

SAINS TEKNOLOGI DAN REKAYASA

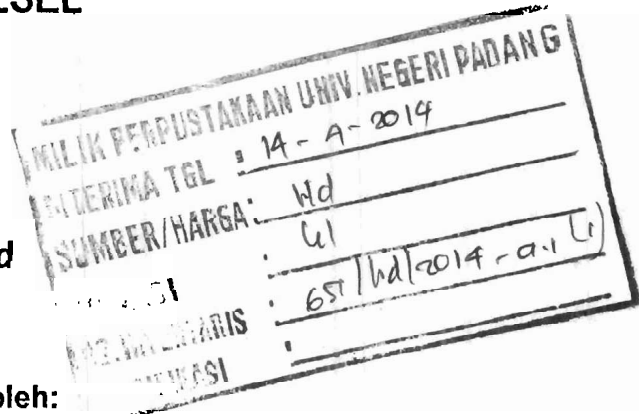
LAPORAN PENELITIAN DOSEN PEMULA



**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN BAKAR
BIODIESEL TERHADAP KOMSUMSI
BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG
PADA MOTOR DIESEL**

Oleh:

Drs. Martias, M. Pd



Penelitian ini dibiayai oleh:
Dana DIPA Universitas Negeri Padang
Surat Perjanjian Kontrak Nomor: 451/H35/KP/2011
Tanggal 9 Desember 2011

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
TAHUN 2012**

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Analisis Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel
2. Bidang Penelitian : Sains Teknologi dan Rekayasa
3. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Drs. Martias, M.Pd
 - b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
 - c. NIP : 19640801199203 1 003
 - d. Disiplin Ilmu : Teknik Otomotif
 - e. Pangkat/Golongan : Penata Tingkat I, III/d
 - f. Jabatan : Lektor
 - g. Fakultas/Jurusan : Fakultas Teknik / Jurusan Teknik Otomotif
 - h. Alamat : Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Sumatera Barat.
 - i. Telepon / email : 0751 7055644 / otomotif@ft.unp.ac.id
 - j. Alamat Rumah : Komp. Khaira Ummah RT 04 RW02 Kel. Koto Panjang Ikuwa Koto Padang Sumatera Barat
 - k. Telepon / email : 081363308705/ Martias@ft.unp.ac.id
4. Jumlah Anggota Peneliti
Nama Anggota : -
5. Lokasi Penelitian : Kampus Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Sumatera Barat.
6. Lama Penelitian : 6 (Enam) Bulan
7. Jumlah biaya penelitian : Rp. 7.500.000,00
Terbilang : *Tujuh juta lima ratus ribu rupiah*

Mengetahui:
Pembimbing Penelitian

Dr. Ambiyar, M. Pd
NIP. 195502131981031003

Padang, 28 November 2012
Ketua Peneliti

Drs. Martias, M. Pd
NIP. 19640801199203 1 003



PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Pimpinan Universitas, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang **Analisis Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel**, berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Negeri Padang Nomor: 451/H35/KP/2011 Tanggal 9 Desember 2011.


Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat Universitas. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya dan khususnya peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama kepada pimpinan lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sample penelitian, dan tim pereviu Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Padang yang telah berkenan memberi bantuan pendanaan bagi penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2012
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang



(Dr. Alwen Bentri, M. Pd)
NIP. 19610722 198602 1 002

(Dr. Alwen Bentri, M. Pd)

NIP. 19610722 198602 1 002

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR GRAFIK	vii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Perumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian.....	7
G. Asumsi Penelitian.....	7
BAB II KAJIAN TEORI	8
A. Tinjauan Pustaka.....	8
1. Proses Pembakaran Mesin Diesel.....	8
2. Bahan Bakar Mesin Diesel.....	13
3. Angka Cetana.....	13
4. Biodiesel.....	21
5. Ketebalan Asap Gas Buang.....	27 29
6. Konsumsi Bahan Bakar.....	31
B. Kerangka Konseptual.....	31
C. Hipotesis Penelitian.....	
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
A. Metode Penelitian.....	33
B. Jenis dan Sumber Data.....	33
C. Instrumen Penelitian.....	33
D. Prosedur Penelitian.....	34
E. Variabel Penelitian.....	35
F. Teknik Pengambilan Data.....	36
G. Teknik Analisa Data.....	33

