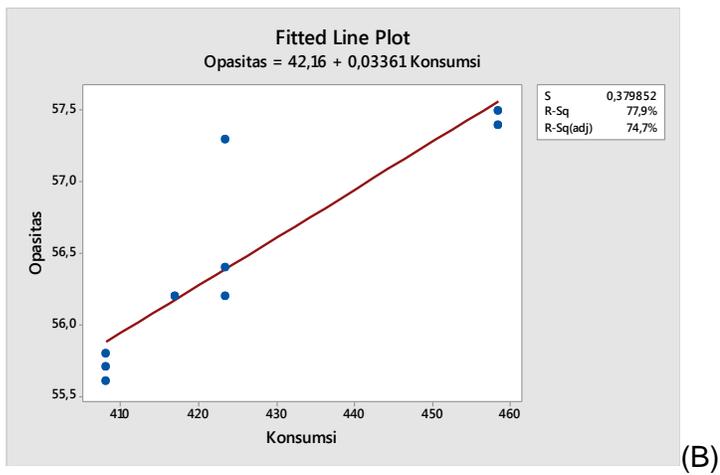
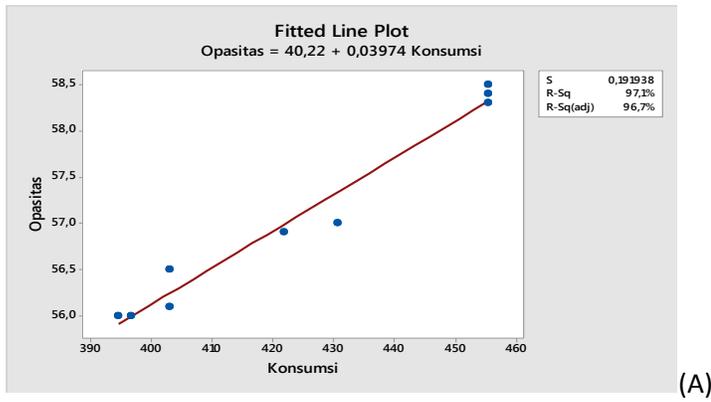
Grafik hubungan daya porosterhadap opasitas mesin diesel diatas menunjukkan bahwa seiring bertambahnya daya poros maka opasitas mesin diesel juga ikut bertambah.

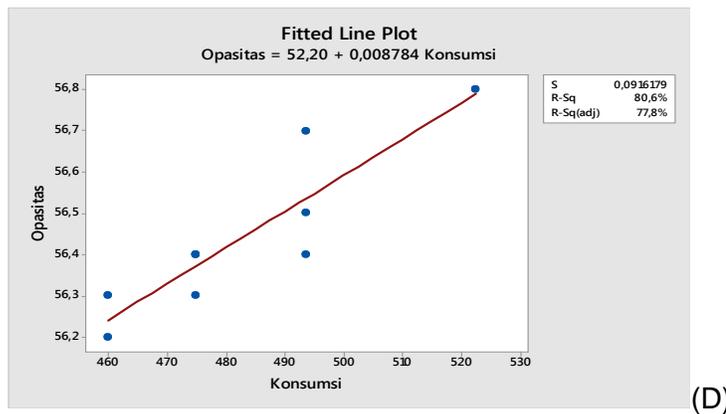
#### 4.3.10 Hubungan Konsumsi Bahan Bakar terhadap Opasitas

Tabel 42. Hubungan Konsumsi Bahan Bakar terhadap Opasitas

Bahan Bakar	<i>F-Value</i>	<i>P-Value</i>	Keterangan
Solar Murni (B0)	235,01	0,000	Signifikan
Biodiesel 5% (B5)	24,62	0,002	Signifikan
Biodiesel 10% (B10)	56,1	0,000	Signifikan
Biodiesel 15% (B15)	29,01	0,001	Signifikan

Uji anova pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa daya poros memberikan pengaruh nyata terhadap opasitas mesin diesel.





Grafik 10. Grafik hubungan konsumsi bahan bakar terhadap opasitas mesin diesel dengan RPM 900, 1000, 1100.(A) Solar, (B) Biodiesel 5%, (C) Biodiesel 10%, dan (D) Biodiesel 15%.

Grafik hubungan konsumsi bahan bakar terhadap opasitas mesin diesel diatas menunjukkan bahwa seiring bertambahnya konsumsi bahan bakar maka opasitas mesin diesel juga ikut bertambah.

#### 4.4 Analisis Konsumsi Bahan Bakar Secara Ekonomi

$$\text{mf ekonomi} = \frac{\text{mbb} \cdot \text{harga (BBM)}}{t}$$

mf ekonomi : konsumsi bahan bakar secara ekonomi (Rp/jam)

mbb : berat bahan bakar yang dikonsumsi (kg)

harga BBM : harga bahan bakar solar (Rp6500 per liter)

harga biodiesel (Rp3500 per )

t : waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan bahan bakar (jam)

- **mf ekonomi solar pada RPM 900**

$$\begin{aligned} \text{mf ekonomi} &= \frac{\text{mbb} \cdot \text{harga (BBM)}}{t} \\ &= 0,306\text{kg/jam} \cdot (\text{Rp}6500/0,723) \\ &= 2.751,03 \text{ Rp/jam} \end{aligned}$$

- **mf ekonomi biodiesel 5% pada Rpm 900**

$$\begin{aligned} \text{mf ekonomi} &= \frac{\text{mbb.harga (BBM)}}{t} \\ &= 0,309\text{kg/jam} \cdot (\text{Rp}8000/0,723) \\ &= 3419,08 \text{ Rp/jam} \end{aligned}$$

dan seterusnya.

Hasil perhitungan mf ekonomi yang telah dilakukan, selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel agar mempermudah perbandingan laju konsumsi antara bahan bakar solar dan biodiesel. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan mf ekonomi pada masing – masing konsentrasi biodiesel

Tabel 43. Perbandingan laju konsumsi antara bahan bakar solar dan biodiesel 5% secara ekonomi

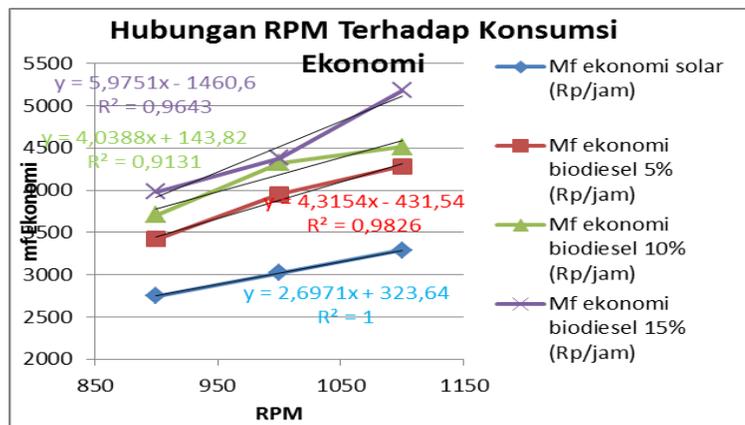
RPM	Mf ekonomi solar (Rp/jam)	Mf ekonomi biodiesel 5% (Rp/jam)	Selisih (Rupiah)	Efisiensi
900	2751,03	3419,08	-668,05	-24,28
1000	3020,74	3950,2	-929,46	-30,77
1100	3290,45	4282,15	-991,7	-30,14
Rata-rata	3020,74	3881,81	-861,07	-28,51

Tabel 44. Perbandingan laju konsumsi antara bahan bakar solar dan biodiesel 10% secara ekonomi

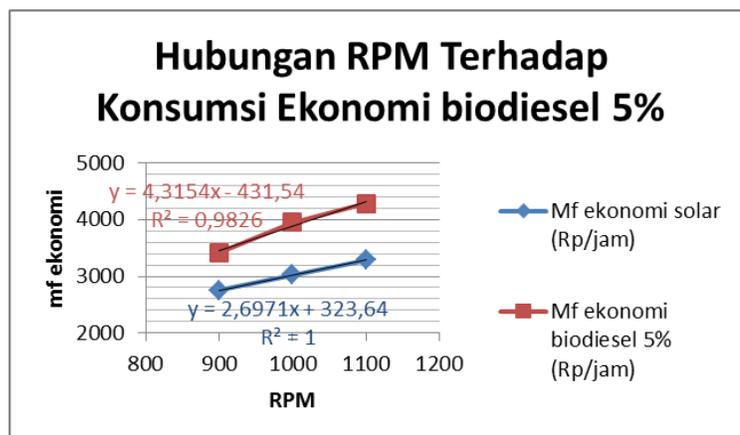
RPM	Mf ekonomi solar (Rp/jam)	Mf ekonomi biodiesel 10% (Rp/jam)	Selisih (Rupiah)	Efisiensi
900	2751,03	3706,77	-955,74	-34,74
1000	3020,74	4326,41	-1305,67	-43,22
1100	3290,45	4514,52	-1224,07	-37,20
Rata-rata	3020,74	4182,56	-1161,82	-38,46

Tabel 45. Perbandingan laju konsumsi bahan bakar solar dan biodiesel 15% secara ekonomi

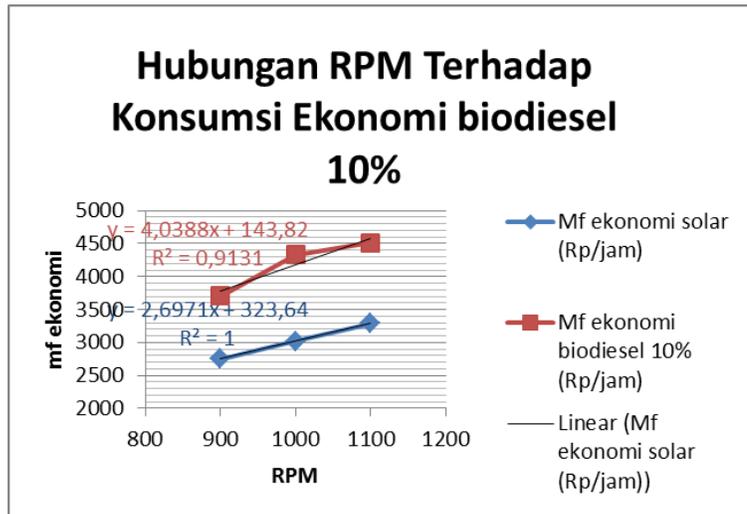
RPM	Mf ekonomi solar (Rp/jam)	Mf ekonomi biodiesel 15% (Rp/jam)	Selisih (Rupiah)	Efisiensi
900	2751,03	3983,4	-1232,37	-44,80
1000	3020,74	4381,74	-1361	-45,06
1100	3290,45	5178,42	-1887,97	-57,38
Rata-rata	3020,74	4499,52	-1478,78	-48,95



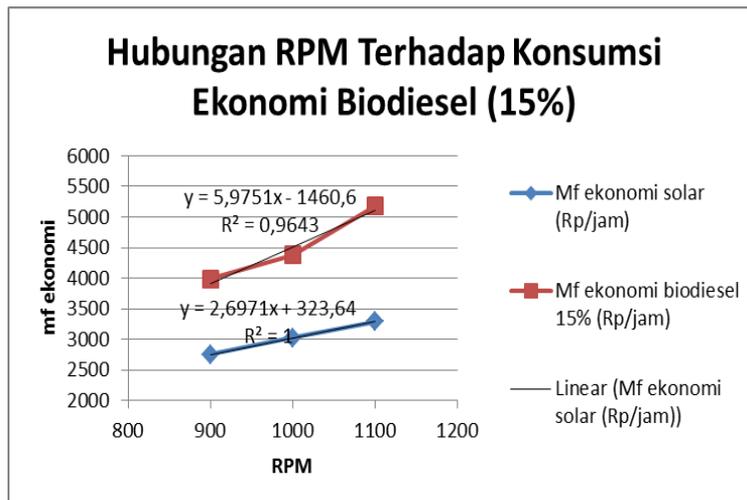
Grafik 11. Grafik Hubungan RPM dan Konsumsi Ekonomi Solar dengan Biodiesel 5%, 10%, 15% pada RPM 900, 1000, 1100



Grafik 12. Grafik Hubungan RPM dan Konsumsi Ekonomi Biodiesel 5% pada RPM 900, 1000, 1100



Grafik 13. Grafik Hubungan RPM dan Konsumsi Ekonomi Biodiesel 10% pada RPM 900, 1000, 1100



Grafik 14. Grafik Hubungan RPM dan Konsumsi Ekonomi Biodiesel 15% pada RPM 900, 1000, 1100

Seperti yang terdapat dalam perhitungan, dapat kita lihat pengaruh putaran mesin terhadap konsumsi ekonomi (mf ekonomi). Besarnya mf ekonomi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel akan lebih jelas jika meruntut

pada Tabel 14 dan Grafik 14 yang melukiskan kondisi mf ekonomi yang terukur pada penggunaan bahan bakar solar dan biodiesel.

Analisa ini menunjukkan, bahwa pada konsumsi bahan bakar secara ekonomi (mf ekonomi) solar dan biodiesel, akan cenderung meningkat sejalan dengan kenaikan putaran mesin. Kondisi mf ekonomi yang menggunakan solar lebih irit karena mf ekonomi yang semakin kecil menandakan konsumsi bahan bakar semakin irit. Menurut Diyono (2007), besarnya bahan bakar yang dikonsumsi sebanding dengan mf ekonomi yang dibutuhkan.

Mf ekonomi dengan bahan bakar biodiesel lebih boros bila dibandingkan solar. Hal ini karena pada bahan bakar biodiesel tingginya nilai viskositas pada biodiesel disebabkan oleh kurangnya proses distilasi (penyaringan) pada saat pembuatan biodiesel. Keterbatasan alat dan ruang sehingga dalam penelitian ini distilasi hanya dilakukan 1 kali. Wijanarko *et.al.*, (2006) menyatakan bahwa semakin banyak tahapan distilasi produk reaksi perengkahan yang dilakukan, maka densitas produk biogasoline semakin rendah. Secara empiris, viskositas suatu fluida berbanding lurus dengan densitas fluida tersebut, sehingga dengan semakin banyaknya jumlah tahapan distilasi yang dilakukan maka viskositas produk biogasoline semakin rendah. Hal ini disebabkan pada proses distilasi dari hasil produk perengkahan minyak kelapa sawit, produk distilat yang dihasilkan menjadi lebih encer dan homogen yang menunjukkan viskositasnya menjadi lebih rendah. Harga Rp 6500 pada bahan bakar solar yang cukup murah dalam 1 liter bila dibandingkan bahan bakar biodiesel yang seharga Rp 8000 juga mempengaruhi tingkat efisiensi.

#### 4.5 Pendekatan Ekonomi dalam Penentuan Harga Jual Biodiesel

Keputusan Menteri ESDM Nomor 3784 K/12/MEM/2014 tentang Harga Indeks Pasar (HIP) bahan bakar nabati (*Biofuel*) yang dicampurkan ke dalam Jenis Bahan Bakar Minyak Tertentu Biodiesel didasarkan pada harga indeks pasar Bahan Bakar Minyak. Untuk jenis minyak solar ditambah 3,48% harga indeks pasar Bahan Bakar Minyak. Untuk jenis minyak solar bulan berjalan  $HIP = 103,48\% \times MOPS$  (Mean Of Platts Singapore) pemerintah memberikan subsidi sebesar Rp 3000 per liter. Maka harga biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar, harga produksi biodiesel dikurangi dengan pemberian subsidi Rp 3000. Jika harga produksi biodiesel sebesar Rp 8000 – Rp 3000 = Rp 5000.

Jika dibandingkan dengan harga bahan bakar solar Rp 6500, harga yang dimiliki biodiesel jauh lebih murah hanya berkisar Rp 5000. Selain itu biodiesel sendiri memiliki banyak keuntungan selain dari nilai ekonomi. Berikut ini adalah tabel perhitungan ekonomi biodiesel dengan harga jual sebesar Rp5000,00.

Tabel 46. Tabel perhitungan ekonomi biodiesel seharga Rp5000,00 pada komposisi biodiesel 5%

RPM	Mf ekonomi solar (Rp/jam)	Mf ekonomi biodiesel 5% (Rp/jam)	Selisih (Rupiah)	Efisiensi
900	2751.03	2136.92	614.11	22.32%
1000	3020.74	2468.87	551.87	18.27%
1100	3290.45	2676.34	614.11	18.66%
Rata – rata	3020.74	2427.37	593.3633	19.75%

Tabel 47. Tabel perhitungan ekonomi biodiesel seharga Rp5000,00 pada komposisi biodiesel 10%

RPM	Mf ekonomi solar (Rp/jam)	Mf ekonomi biodiesel 10% (Rp/jam)	Selisih (Rupiah)	Efisiensi
900	2751.03	2316.73	434.3	15.79%
1000	3020.74	2704	316.74	10.49%
1100	3290.45	2821.57	468.88	14.25%
Rata – rata	3020.74	2614.1	406.64	13.51%

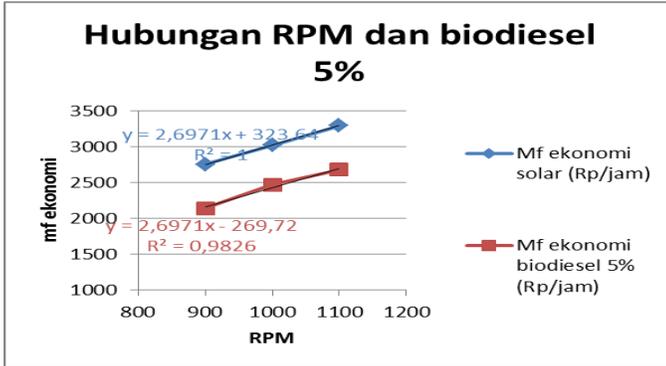
Tabel 48. Tabel perhitungan ekonomi biodiesel seharga Rp5000,00 pada komposisi biodiesel 15%

RPM	Mf ekonomi solar (Rp/jam)	Mf ekonomi biodiesel 15% (Rp/jam)	Selisih (Rupiah)	Efisiensi
900	2751.03	2489.62	261.41	9.50%
1000	3020.74	2738.58	282.16	9.34%
1100	3290.45	3236.51	53.94	1.64%
Rata – rata	3020.74	2821.57	199.17	6.83%

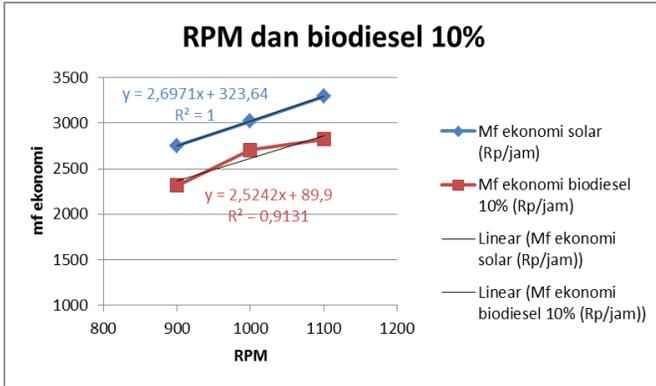
Tabel 49. Tabel perhitungan ekonomi biodiesel seharga Rp5000,00 pada komposisi biodiesel 5%; 10%; 15%

RPM	Mf ekonomi solar (Rp/jam)	Mf ekonomi biodiesel 5% (Rp/jam)	Mf ekonomi biodiesel 10% (Rp/jam)	Mf ekonomi biodiesel 15% (Rp/jam)	Selisih (Rupiah)	Efisiensi
900	2751.03	2136.92	2316.73	2489.62	1441.21	52.39%
1000	3020.74	2468.87	2704	2738.58	1869.97	61.90%
1100	3290.45	2676.34	2821.57	3236.51	2153.52	71.29%
Rata - rata	3020.74	2427.37	2614.1	2821.57	1821.57	61.86%

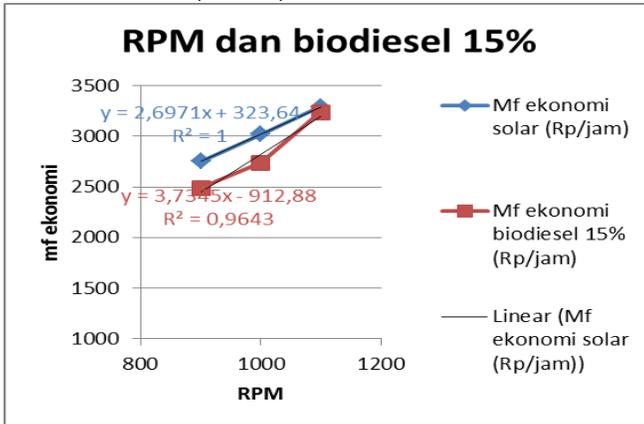
Grafik 15. Grafik Hubungan RPM dengan Laju Konsumsi Biodiesel 5% pada RPM 900, 1000, 1100



Grafik 16. Grafik Hubungan RPM dengan Laju Konsumsi Biodiesel 10% pada RPM 900, 1000, 1100



Grafik 17. Grafik Hubungan RPM dengan Laju Konsumsi Biodiesel 15% pada RPM 900, 1000, 1100



Kebijakan pendukung harga energi diatur dalam PP No 79 Tahun 2014 pasal 26 menetapkan bahwa harga energi termasuk bahan bakar nabati.

ditetapkan berdasarkan nilai keekonomian berkeadilan sesuai dengan amanat Undang-Undang No 30 tahun 2007 tentang energi. Berdasarkan Peraturan Presiden (Perpres) No 45 Tahun 2009, Peraturan Menteri Keuangan No 217/PMK.02/2011 Tahun 2011, Kepmen ESDM No 1713K/12/MEM/2012 Tahun 2012 menetapkan bahwa harga bahan bakar nabati ditetapkan berdasarkan harga patokan. Pengertian harga patokan adalah harga yang dihitung setiap bulan berdasarkan HIP BBM dan/atau HIP BBN rata-rata pada periode satu bulan sebelumnya ditambah biaya distribusi dan margin. Harga patokan ini ditetapkan oleh Menteri ESDM, sedangkan besaran HIP pasar BBN (biofuel).