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	42
A. Hasil Penelitian.....	42
1. Data Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.....	42
2. Data Pengujian Ketebalan Asap Gas Buang.....	45
3. Analisis Hasil Penelitian.....	47
B. Pembahasan.....	50
1. Konsumsi Bahan Bakar.....	50
2. Ketebalan Asap Gas Buang.....	53
BAB V PENUTUP.....	57
A. Kesimpulan.....	57
B. Saran.....	58
DAFTAR KEPUSTAKAAN.....	60
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Tekanan dan Posisi Piston pada Mesin Diesel	9
2. Diagram Derajat Engkol dan Tekanan pada Mesin Diesel.....	11
3. Penerapan Standar Emisi EURO untuk Kendaraan Baru di Negara-Negara Asen	28
4. Kerangk Konseptual.....	31
5. Disain Penelitian	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Populasi Kendaraan di Indonesia dari 2007 sampai 2011	1
2. Konsumsi dan Produksi Solar di Indonesia	2
3. Karakteristik solar	18
4. Standart dan Mutu Biodiesel dalam Keputusan Direktur Jenderal Migas Nomor 3675 K/DJM/2008.	21
5. Spesifikasi Biodiesel B20 menurut <i>Engine Manufacturers Association (EMA)</i>	26
6. Standar dan Mutu Biodiesel dalam Keputusan Direktorat Jendral Migas Nomor 3675 K/DJM/2008	28
7. Pengambilan Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	36
8. Pengambilan Data Hasil Pengujian Ketebalan Asap Gas Buang ...	37
9. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	41
10. Data Konsumsi Bahan Bakar Dalam Liter/Jam	44
11. Data Hasil Pengujian Ketebalan Asap Gas Buang	45
12. Hasil Uji Statistik Konsumsi Bahan Bakar Pada Taraf Signifikan 5 %	49
13. Hasil Uji Statistik Ketebalan Asap Buang pada Taraf Signifikan 5 %	50

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
1. Perbedaan Konsumsi Bahan Bakar	44
2. Perbedaan Ketebalan Asap Gas Buang	47
3. Perbedaan Konsumsi Bahan Bakar Solar Dengan Biodiesel (B10 dan B20)	51
4. Perbedaan Konsumsi Bahan Bakar Solar dengan Biodiesel (B10 dan B20)	53

ABSTRAK

Martias : Analisis Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel

Peningkatan jumlah kendaraan yang menggunakan motor diesel dan masih banyak motor diesel yang beroperasi dengan teknologi konvensional akan berimbas terhadap penggunaan bahan bakar yang tinggi, terutama bahan bakar fosil yang merupakan bahan bakar utama kendaraan saat ini, padahal ketersediaan bahan bakar fosil terbatas dan tidak dapat diperbaharui, kemudian masalah lain yang ditimbulkan yaitu akan menyebabkan pencemaran udara, sehingga menurunkan kualitas udara itu sendiri. Untuk itu diperlukan ketersediaan bahan bakar pengganti bahan bakar fosil yang ramah lingkungan sebelum masa kehabisannya tiba, salah satu alternatif adalah dengan menggunakan biodiesel. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada motor diesel.