Berdasarkan Kepmen ESDM No 3053K/12/MEM/2011 ditetapkan setiap bulan oleh Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE). Penetapan HIP BBN pada awalnya ditetapkan sesuai dengan Keputusan Menteri ESDM No 2712 tanggal 11 Desember 2009 yang didasarkan pada perhitungan harga publikasi MOPS jenis gas oil pada periode satu bulan sebelumnya ditambah Rp 1 000 per liter. Keputusan ini kemudian direvisi dengan Kepmen ESDM No 0219 tanggal 26 Januari 2010, dengan penetapan HIP biodiesel didasarkan pada Harga Patokan Ekspor biodiesel dari biodiesel kelapa minyak sawit/FAME yang ditetapkan Menteri Perdagangan setiap bulan dengan faktor konversi sebesar 870 kg/m<sup>3</sup>. Sejak bulan April tahun 2014 HIP ditetapkan berdasarkan Kepmen ESDM No 2185 K/12/MEM/2014, HIP biodiesel berdasarkan harga publikasi MOPS pada periode satu bulan sebelumnya ditambah 3.48%. Dalam Undang-Undang No 30 Tahun 2007 disebutkan bahwa pemerintah pusat dan pemerintah daerah menyediakan dana subsidi. Besaran subsidi di dalam HIP BBN bagi penyediaan BBN jenis biodiesel pada awalnya ditentukan sebesar Rp 1 000/liter dari harga MOPS sesuai dengan Keputusan Menteri ESDM No 2712 tanggal 11 Desember 2009. kemudian

subsidi tersebut ditambah menjadi Rp 2 000/liter pada tahun 2011 dan pada tahun 2013 besaran subsidi tersebut dinaikkan menjadi Rp 3 000/liter. Menurut Kementerian ESDM, perhitungan besaran subsidi biodiesel berdasarkan harga indeks pasar (HIP) dan harga MOPS.

$$S_{ij} = \text{HIP}_{ij} - \text{MOPS}_{ij}$$

Keterangan

$S_{ij}$  : Besaran subsidi bulan ke  $i$  tahun ke  $j$

$\text{HIP}_{ij}$  : Harga indeks pasar (gasoline) bulan ke  $i$  tahun ke  $j$

$\text{MOPS}_{ij}$  : Harga MOPS (gasoline) bulan ke  $i$  tahun ke  $j$

HIP biodiesel ditetapkan oleh Direktur Jendral EBTKE atas nama Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No 2185 K/12/MEM/2014. HIP biodiesel didasarkan pada harga publikasi MOPS jenis gasoil rata-rata pada periode satu bulan sebelumnya ditambah 3.48% MOPS dengan ketentuan bahwa penentuan subsidi ini berlaku untuk biodiesel yang dicampurkan ke dalam jenis BBM tertentu. Harga tersebut sudah termasuk biaya pengangkutan biodiesel dari titik suplai produsen sampai di titik terminal BBM utama. Contoh penetapan HIP biodiesel bulan Juni 2014 adalah 103.4% dari 122.350 USD/barrel (HIP BBM jenis minyak solar untuk bulan Mei 2014). Subsidi BBN dihitung berdasarkan selisih harga (HIP) biodiesel dengan solar MOPS.

Pada APBN 2014, Pemerintah menyediakan alokasi subsidi BBN jenis biodiesel sebesar Rp 3000 per liter. Rata-rata subsidi BBN jenis biodiesel untuk tahun 2013 sebesar Rp 256/ liter (ESDM 2014). Tahun 2014 besaran alokasi subsidi BBN jenis biodiesel yang disediakan sebesar 3 000/liter. HIP biodiesel ditentukan berdasarkan MOPS dan nilainya cenderung selalu di bawah harga jual biodiesel yang dihasilkan dari sisi produsen. Sehingga produsen biodiesel tidak mampu

bersaing dari sisi harga jual produk. Hal inilah yang menyebabkan industri biodiesel tidak berkembang di Indonesia.

Berdasarkan kondisi di atas, dapat dilihat bahwa HIP biodiesel selalu berada di bawah harga minyak sawit, sehingga produsen sulit mendapatkan margin keuntungan yang wajar. Oleh karena itu, sebaiknya HIP biodiesel harus berdasarkan biaya produksi agar produsen selaku pemasok bahan bakar nabati dalam negeri dapat memenuhi target mandatori. (Sembiring, 2015).

#### **4.6 Analisis Biaya Simulasi Operasional Kapal Purse Seine**

Menurut Erfan (2008) kegiatan operasional kapal tangkap purse seine meliputi: dari persiapan, penentuan daerah penangkapan ikan, perjalanan, proses penangkapan, pengangkutan dan pengelolaan hasil tangkapan di atas kapal, dan pendaratan. Dalam kegiatan tersebut terdapat aspek biaya investasi, biaya tidak tetap, biaya tetap. Biaya investasi meliputi biaya pembelian kapal, mesin, alat tangkap, lampu pemikat ikan, dan perlengkapan tambahan seperti keranjang ikan, tangki bahan bakar solar, minyak tanah, pelumas, dan air tawar, serta peralatan untuk memasak. Biaya tidak tetap meliputi biaya eksploitasi, biaya panol, biaya retribusi, dan bonus nahkoda. Biaya tetap meliputi biaya penyusutan, biaya perawatan, dan biaya perizinan. Jumlah trip per tahun didapatkan dari rata-rata jumlah trip per tahun.

Biaya tetap dari unit penangkapan *purse seine* tidak dipengaruhi oleh jumlah trip yang dilakukan. Biaya tetap ini terdiri dari biaya penyusutan, biaya perawatan, dan biaya perizinan. Biaya penyusutan dipengaruhi oleh daya tahan unit penangkapan (kapal, mesin, dan alat tangkap). Biaya perawatan dipengaruhi oleh frekuensi perbaikan kapal, alat tangkap, dan mesin dalam satu tahun. Biaya

perizinan dipengaruhi oleh besarnya GT dari kapal yang digunakan. Penerimaan total dihitung dari nilai produksi kotor per tahun, biaya total didapatkan dari jumlah biaya tetap ditambah biaya tidak tetap, dan keuntungan dihitung dengan melihat selisih antara total penerimaan dengan total biaya. R/C dihitung dari penerimaan total dibagi biaya total. Sedangkan *payback period* dihitung dari biaya investasi dibagi dengan keuntungan

Tabel 50. Biaya Operasi per Trip pada Kapal *Purse Seine* di Pekalongan

Jenis Perbekalan	Jumlah	Harga
Solar	15.000 l (70-80 drum)	Rp 97,5juta
Oli	60-100 l	Rp 1,5-2,5 juta
Minyak Tanah	600-800 l	Rp 1,8jt-2,4jt
Beras	1.500 kg	Rp 7,5juta
Es Balok	25-30 ton	Rp 4-4,5 juta
Lauk Pauk, Sayur, & Buah	Ratusan kg	Rp 10-15 juta
Air Bersih	15 ton	Rp 75.000,-
Total		Rp 129.475.000

Tabel 51. Data biaya investasi, biaya tidak tetap, biaya tetap, jumlah trip/tahun, dan jumlah tenaga kerja dari unit penangkapan *purse seine* di PPN Pekalongan

Kapal	GT	Biaya Investasi (Rp ribu)	Biaya Tidak Tetap (Rp ribu)	Biaya Tetap (Rp ribu)	Jumlah Trip per tahun	Jumlah Tenaga Kerja
<b>Kelompok 1</b>						
Sampurna J.R.	54	778.753	420.129	91.728	5	33
Anugrah M. P.	58	843.846	431.250	97.522	5	30
Charly P. U.	61	892.665	454.590	100.618	4	35
Bintang A.	62	813.946	442.370	115.317	5	35
Power Rejeki	63	858.688	450.150	97.015	4	30
<b>Kelompok 2</b>						
Sinar Laut	105	1.076.091	748.343	163.387	4	36
Rejeki Bahari	105	1.179.567	820.303	159.099	4	37
Citra C.	113	1.127.320	783.969	161.166	5	35
Al-Fallah	124	1.055.985	734.361	160.335	4	35
Jawa Makmur	125	1.036.365	700.259	150.706	4	35
Rata-rata	87	966.323	598.572	129.689	4	34

Tabel 52. Perhitungan analisis usaha unit penangkapan *purse seinedi* Pekalongan

Kapal	Penerimaan Total (TR) (Ribu rupiah)	Biaya Total (TC) (Ribu rupiah)	Keuntungan (Ribu rupiah)	R/C	Payback Period
Sampurna J. R.	662.732	511.857	150.875	1,2948	5,1615
Anugrah Mina P.	681.823	528.772	153.051	1,2894	5,5135
Charly Prima U.	718.641	555.208	163.433	1,2944	5,4620
Bintang Anugrah	730.914	557.687	173.227	1,3106	4,6987
Power Rejeki	743.187	547.165	196.022	1,3583	4,3806
Sinar Laut	1.188.645	911.730	276.915	1,3037	3,8860
Rejeki Bahari	1.266.684	979.402	287.282	1,2933	4,1059
Citra Cemerlang	1.227.281	945.135	282.146	1,2985	3,9955
Al-Fallah	1.098.065	894.696	203.369	1,2273	5,1924
Jawa Makmur	1.234.102	964.965	119.137	1,1068	8,6989
Rata-rata	955.207	728.262	226.946	1,3121	4,5101

Dari penjabaran biaya tersebut bila bahan bakar solar disubstitusikan dengan bahan bakar biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar maka akan memberikan dampak bagi usaha perikanan tangkap yang menguntungkan nelayan sendiri. Berikut analisisnya dalam Tabel 54

Tabel 53. Data Simulasi Biaya Operasional Perikanan pada Kapal Purse Seine

<b>Jenis Perbekalan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Harga</b>
Biodiesel	15.000 l (70-80 drum)	Rp 75juta
Oli	60-100 l	Rp 1,5-2,5 juta
Minyak Tanah	600-800 l	Rp 1,8jt-2,4jt
Beras	1.500 kg	Rp 7.500.000
Es Balok	25-30 ton	Rp 4-4,5 juta
Lauk Pauk, Sayur, & Buah	Ratusan kg	Rp 10-15 juta
Air Bersih	15 ton	Rp 75.000,-
Total		Rp 99.875.000 Rp 106.975.000

• Analisis usaha perikanan *purse seine* di PPN Pekalongan

Contoh perhitungan pada kapal Jawa Makmur

Ukuran kapal (p x l x d) : (27,5 x 8 x 3,87) meter

Jumlah tenaga kerja : 30 orang

Jumlah hari operasi per trip : 75 hari

Jumlah trip: 4 trip/tahun

Investasi:	Rp 664.000.000,-
1. Kapal (umur ekonomis: 10 tahun)	Rp 152.000.000,-
2. Mesin (umur ekonomis: 8 tahun)	Rp 185.000.000,-
3. Alat tangkap (umur ekonomis: 8 tahun)	Rp 35.365.000,-
4. Perlengkapan (umur ekonomis: 5 tahun)	
	<hr/>
Jumlah Investasi	Rp 1.036.365.000,-
II. Penerimaan ( <i>Revenue</i> ): 243,74	Rp 105.000.000,-
1. Ikan segar (15.000 kg x Rp 7.000)	Rp 203.525.500,-
2. Ikan diasinkan (45.935 kg x Rp 4.430)	
	<hr/>
Jumlah penerimaan	Rp 308.525.500,-
III. Biaya Tetap ( <i>fixed cost</i> ):	Rp 66.400.000,-
1. Penyusutan kapal	Rp 19.000.000,-
2. Penyusutan mesin	Rp 18.500.000,-
3. Penyusutan alat tangkap	Rp 20.000.000,-
4. Penyusutan lampu	Rp 7.073.000,-
5. Penyusutan perlengkapan lainnya	Rp 9.331.000,-
6. Perawatan kapal	Rp 4.000.000,-
7. Perawatan alat tangkap	Rp 3.152.000,-
8. Perawatan mesin	Rp 3.000.000,-
9. SIUP	Rp 250.000,-
10. Perpanjangan SIUP	
	<hr/>
Jumlah biaya tetap ( <i>fixed cost</i> )	Rp 150.706.000,-
IV. Biaya tidak tetap ( <i>variable cost</i> ):	Rp 780.000.000,-
1. Solar 30.000 l x 4 trip x Rp 6.500	Rp 10.000.000,-
2. Oli 100 l x 4 trip x Rp 25.000	Rp 9.600.000,-
3. Minyak tanah 800l x 4 trip x Rp 3.000	Rp 18.000.000,-
4. Es balok 30 ton x 4 trip x Rp 150.000	Rp 80.000.000,-
5. Konsumsi ABK x 4 trip x 20.000.000	Rp 37.023.000,-
6. Retribusi 3% x Rp Rp 1.234.102.000	Rp 24.000.000,-
7. Garam 20 ton x 4 trip x Rp 300.000	Rp 5.636.000,-
8. Perlengkapan lainnya	
	<hr/>
Jumlah biaya tidak tetap	Rp 964.259.000,-

**• Analisa Pendapatan Usaha**

Total penerimaan (TR)	Rp 1.234.102.000,-
Total biaya (TC)	Rp1.114.965.000,-
Keuntungan	Rp 119.137.000,-
R/C	1,1068
<i>Payback period</i>	8,6989

• Analisis usaha perikanan *purse seine* di PPN Pekalongan

Contoh perhitungan pada kapal Jawa Makmur

Ukuran kapal (p x l x d)	: (27,5 x 8 x 3,87) meter
Jumlah tenaga kerja	: 30 orang
Jumlah hari operasi per trip	: 75 hari
Jumlah trip	: 4 trip/tahun

J. Investasi:

1. Kapal (umur ekonomis: 10 tahun)	Rp664.000.000,-
2. Mesin (umur ekonomis: 8 tahun)	Rp152.000.000,-
3. Alat tangkap (umur ekonomis: 8 tahun)	Rp 185.000.000,-
4. Perlengkapan (umur ekonomis: 5 tahun)	Rp 35.365.000,-
Jumlah Investasi	<u>Rp 1.036.365.000,-</u>

Penerimaan (*Revenue*): 243,74

1. Ikan segar (15.000 kg x Rp 7.000)	Rp 105.000.000,-
2. Ikan diasinkan (45.935 kg x Rp 4.430)	Rp 203.525.500,-
Jumlah penerimaan	<u>Rp 308.525.500,-</u>

Biaya Tetap (*fixed cost*):

1. Penyusutan kapal	Rp 66.400.000,-
2. Penyusutan mesin	Rp 19.000.000,-
3. Penyusutan alat tangkap	Rp 18.500.000,-
4. Penyusutan lampu	Rp 20.000.000,-
5. Penyusutan perlengkapan lainnya	Rp 7.073.000,-
6. Perawatan kapal	Rp 9.331.000,-
7. Perawatan alat tangkap	Rp 4.000.000,-
8. Perawatan mesin	Rp 3.152.000,-
9. SIUP	Rp 3.000.000,-
10. Perpanjangan SIUP	Rp 250.000,-
Jumlah biaya tetap ( <i>fixed cost</i> )	<u>Rp 150.706.000,-</u>

Biaya tidak tetap (*variable cost*):

1. Biodiesel 30.000 l x 4 trip x Rp 5.000	Rp 600.000.000,-
2. Oli 100 l x 4 trip x Rp 25.000	Rp 10.000.000,-
3. Minyak tanah 800l x 4 trip x Rp 3.000	Rp 9.600.000,-
4. Es balok 30 ton x 4 trip x Rp 150.000	Rp 18.000.000,-
5. Konsumsi ABK x 4 trip x 20.000.000	Rp 80.000.000,-
6. Retribusi 3% x Rp Rp 1.234.102.000	Rp 37.023.000,-
7. Garam 20 ton x 4 trip x Rp 300.000	Rp 24.000.000,-
8. Perlengkapan lainnya	Rp 5.636.000,-
Jumlah biaya tidak tetap	<u>Rp 784.259.000,-</u>

### **Analisa Pendapatan Usaha**

Total penerimaan (TR)	Rp 1.234.102.000,-
Total biaya (TC)	Rp 934.965.000,-
Keuntungan	Rp 299.137.000,-
R/C	1,3199
<i>Payback period</i>	3,4645

Hasil penjabaran dan contoh perhitungan analisa ekonomi bila pada biaya tidak tetap salah satu faktor berupa bahan bakar dikonversi maka nelayan yang mengoperasikan alat tangkap purse seine menggunakan bahan bakar biodiesel didapatkan keuntungan sebesar Rp 299.137.000,- .Untuk nilai R/C sebesar 1,3199, payback periode sebesar 3,4645 per tahun, jauh lebih menguntungkan dibandingkan menggunakan bahan bakar solar keuntungan yang didapatkan Rp 119.137.000,-. Untuk nilai R/C sebesar 1,1068, payback periode sebesar 8,6989 per tahun.

Jadi pemanfaatan bahan bakar biodiesel dari proses pencampuran minyak goreng bekas dan solar direkomendasikan kepada nelayan,dari hasil simulasi perhitungan sampel kegiatan operasional kapal tangkap purse seine.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa:

1. Konsentrasi yang tepat pada biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar berada di nilai 5%, 10%, 15% dibuktikan dengan nilai karakteristik biodiesel dari pencampuran 5%, 10%, 15% (lihat Tabel 24, 25, 26) yang dilakukan sesuai standar prosedur SNI biodiesel (Kep Dirjen EBTKE No.723 K/DJE/2013). Rekomendasi pemanfaatan biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar adalah 10%. Disebabkan pada konsentrasi ini menghasilkan nilai torsi, daya poros, konsumsi spesifik, opasitas yang diharapkan dan pada putaran tinggi yang diwakili rpm 1100 untuk penggunaan pada mesin diesel kapal perikanan.
2. Nilai dari hasil uji *performance* biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar pada konsentrasi 5%, 10%, 15% (lihat Tabel 28, 29, 30, 31). Direkomendasikan penggunaan biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar pada konsentrasi 10%, sebab dihasilkan nilai torsi, daya poros, konsumsi spesifik, opasitas yang diharapkan dan pada putaran tinggi yang diwakili rpm 1100 untuk penggunaan pada mesin diesel kapal perikanan.
3. Didapatkan hasil hipotesis menurut hasil penelitian dan hasil analisa uji ANOVA dan uji beda nyata terkecil (BNT)  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak sebab  $F_{hitung} < F_{tabel}$ .

## 5.2 Saran

Pada penelitian ini penulis juga menyadari masih memiliki banyak kekurangan akibat terkendala peralatan yang digunakan untuk penelitian dan biaya dalam proses penelitian.

Penggunaan bahan bakar biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar perlu dilakukan pengkajian lebih dalam dari proses pembuatan biodiesel terutama penyaringan agar didapatkan produk biodiesel sesuai standar nasional Indonesia (SNI No.723 Kep Dirjen EBTKE K/DJE/2013). Direkomendasikan biodiesel dari pencampuran minyak goreng bekas dan solar sebab biodiesel termasuk bahan bakar terbarukan yang mampu mengurangi bahkan menggantikan bahan bakar fosil untuk ke depannya yang mampu menjamin keberlangsungan perikanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Riswan. 2011. *Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Metil Asetat Sebagai Pensuplai Gugus Metil*. Paper. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Arikunto, Suharsimi. 2010. *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ayodyoa, 1972. *Kapal Perikanan*. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ayodhyoa AU. 1981. *Metode Penangkapan Ikan*. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 81 hal.
- Aziz, Islami. 2011. *Uji Performance Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas*. Artikel. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Aziz, Islami, Nurbayati, Siti., Badrul Ulum. 2011. *Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Jurnal Valensi Vol. 2 No.2 , hal.443-448.
- Bismo, Setijo, Linda, Sofia Loren Butarbutar. 2005. *Sintesis Biodiesel Dengan Teknik Ozonasi: Investigasi Produk Ozonida Etil-Ester Minyak Kelapa dan Minyak Kelapa*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia Vol.4 No.2 Agustus 2005 : 197 – 204.
- Boedoyo, Sidik M. 2011. *Teknologi Proses Pencampuran Biodiesel dan Minyak Solar di Indonesia*. Jurnal Prospek Pengembangan Bio-fuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak.
- Boentaro. 2000. *Mengatasi Kerusakan Mesin Diesel*. Jakarta: Penerbit Puspa Swara.
- Boyd, Mike. *Biodiesel in British Columbia Feasibility Study Report*. <http://scribd.com> diakses pada tanggal 1 Februari 2016.
- Dahuri R., Rais Y., Putra S.,G., Sitepu, M.J., 2001. *Pengelolaan Sumber daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Darnoko, D and Cheryan, M, 2000, *Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor*, J. Am.Oil Chem.Soc., 77, 1263 -1267.
- Hardjono, A. 2001. *Teknologi Minyak Bumi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haryono, Fairus, Sirin, Yavita Sari, Ika Rakhmawati. 2010. *Pengolahan Minyak Goreng Kelapa Sawit Bekas menjadi Biodiesel. Studi Kasus: Minyak Goreng Bekas dari KFC Dago Bandung*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia ISSN 1693 – 4393.

- Havendri, Adly. 2008. *Kaji Eksperimental Perbandingan Prestasi Dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Bahan Bakar Campuran Solar Dengan Biodiesel CPO, Minyak Jarak Dan Minyak Kelapa*. Jurnal No. 29 Vol. 1 Thn XV April 2008.
- Istijanto. 2005. *Aplikasi Praktis Riset Pemasaran*. Penerbit: PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Kementrian ESDM. 2016. *Buku Informasi Bioenergi*. Penerbit : Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. Jakarta.
- Khoiroh, Marentyas Miftakhul. 2013. *Estimasi Permintaan Bahan Bakar Minyak Bersubsidi dan Bahan Bakar Khusus Non Subsidi di Indonesia Beserta Dampak Konsumsi Terhadap Pembentukan Emisi Karbon*. Tesis. Universitas Indonesia Depok.
- Jaedun, A. 2011. *Metodologi Penelitian Eksperimen*. Makalah. Fakultas Teknik. UNY : Yogyakarta.
- Mariana, Rina Rifqie dan Subandi. 2010. *Pemetaan Potensi Kota Malang Sebagai Pemasok Minyak Goreng Bekas Untuk Produksi Biodiesel*. Jurnal Teknologi dan Kejuruan, Vol. 33, No. 2, hal: 193 – 200.
- Marno, Septian . “*Interesterifikasi minyak kelapa sawit dengan metil asetat menggunakan biokatalis untuk memproduksi biodiesel*”, Skripsi, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok 2008.
- Nurul Hikmah ,Maharani . Zuliyana . 2010 . *Pembuatan metil ester (biodiesel) dari minyak dedak dan metanol dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi* . Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang
- Nasikin, M, Rita Arbianti, Abdul Aziz. 2002. *Padatif Peningkat Angka Setana Bahan Bakar Solar Yang Disintesis Dari Minyak Kelapa*. Makara, Teknologi. Vol. 6 No. 2
- Nomura, M., & Yamazaki, T. (1977). *Fishing Techniques* . tokyo: Japan International Cooperation Agency
- Ruhyat, N., Firdaus, A., 2006, *Analisis Pemilihan Bahan Baku Biodiesel di DKI Jakarta*. Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Sembiring Tryana, Meilita. 2015. *Model Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Sawit Untuk Memprediksi Harga Jual dan Besaran Subsidi*. Jurusan Agroekonomi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Setiawati, Evy, Edwar, Fatmir. 2012. *Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Teknik Mikrofiltrasi Dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel*. Jurnal Riset Industri Vol. VI No. 2, 2012, Hal. 117-127