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen, dengan menggunakan Mobil Isuzu Panter TBR 541 LS MT, tahun 2006, untuk pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan pada putaran mesin 700 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm, sedangkan untuk ketebalan asap buang dilakukan pada saat akselerasi penuh dan pengambilan data dilakukan pada saat kendaraan dalam keadaan tidak berjalan. Adapun sampel bahan bakar yang digunakan yaitu solar, biodiesel B10 kelapa sawit, biodiesel B20 kelapa sawit, biodiesel B10 jarak pagar, biodiesel B20 jarak pagar, biodiesel B10 kelapa dan biodiesel B20 kelapa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan bakar solar lebih irit kemudian biodiesel B10 dan biodiesel B20, dimana nilai perbedaan rata-rata konsumsi bahan bakar solar lebih irit 0,131 *liter/jam* dari biodiesel B10 kelapa, 0,14 *liter/jam* dari biodiesel B10 jarak pagar, 0,163 *liter/jam* dari biodiesel B10 kelapa sawit, 0,541 *liter/jam* dari biodiesel B20 kelapa sawit, 0,577 *liter/jam* dari biodiesel B20 jarak pagar, dan 0,641 *liter/jam* dari biodiesel B20 kelapa. Dari sisi ketebalan asap gas buang, rata-rata perbedaan ketebalan asap gas buang yang dihasilkan oleh biodiesel adalah 0,92% lebih sedikit jika dibandingkan dengan solar. Dimana nilai perbedaan ketebalan asap gas buang solar dengan biodiesel yaitu: 1,05% untuk biodiesel B10 kelapa sawit, 0,95% untuk biodiesel B20 kelapa sawit, 0,85% untuk biodiesel B10 kelapa, 0,55% untuk biodiesel B10 jarak pagar, 0,45% untuk biodiesel B20, dan 0,3% untuk biodiesel B20 jarak pagar.

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dunia teknologi otomotif sangat berkembang pesat pada saat sekarang sehingga membawa dampak yang signifikan pada sektor transportasi, salah satunya peningkatan jumlah kendaraan. Untuk kali pertama dilaporkan, jumlah mobil di dunia telah mencapai satu miliar unit lebih pada 2010. Data tersebut diperoleh berdasarkan laporan registrasi pemerintah di berbagai negara. Loncatan besar terjadi dari 2009 ke 2010, yaitu dari 980 juta unit menjadi 1,015 miliar unit. Kendaraan yang disensus tersebut adalah mobil penumpang, truk ringan, truk sedang, dan truk berat, serta bus (tidak termasuk sepeda motor). Pertumbuhan 3,6% populasi kendaraan tahun lalu merupakan yang terbesar sejak tahun 2000. Dengan total pertambahan 35,6 juta unit dibandingkan tahun sebelumnya, pertumbuhan tahun 2010 merupakan kedua terbesar dalam sejarah industri otomotif

Sedangkan populasi kendaraan yang beredar di Indonesia sebagai berikut:

Tabel 1. Populasi Kendaraan di Indonesia dari 2007 sampai 2011.

Tahun	Jumlah	Mobil	Sepeda Motor
2007	57.769.449	15.814.321	41.955.128
2009	70.714.569	18.281.437	52.433.132
2011	107.226.572	20.158.596	87.067.976

Sumber: Data olahan yang bersumber dari <http://www.bps.go.id> dan <http://duniaindustri.com>, 2012

Total populasi kendaraan bermotor di Indonesia sebesar 107.226.572 unit pada 2011, dimana setiap dua tahunnya mengalami peningkatan, tercatat dari 2007 sampai 2009 meningkat sebesar 28%, dan dari 2009 ke 2011 mengalami peningkatan sebesar 68%. Dengan total populasi kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2011 diperkirakan menjadi yang terbesar ketiga di dunia, setelah Amerika Serikat dengan jumlah 246,56 juta unit, disusul China sebanyak 154,65 juta unit. Total populasi kendaraan bermotor di Indonesia menjadi yang tertinggi di kawasan Asia Tenggara, di atas Thailand sebanyak 25,29 juta unit, Vietnam 14,51 juta unit, Malaysia 7,28 juta unit, dan Filipina 2,15 juta unit (<http://duniaindustri.com>).

Banyaknya jumlah kendaraan juga akan berimbas dengan konsumsi BBM yang otomatis juga meningkat.. Tahun 2006, konsumsi BBM di Indonesia mencapai 1,84 juta bph (barell per hari), sedangkan pada tahun 2008 konsumsi BBM mencapai 1,6 juta bph. Memang pada dasarnya pemakaian BBM mengalami penurunan namun bila dibandingkan dengan negara-negara lain yang mengkonsumsi BBM di bawah 1 juta bph, Indonesia masih termasuk negara yang boros konsumsi BBM (Nurseffi Dwi Wahyuni. 2009).