- Setyadji, Moch dan Endang Susiantini. 2007. Pengaruh Penambahan Biodiesel dari Minyak jelantah
- Soegoto, E.S. 2008. *Marketing Research*. PT Argomedia Pustaka. Jakarta Selatan
- Standar Nasional Indonesia (SNI) Biodiesel. 04-7182-2006
- Sudik. 2013. *Perbandingan Performa dan Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Satu Silinder dengan Variasi Tekanan Injeksi Bahan Bakar dan Variasi Campuran Bahan Bakar Solar, Minyak Kelapa dan Minyak Kemiri*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Sudirman & Malawa, 2004. *Teknik Penangkapan Ikan*. Jakarta : PT RINEKA CIPTA
- Suharto, R. 2011. *Pengaruh Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Negeri Semarang.
- Sulaeman H, Fardiansyah. 2011. *Pengaruh Penambahan Aditif ABD – 01 Solar Ke Dalam Minyak Solar Terhadap Kinerja Mesin Diesel*. Jurnal Mesin. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Susilo, Bambang. 2006. *Uji Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Untuk Bahan Bakar Mesin Diesel*. Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 7 No. 1 (April 2006) 46-51.
- Suwarsono, WP., Gani, I.Y, dan Kusyanto, 2008. *Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Ketapang yang Berasal dari Pohon Ketapang Yang Tumbuh di Kapus UI Depok*. Valensi, vol.1, no.2, 44 -52.
- Ulfin, N. 2004. *Pengaruh Limbah Industri Penyamakan Kulit Terhadap Kadar Kromium dalam Tanaman Jahe*. Skripsi. UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Vebriasandi, Ega. 2010. *Engine*. SMK Kartanegara Wates Kab. Kediri.
- Wijaya, Karna. 2011. *Mengaktualkan Kembali Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel*. PSE – UGM
- Wiratmaja, I Gede. 2010. *Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 4 No. (1). (16-25)

## LAMPIRAN

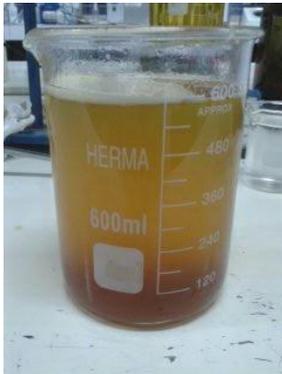
### Lampiran 1. Dokumentasi Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah



**Tahap 1.** Minyak jelantah yang sudah diberi KOH dan methanol dipanaskan dengan suhu 50°C selama 1 jam



**Tahap 2.** Setelah 1 jam minyak mulai berubah warna



**Tahap 3.** Terbentuk endapan gliserol (bawah) dan metil ester (biodiesel) setelah didiamkan



**Tahap 4.** Pemisahan gliserol dengan metil ester



**Tahap 6.** Metil ester (biodiesel) diberi air 500ml dan cuka 1 tetes, lalu dikocok sampai berbusa.



**Tahap 7.** Setelah didiamkan 24 jam didiamkan, terbentuk lapisan sabun (bawah) dan biodiesel (atas)



**Tahap 8.** Biodiesel lalu dipanaskan sampai suhu 90°C untuk menguapkan methanol



**Tahap 9.** Biodiesel dipanaskan lagi selama 30 menit untuk mengurangi kadar air



**Tahap 10.** Produk akhir (biodiesel murni)

Lampiran 2. Dokumentasi Uji *Performance* terhadap Mesin DieselPengukuran RPM  
(900,1000,1100)

Uji Opasitas (900,1000,1100 RPM)



Uji Opasitas (900,1000,1100 RPM)



Alat Ukur RPM

## Lampiran 3. Hasil Uji BNT

**Uji BNT(5%) pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM****1. Torsi****One-way ANOVA: Torsi versus Kategori**

Analysis of Variance

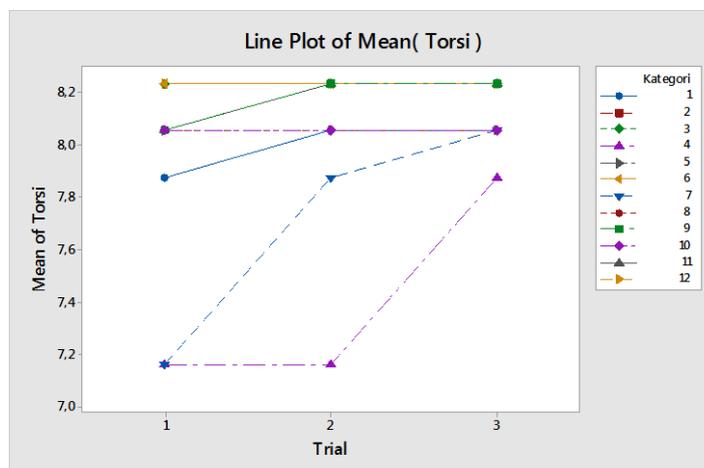
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kategori	11	2,0960	0,19055	5,22	0,000
Error	24	0,8758	0,03649		
Total	35	2,9718			

**Fisher Pairwise Comparisons**

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Kategori	N	Mean	Grouping
12	3	8,234	A
6	3	8,234	A
3	3	8,234	A
11	3	8,1743	A
9	3	8,1743	A
2	3	8,1743	A
10	3	8,055	A
8	3	8,055	A
5	3	8,055	A
1	3	7,9953	A B
7	3	7,697	B C
4	3	7,399	C

Means that do not share a letter are significantly different.



## 2. Daya Poros pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

### One-way ANOVA: Daya Poros versus Kategori

Analysis of Variance

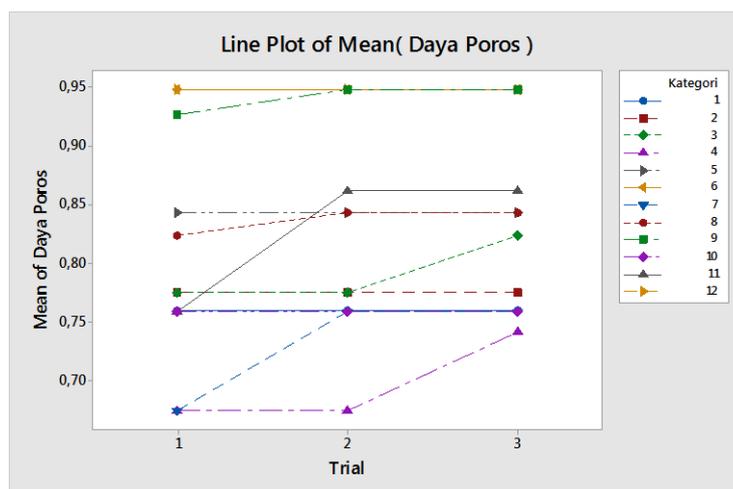
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kategori	11	0,24615	0,022378	31,77	0,000
Error	24	0,01690	0,000704		
Total	35	0,26306			

### Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Kategori	N	Mean	Grouping
12	3	0,9480	A
6	3	0,9480	A
9	3	0,94100	A
5	3	0,8430	B
8	3	0,83667	B
11	3	0,8267	B C
3	3	0,7913	C D
2	3	0,7750	D
1	3	0,7590	D E
10	3	0,7580	D E
7	3	0,7300	E F
4	3	0,6963	F

Means that do not share a letter are significantly different.



## 3. Konsumsi pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

### One-way ANOVA: Konsumsi versus Kategori

Analysis of Variance

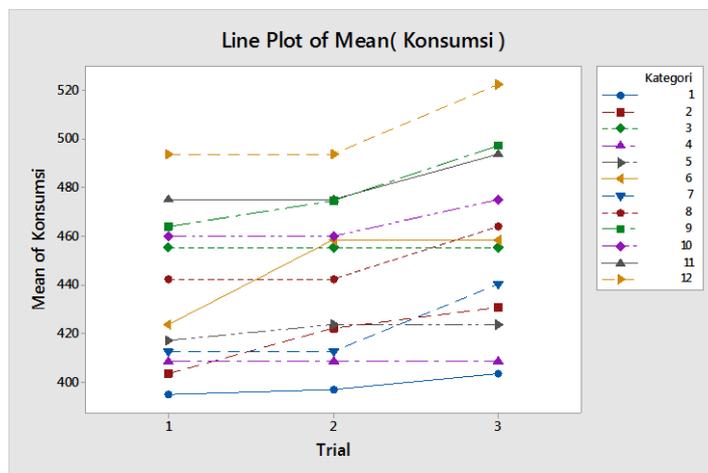
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kategori	11	35047	3186,1	21,13	0,000
Error	24	3619	150,8		
Total	35	38666			

**Fisher Pairwise Comparisons**

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Kategori	N	Mean	Grouping
12	3	503,25	A
11	3	481,18	B
9	3	478,44	B
10	3	464,93	B C
3	3	455,5	C
8	3	449,23	C
6	3	446,8	C
7	3	421,64	D
5	3	421,32	D
2	3	418,64	D E
4	3	408,2	D E
1	3	398,27	E

Means that do not share a letter are significantly different.



**4. Opasitas pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM**

**One-way ANOVA: Opasitas versus Kategori**

Analysis of Variance

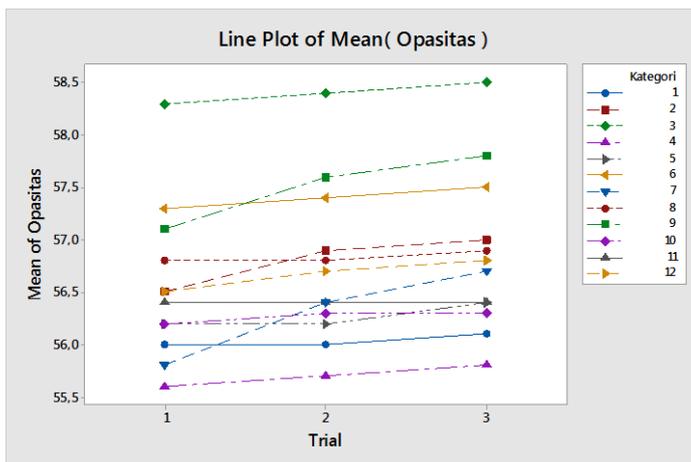
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kategori	11	18,3497	1,66816	41,13	0,000
Error	24	0,9733	0,04056		
Total	35	19,3231			

### Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Kategori	N	Mean	Grouping
3	3	58,4000	A
9	3	57,500	B
6	3	57,4000	B
8	3	56,8333	C
2	3	56,800	C
12	3	56,6667	C D
11	3	56,40	D E
7	3	56,300	E F
10	3	56,2667	E F
5	3	56,2667	E F
1	3	56,0333	F G
4	3	55,7000	G

Means that do not share a letter are significantly different.



Lampiran 4. Uji ANOVA Pada Kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

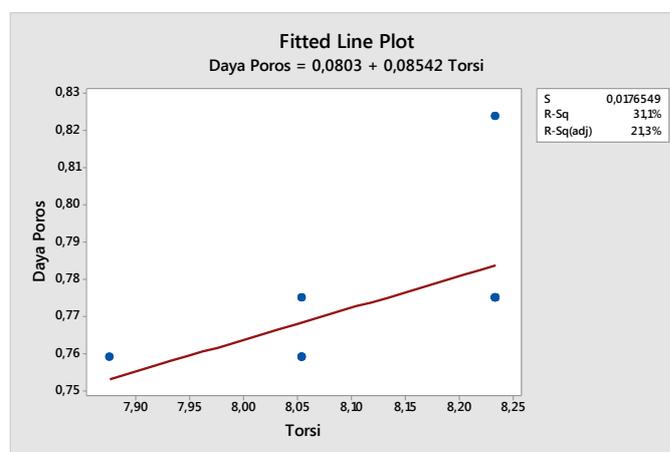
### UJI ANOVA pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

#### 1. Torsi terhadap Daya

##### 1.1. Solar

Analysis of Variance

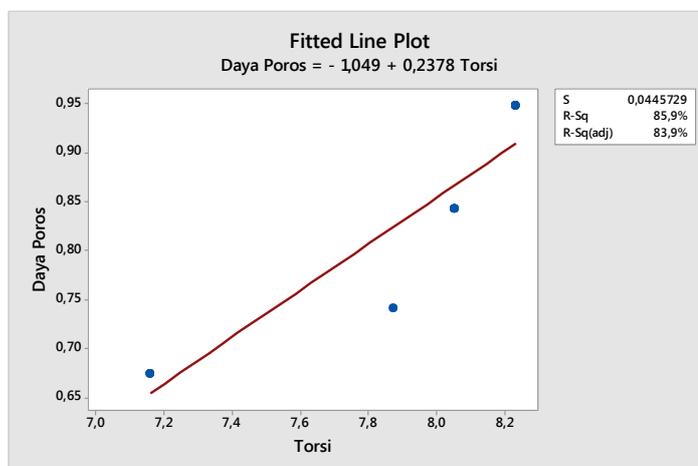
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,0009870	0,0009870	3,17	0,118
Error	7	0,0021819	0,0003117		
Total	8	0,0031689			



##### 1.2. Biodiesel 5% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

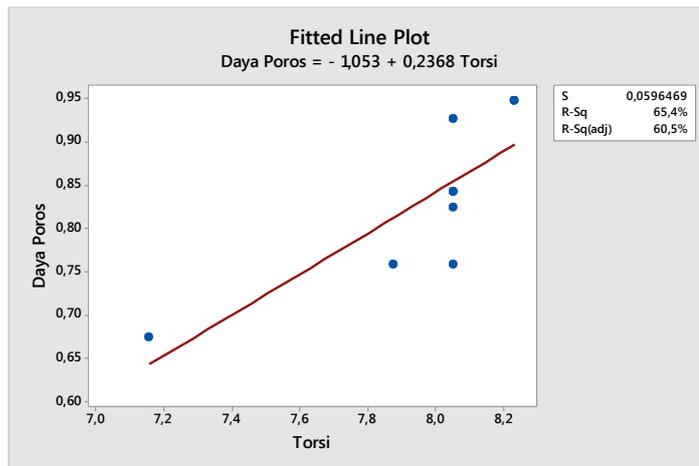
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,0849577	0,0849577	42,76	0,000
Error	7	0,0139072	0,0019867		
Total	8	0,0988649			



### 1.3. Biodiesel 10% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

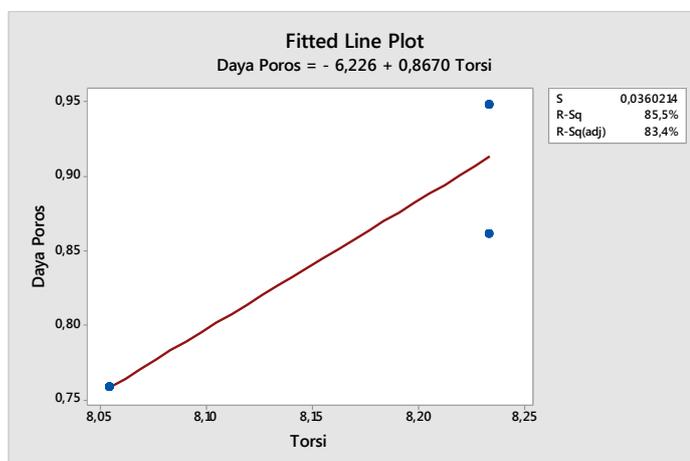
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,0471187	0,0471187	13,24	0,008
Error	7	0,0249042	0,0035577		
Total	8	0,0720229			



### 1.4. Biodiesel 15% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,0535268	0,0535268	41,25	0,000
Error	7	0,0090828	0,0012975		
Total	8	0,0626096			

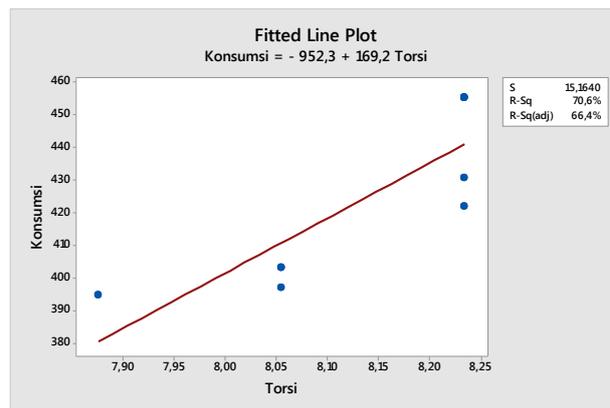


## 2. Torsi Terhadap Konsumsi pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

### 2.1. Solar

Analysis of Variance

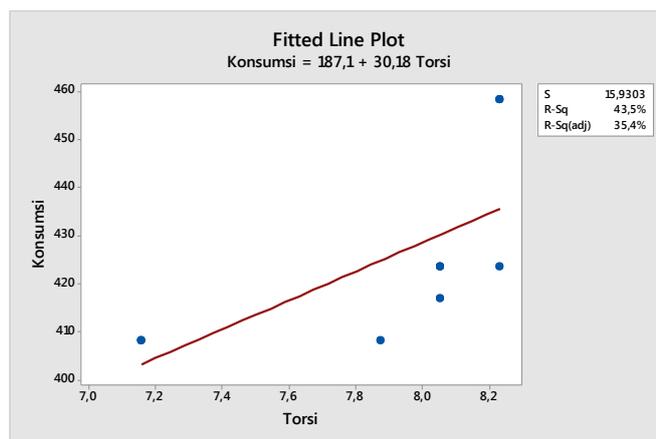
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	3873,08	3873,08	16,84	0,005
Error	7	1609,63	229,95		
Total	8	5482,72			



### 2.2. Biodiesel 5% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1368,65	1368,65	5,39	0,05
Error	7	1776,42	253,77		
Total	8	3145,07			

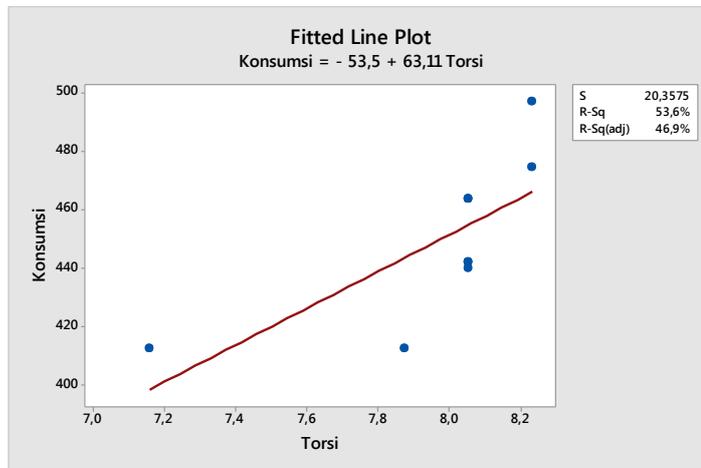


### 2.3. Biodiesel 10% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
--------	----	----	----	---	---

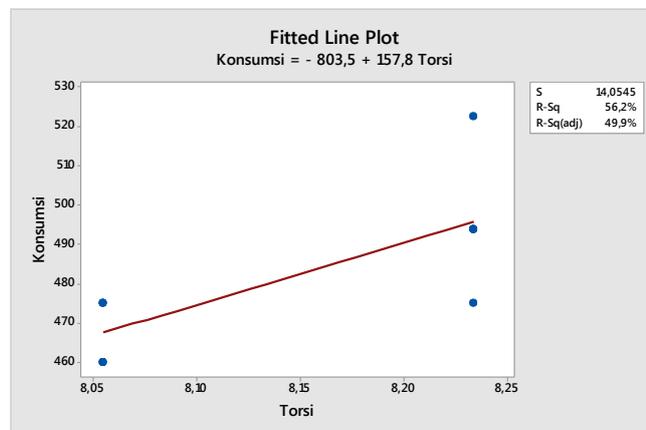
Regression	1	3346,23	3346,23	8,07	0,025
Error	7	2900,99	414,43		
Total	8	6247,22			



## 2.4. Biodiesel 15% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1772,47	1772,47	8,97	0,020
Error	7	1382,71	197,53		
Total	8	3155,18			

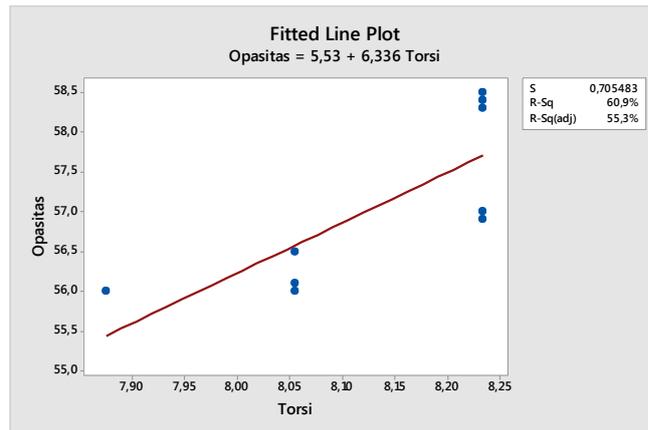


## 3. Torsi Terhadap Opasitas pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

### 3.1. Solar pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

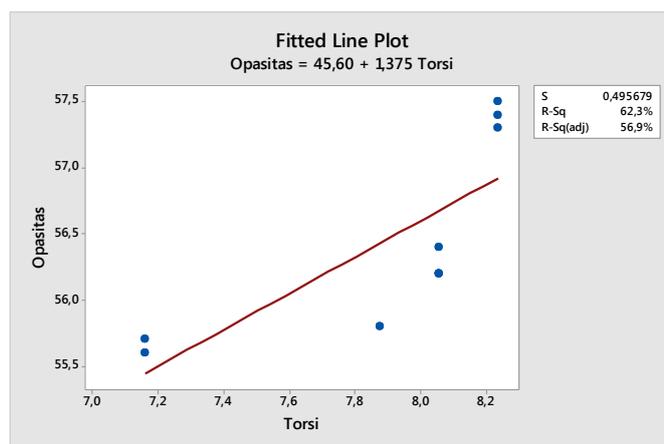
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	5,43161	5,43161	10,91	0,013
Error	7	3,48395	0,49771		
Total	8	8,91556			