Sedangkan khusus bahan bakar solar saja, konsumsi dan produksi di Indonesia dari tahun 2008 sampai tahun 2010 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Konsumsi dan Produksi Solar di Indonesia

Tahun	Konsumsi (barell)	Produksi (barell)
2008	175.148.000	92.813.000
2009	173.134.000	101.728.000
2010	174.669.000	111.499.000

Sumber: <http://prokum.esdm.go.id>

campuran dan terbarukan, termasuk energi panas bumi (geothermal), alih fungsi hutan (LULUCF/Land Use, Land Use Change and Forestry) dan manajemen penggunaan lahan gambut (Muhammad Firman dan Iwan Kurniawan. 2011).

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, para konsumen motor diesel yang menggunakan motor diesel dengan sistem konvensional lebih cenderung untuk menyetel pompa injeksi untuk meningkatkan power pada *engine*, tanpa kurang memikirkan dampaknya terhadap lingkungan. Apabila penyetelan pompa injeksi khususnya *full load adjusting* melebihi nilai spesifikasi akan mengakibatkan ketebalan asap buang di atas ambang batas, hal inilah yang akan berdampak buruk terhadap lingkungan.

Sehubungan dengan berbagai persoalan yang telah diuraikan di atas, sebenarnya saat ini sudah ada bahan bakar non fosil, yaitu biodiesel yang dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Mengacu PERMEN ESDM No. 32 Tahun 2008 tentang Pentahapan Kewajiban Pemakaian Bahan Bakar Nabati (Mandatori), telah ditetapkan biodiesel sebagai substitusi minyak solar untuk transportasi PSO, transportasi Non-PSO serta untuk industri dan komersial pada tahun 2010 berturut-turut sebesar 2,5%, 3% dan 5% (Chairil Anwar. 2010).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati sehingga ramah lingkungan dan tidak beracun. Biodiesel sebagai campuran minyak solar mempunyai dua keuntungan sekaligus. Pertama yaitu biodiesel mempunyai kadar belerang yang jauh lebih kecil (sangat ramah

lingkungan karena kadar belerang kurang dari 15 ppm) dan yang kedua adalah biodiesel dapat meningkatkan daya pelumasan, karena viskositas diesel lebih tinggi jika dibandingkan dengan solar, sehingga mampu melumasi mesin dan sistem bahan bakar, maka dapat menurunkan keausan pada komponen-komponen yang dilumasi tersebut (<http://sumarsih07.files.wordpress.com>)

Selain itu biodiesel sudah mengandung oksigen dalam senyawanya, sehingga pembakaran di dalam mesin nyaris sempurna dan hanya membutuhkan nisbah udara/bahan bakar rendah. Dengan demikian emisi senyawa karbon non-CO₂ dalam gas buang kendaraan sangat kecil dan penggunaan bahan bakar lebih efisien (<http://sumarsih07.files.wordpress.com>)

Kemudian ketersediaan biodiesel di Indonesia bisa dikatakan sangat melimpah, karena biodiesel yang bahan utama pembuatannya adalah dari kelapa sawit, jarak pagar, dan lainnya. Kelapa sawit yang merupakan sumber bahan baku biodiesel sudah tersedia sangat banyak di Indonesia. Tercatat luas perkebunan sawit di Indonesia sampai akhir 2010 seluas 8.100.000 ha, dengan rata-rata pertumbuhan per tahun sebesar 11,8% dan ada sekitar 20 produsen biodiesel sawit dengan total kapasitas terpasang mencapai 3,07 juta ton/tahun (Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2011).

Penelitian ini akan menganalisa tentang penggunaan biodiesel terhadap konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang pada kendaraan bermesin diesel. Adapun yang digunakan sebagai pembanding dalam pengukurannya adalah solar.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, terdapat beberapa permasalahan yaitu:

1. Meningkatnya jumlah kendaraan membawa dampak terhadap penggunaan bahan bakar fosil yang tinggi, padahal ketersediaan bahan bakar fosil semakin lama semakin berkurang dan tidak dapat diperbaharui.
2. Pemakaian bahan bakar fosil pada kendaraan akan menyebabkan tingginya pencemaran udara, yang akan berdampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

C. Batasan Masalah

Untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka peneliti membatasi masalah pada “Analisis Pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel terhadap konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang pada motor diesel”.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka penulis merumuskan masalah penelitian ini sebagai berikut: “bagaimana pengaruh penggunaan biodiesel B20 pada kendaraan bermesin diesel terhadap konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang”.

E. Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Mesin kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini berada dalam keadaan normal.
2. Temperatur mesin pada saat pengujian berada dalam kondisi normal.

3. Temperatur ruangan atau udara pada saat melakukan pengujian berada pada kondisi normal.
4. Prosedur yang digunakan dalam melakukan penelitian adalah prosedur standar guna mencapai tujuan penelitian.

F. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel terhadap konsumsi bahan bakar pada motor diesel.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel terhadap ketebalan asap buang pada motor diesel.

G. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai:

1. Wacana dalam menerapkan ilmu pengetahuan khususnya tentang pemakaian bahan bakar alternatif untuk motor diesel.
2. Bahan pertimbangan bagi pengguna motor diesel baik pada kendaraan maupun industri dalam memilih bahan bakar yang lebih irit, ramah lingkungan dan terbarukan.
3. Bahan pertimbangan bagi industri otomotif supaya mendukung dan bekerjasama dengan pemerintah dalam mengembangkan biodiesel guna tercapainya sektor transportasi yang irit serta lebih ramah lingkungan khususnya di Indonesia.
4. Sebagai bahan penelitian lebih lanjut

BAB II

KAJIAN TEORI

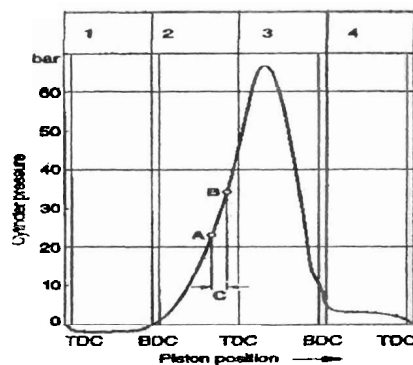
A. Tinjauan Pustaka

1. Proses Pembakaran Mesin Diesel

Mathur, M.L and Sharma, R.P. (1980) menyimpulkan bahwa proses pembakaran pada sebuah mesin diesel dimana campuran tidak homogen, sangat besar perbedaannya dengan campuran yang homogen. Campuran di dalam pada zona tertentu dimana konsentrasinya membuat campuran tersebut menyala pada temperatur yang tinggi, mungkin terjadi beberapa saat setelah injeksi dimulai. Untuk membuat pembakaran terjadi mendekati TDC hal, yang harus dilakukan adalah dengan memulai injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar mesin diesel 10° - 20° BTDC. Setelah pusat penyalaan awal terbentuk, penyalaan menyebar dengan cepat ke campuran bahan bakar dan udara yang siap untuk terbakar. Selama penyalaan menyebar ke seluruh area itu, penguapan tambahan dan pencampuran uap bahan bakar dan udara terjadi. Hal ini menghasilkan pembakaran seluruh bahan bakar, yang pada akhirnya proses terjadi dengan cara difusi dari sisa oksigen yang tidak bereaksi ke area yang mengandung campuran yang sangat kaya.

Mathur, M.L and Sharma, R.P. (1980) mengatakan bahwa di dalam mesin diesel bahan bakar diinjeksikan ke dalam udara panas yang dikompresikan pada temperatur 450° - 550° c dan pada tekanan 3 - 4 MPa. Dengan supercharging tekanan ini bisa menjadi jauh lebih besar dan hal

tersebut tergantung pada nilai tekanan kompresi. Pengaliran bahan bakar dimulai sebelum TDC dan berakhir sebelum atau setelah TDC. Gambar 5 menunjukkan diagram perubahan tekanan dalam sebuah mesin diesel dengan ruang bakar terbuka sebagai fungsi dari langkah sudut engkol.