### 3.2. Biodiesel 5% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

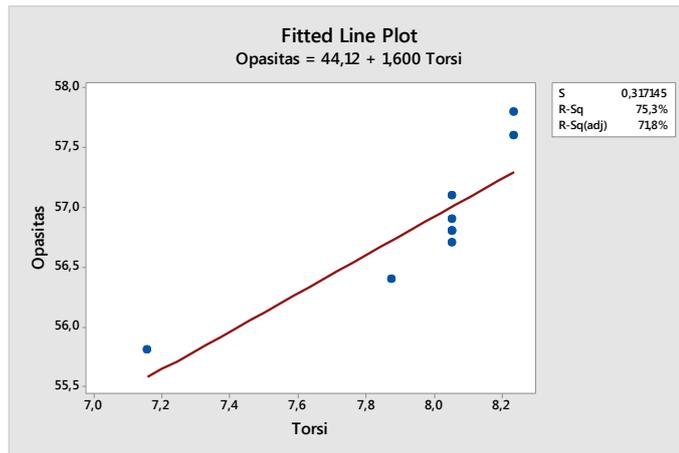
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2,84234	2,84234	11,57	0,011
Error	7	1,71988	0,24570		
Total	8	4,56222			



### 3.3. Biodiesel 10% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

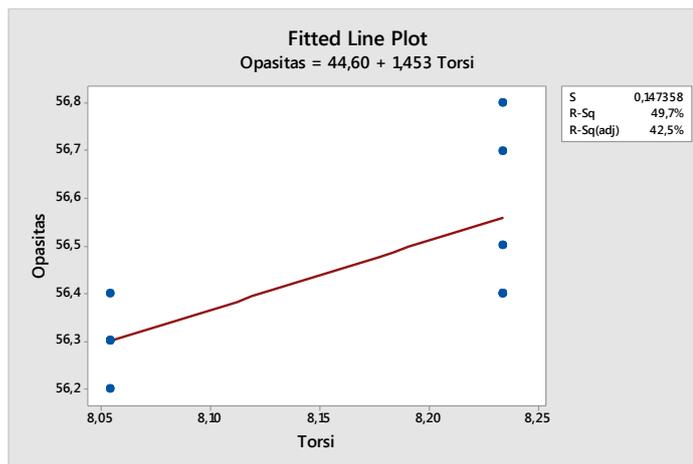
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2,15149	2,15149	21,39	0,002
Error	7	0,70407	0,10058		
Total	8	2,85556			



### 3.4. Biodiesel 15% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,150222	0,150222	6,92	0,034
Error	7	0,152000	0,021714		
Total	8	0,302222			

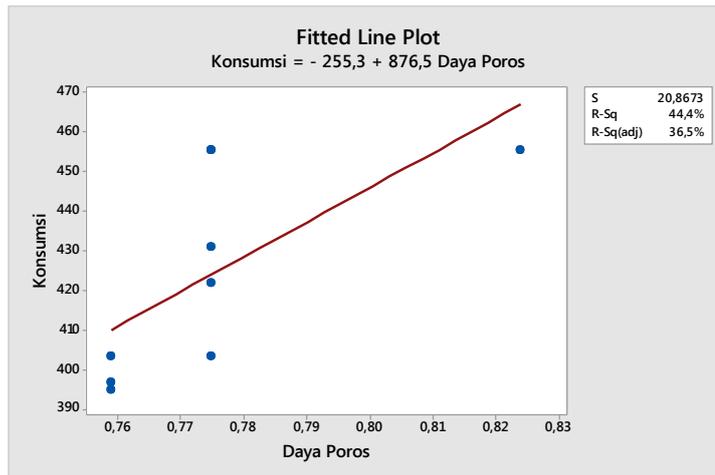


## 4. Daya Poros terhadap Konsumsi pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

### 4.1. Solar pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

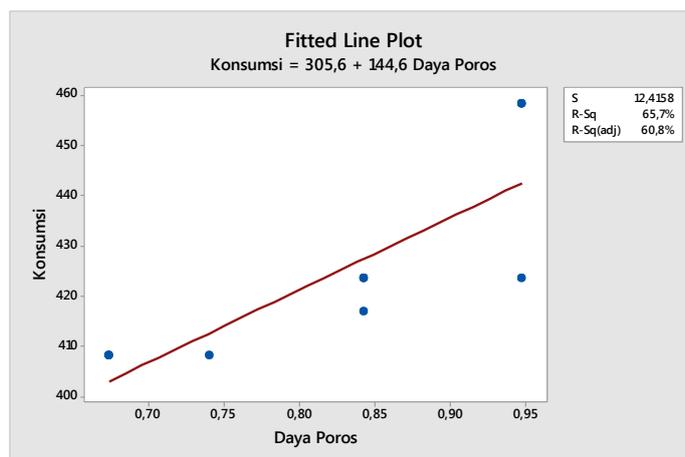
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2434,61	2434,61	5,59	0,050
Error	7	3048,10	435,44		
Total	8	5482,7			



#### 4.2. Biodiesel 5% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

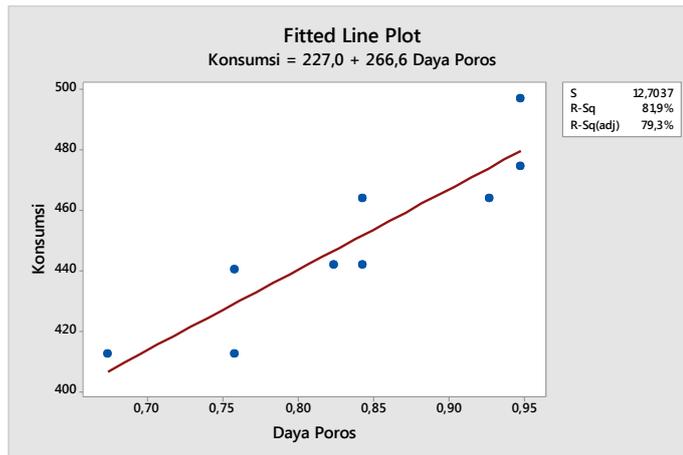
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2066,00	2066,00	13,40	0,008
Error	7	1079,07	154,15		
Total	8	3145,07			



#### 4.3. Biodiesel 10% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

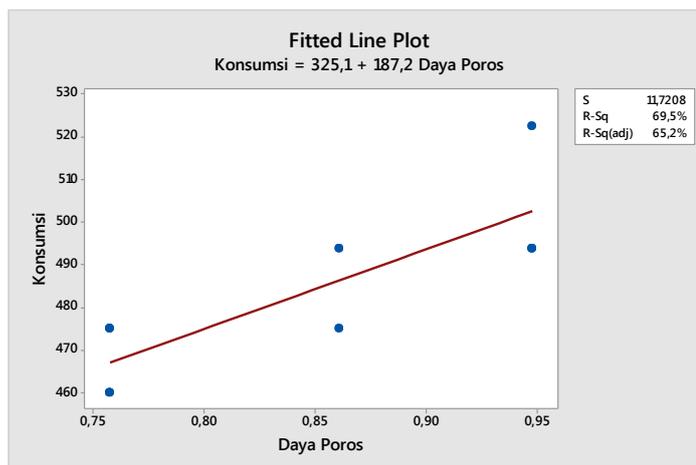
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	5117,53	5117,53	31,71	0,001
Error	7	1129,69	161,38		
Total	8	6247,22			



#### 4.4. Biodiesel 15% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2193,54	2193,54	15,97	0,005
Error	7	961,63	137,38		
Total	8	3155,18			

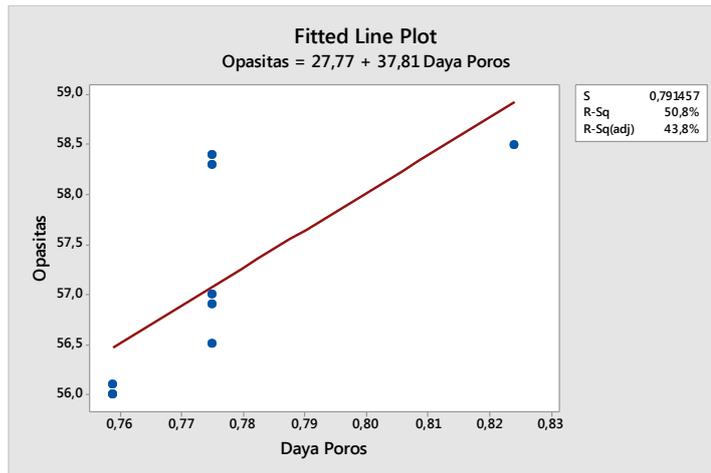


#### 5. Daya terhadap Opasitas pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

##### 5.1. Solar pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

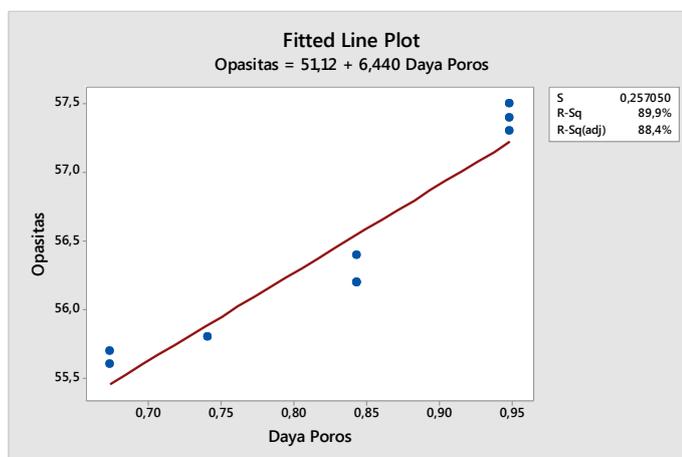
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	4,53073	4,53073	7,23	0,031
Error	7	4,38483	0,62640		
Total	8	8,91556			



### 5.2. Biodiesel 5% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

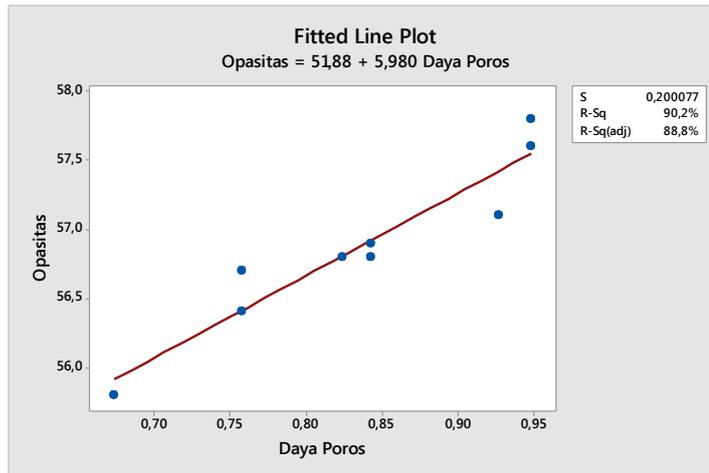
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	4,09970	4,09970	62,05	0,000
Error	7	0,46252	0,06607		
Total	8	4,56222			