Keterangan Gambar:

- 1. Langkah Hisap
- 2. Langkah Kompresi
- 3. Langkah Usaha
- 4. Langkah Buang
- A. Mulainya penyemprotan bahan bakar
- B. Mulainya bahan bakar terbakar
- C. Keterlambatan pembakaran
- TCD = TMA
- BCD = TMB

Gambar 1. Diagram Tekanan dan Posisi Piston pada Mesin Diesel (Toyota Training Center Team, 1994)

Diagram juga menunjukkan perubahan dalam waktu dari jumlah bahan bakar G yang dimasukkan ke dalam ruang bakar, kecepatan pemasukan bahan bakar, temperatur rata-rata gas, koefisien perubahan panas aktif dan kecepatan perubahan panas. Pemasukan bahan bakar dimulai pada titik 1. Sudut antara permulaan injeksi bahan bakar dan TDC disebut *injeksion advance angle*. Selama waktu tertentu setelah injeksi dimulai, tidak ada pembakaran, dan tekanan berubah selama periode ini yang disebabkan oleh kompresi yang sedang terjadi. Pertama-tama suhu hasil tekanan dari udara yang dikompresikan, agak sedikit turun karena panas tersebut digunakan untuk memanaskan dan menguapkan bahan bakar. Selama periode ini reaksi pra penyalaan mulai

terjadi, titik api pertama dari *self ignition* timbul, dan tekanan mulai meningkat sebagai hasil dari perkembangan panas pembakaran. Titik 2 . Garis tekanan meningkat karena pembakaran dari kompresi udara murni dan kondisi tersebut diasumsikan terjadi awal pembakaran, sementara jarak waktu (dalam derajat langkah engkol) antara titik 1 dan titik 2 adalah langkah penyalaan atau periode induksi.

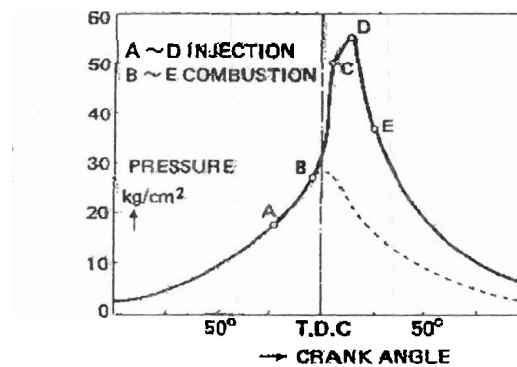
Tekanan dan temperatur pada bagian 2 sampai 3 berkembang dengan cepat karena pembakaran bahan bakar, sebagian besar dari bahan bakar tersebut telah memiliki waktu untuk menguap dan membentuk campuran dengan udara yang bisa terbakar, dan juga sebagian pembakaran dari bahan bakar yang terus mengalir dari *injektion nozzle*. Fase dari pembakaran cepat diikuti dari pembakaran lambat, selama perubahan tekanan dengan tidak signifikan. Kecepatan pembakaran pada fase ini sebagian besar ditunjukkan dengan seberapa cepatnya uap bahan bakar dicampur dengan udara. Selama fase ke 2 gerakan piston meningkatkan volume ruang bakar, dan untuk alasan ini titik 4, yang dapat disamakan dengan rata-rata temperatur maksimum dari siklus, berada sebelah kanan dari titik 3 dari tekanan maksimum. Panas juga terus berlanjut setelah temperatur maksimum tercapai karena proses *after burning*. Kecepatan *after burning* ditunjukkan oleh kecepatan difusi dan tabrakan atau benturan udara dengan sisa bahan bakar yang tidak terbakar, yang disebut sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna yang dibentuk pada sebuah area yang sangat kaya campuran.

Syarat-syarat yang sangat penting dari proses pembakaran motor diesel adalah:

- 1) Emisi yang rendah
- 2) Suara pembakaran yang rendah
- 3) Pemakaian bahan bakar yang hemat

Proses pembakaran adalah suatu reaksi kimia cepat antara bahan bakar (hidrokarbon) dengan oksigen dari udara. Proses pembakaran ini tidak dapat terjadi sekaligus, tetapi memerlukan waktu dan terjadi dalam beberapa tahap. Disamping itu, penyemprotan bahan bakar juga tidak dapat dilaksanakan sekaligus, tetapi berlangsung antara 30-40 derajat poros engkol (Wiranto, A. 1988).