### 5.3. Biodiesel 10% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

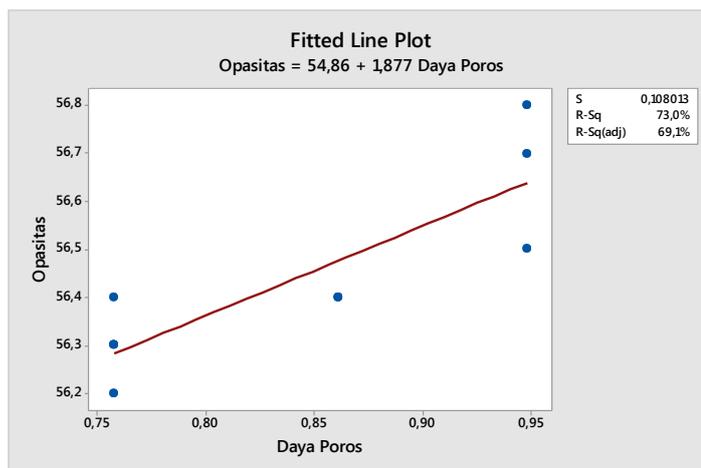
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2,57534	2,57534	64,33	0,000
Error	7	0,28022	0,04003		
Total	8	2,85556			



#### 5.4. Biodiesel 15% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,220555	0,220555	18,90	0,003
Error	7	0,081667	0,011667		
Total	8	0,302222			

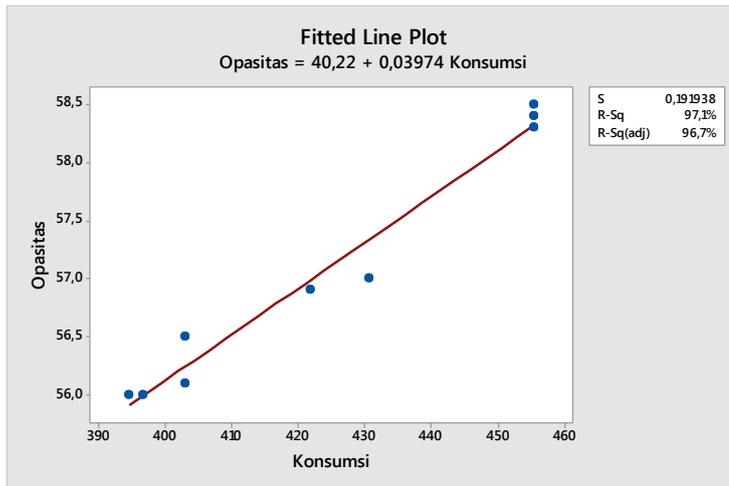


#### 6. Konsumsi terhadap Opasitas pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

##### 6.1. Solar pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

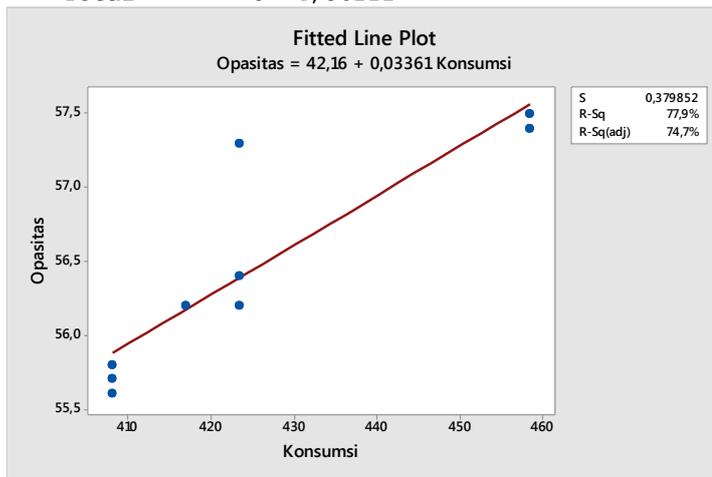
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	8,65768	8,65768	235,01	0,000
Error	7	0,25788	0,03684		
Total	8	8,91556			



**6.2. Biodiesel 5% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM**

Analysis of Variance

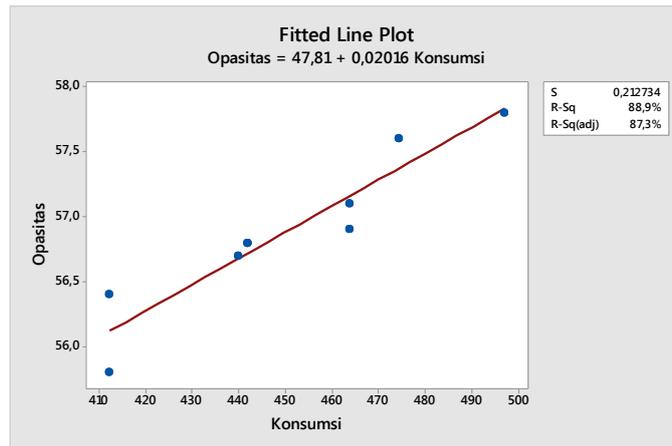
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	3,55221	3,55221	24,62	0,002
Error	7	1,01002	0,14429		
Total	8	4,56222			



**6.3. Biodiesel 10% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM**

Analysis of Variance

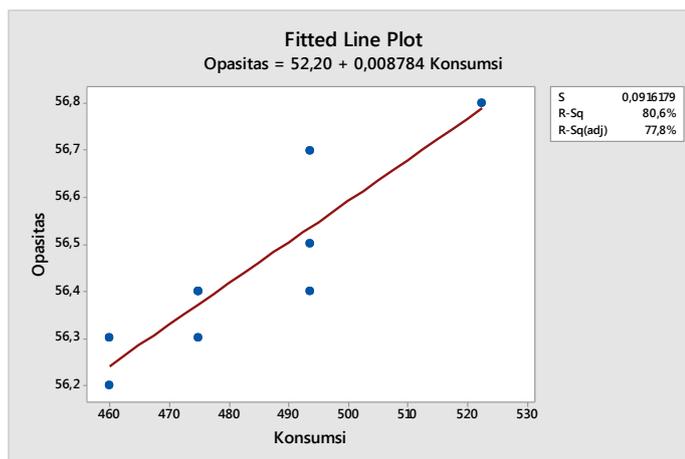
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2,53877	2,53877	56,10	0,000
Error	7	0,31679	0,04526		
Total	8	2,85556			



#### 6.4. Biodiesel 15% pada kecepatan putar 900 RPM, 1000 RPM, 1100 RPM

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0,243465	0,243465	29,01	0,001
Error	7	0,058757	0,008394		
Total	8	0,302222			



## Lampiran 5. Hasil Uji Biodiesel



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN**  
**LABORATORIUM MOTOR BAKAR**  
 Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.1222  
 Cel\_mesinUB@yahoo.co.id



**DATA HASIL PENGUJIAN :**

No	Parameter	Minyak Goreng Jelantah 100 %	Solar 95 % Minyak Goreng Jelantah 5 %	Solar 90 % Minyak Goreng Jelantah 10 %	Solar 85 % Minyak Goreng Jelantah 15 %
1	Viscositas ( cst )	11.394	6.379	7.100	7.559
2	Massa Jenis ( gr / ml )	0.876	0.849	0.852	0.856
3	Flash Point ( °C )	178	68	72	78
4	Nilai Kalor ( Calori / gram )	8952.242	10488.718	10.367.315	103017.432



## Lampiran 6. Surat Keterangan Laboratorium

	<b>KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI</b> <b>UNIVERSITAS BRAWIJAYA</b> <b>FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN</b> <b>LABORATORIUM MOTOR BAKAR</b> Jl. Mayjen Haryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.1222 Cel_mesinUB@yahoo.co.id							
<b>SURAT KETERANGAN</b> No : 011/VI/Lab MB/2016								
Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa :								
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">No.</th> <th style="text-align: center;">Nama</th> <th style="text-align: center;">NIM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1.</td> <td style="text-align: center;">Taufiq Hidayat</td> <td style="text-align: center;">115080201111008</td> </tr> </tbody> </table>			No.	Nama	NIM	1.	Taufiq Hidayat	115080201111008
No.	Nama	NIM						
1.	Taufiq Hidayat	115080201111008						
dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.								
Telah melakukan Penelitian dalam rangka penyelesaian <b>Tugas Akhir / Skripsi</b> yang dilaksanakan pada tanggal 01 – 15 Juni 2016 di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.								
Demikian surat keterangan yang kami buat supaya digunakan sebaik-baiknya.								
Malang, 15 Juni 2016 Mengetahui, Kepala Lab. Motor Bakar								
								
<b><u>Dr. Enk. Misa Nur Sasongko, ST., MT</u></b> NIP. 19740930 200012 1 001								

## Lampiran 7. Abstrak Seminar Nasional

B-09

**PENGARUH PEMANFAATAN BIODIESEL DARI PENCAMPURAN MINYAK  
GORENG BEKAS DENGAN BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP KINERJA  
MESIN DIESEL**

**T. Hidayat<sup>1</sup>, A. Jauhari<sup>1</sup>, Ali Muntaha<sup>1</sup>, D.G.R. Wiadnya<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – Universitas Brawijaya  
Jl. Veteran 65145 Malang ([www.ub.ac.id](http://www.ub.ac.id))  
Kontak E-mail: [taufik69hidayat@gmail.com](mailto:taufik69hidayat@gmail.com)

**ABSTRAK**

Kapal perikanan umumnya menggunakan Mesin diesel dengan BBM fossil fuel kategori solar. Cadangan BBM dari fosil ini mulai menipis membuat munculnya berbagai macam energi alternatif. Salah satunya adalah energi terbarukan biodiesel dengan bahan baku minyak goreng bekas yang dihasilkan melalui proses trans-esterifikasi (KOH 1,8 g dilarutkan dalam 100 ml methanol, dicampurkan pada 500 minyak goreng bekas). Uji perfoma mesin diesel dilakukan terhadap pencampuran solar dengan biodiesel minyak goreng bekas untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja mesin. Sebagai perlakuan ialah konsentrasi bio-fuel: 5%, 10%, dan 15%, dibandingkan dengan kontrol tanpa bio-fuel. Pengujian dilakukan pada mesin hidup selama 60 menit. Parameter uji ialah: torsi, daya poros, konsumsi bahan bakar, dan opasitas. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan bio-fuel tidak berpengaruh nyata ( $\alpha > 0,05$ ) terhadap kinerja mesin. Pada perlakuan konsentrasi bio-fuel 15% menyebabkan konsumsi bahan bakar 10% lebih tinggi ( $\alpha < 0,05$ ). Hal ini diduga karena titik nyala dari solar lebih rendah dengan kandungan energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bio-fuel. Penambahan sumber bahan bakar mesin diesel dari bio-fuel yang berasal dari minyak goreng bekas pada konsentrasi 10% menghasilkan kinerja mesin yang sama. Namun pengujian hanya dilakukan pada kinerja mesin selama 60 menit. Penelitian selanjutnya harus dilakukan pada perlakuan waktu yang lebih lama mengingat umur mesin yang relatif lama (> 10 tahun).

Kata kunci: bio-diesel, mesin diesel, minyak goreng bekas

## Lampiran 8. Sertifikat Seminar Nasional