Proses pembakaran pada mesin diesel dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Diagram Derajat Engkol dan Tekanan pada Mesin Diesel (Engine Step 2, 1984)

Pada waktu pompa injeksi bahan bakar mulai menginjeksikan bahan bakar, maka akan terjadi proses yang disebut dengan keterlambatan

antara awalnya penyemprotan dengan mulainya bahan bakar terbakar (A – B) atau sepanjang daerah C.

Jika dimulainya awal penyemprotan pada titik A yaitu pada akhir langkah kompresi, maka bahan bakar tidak segera akan terbakar pada titik A tersebut, akan tetapi awalnya pembakaran terjadi pada titik B. Injektor terus menyemprotkan bahan bakar sampai piston melewati TMA setelah langkah kompresi atau awal langkah usaha, untuk lebih jelasnya fase-fase berikut:

a) Pembakaran tertunda (A-B)

Tahap ini merupakan persiapan pembakaran. Bahan bakar disemprotkan oleh injektor berupa kabut ke udara panas dalam ruang bakar sehingga bercampur menjadi campuran yang mudah terbakar. Pada tahap ini bahan bakar belum terbakar atau dengan kata lain pembakaran belum dimulai. Pembakaran akan mulai pada titik B. Peningkatan tekanan terjadi secara konstan karena piston terus bergerak ke TMA.

b) Rambatan Api (B - C)

Campuran yang mudah terbakar telah terbentuk dan merata di seluruh bagian dalam silinder. Awal pembakaran mulai terjadi di beberapa bagian dalam silinder. Pembakaran ini berlangsung sangat cepat sehingga terjadilah letupan (explosive). Letupan ini berakibat tekanan dalam silinder meningkat dengan cepat pula. Akhir tahap ini disebut tahap pembakaran letupan.

c) Pembakaran langsung (C-D)

Injektor terus menyemprotkan bahan bakar dan berakhir pada titik D. Karena injeksi bahan bakar terus berlangsung maka tekanan dan suhu tinggi terus berlanjut di dalam silinder. Akibatnya, bahan bakar yang diinjeksi langsung terbakar oleh api. Pembakaran dikontrol oleh jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sehingga tahap ini disebut juga tahap pengontrolan pembakaran.

d) Pembakaran lanjutan (D-E)

Pada titik D, injeksi bahan bakar berhenti, namun bahan bakar masih ada yang belum terbakar. Pada periode ini sisa bahan bakar diharapkan akan terbakar seluruhnya. Apabila tahap ini terlalu panjang akan menyebabkan suhu gas buang meningkat dan efisiensi pembakaran berkurang.

2. Bahan Bakar Motor Diesel

Bahan bakar motor diesel pada umumnya menggunakan solar dengan rumus kimia $C_{12}H_{26}$ hingga $C_{16}H_{34}$. Arismunandar, (1988: 98), mengatakan bahwa solar berasal dari minyak yang didapat dari peyulingan minyak bumi, *crude oil*. Solar adalah bahan bakar jenis distilat yang digunakan untuk mesin *Compression Ignition* (Pertamina, 1998 : 5). Dilihat dari sifat-sifatnya, bahan bakar diesel dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu sifat fisik (*physical propertis*), sifat kimia (*chemical propertis*), dan sifat termal (*thermal propertis*).

Sifat fisik dari bahan bakar terdiri dari viskositas, densitas, titik beku, temperatur didih, dan indeks relatif. Sifat kimia meliputi kandungan sulfur, kandungan abu, residu oksida, dan kemampuan nyala (*ignitalibity*). Sedangkan sifat thermal bahan bakar terdiri dari atas kandungan panas spesifik, konduktivitas panas dan suhu distilasi .

Mesin diesel menggunakan bahan bakar yang harus bisa terbakar dengan sendirinya ketika diinjeksikan ke dalam udara bertekanan tinggi. Makin rendah *Self Ignition Temperatur* (titik nyala sendiri) dari bahan bakar, akan menghasilkan peningkatan kinerja pembakaran bahan bakar dan berarti meningkatkan kinerja mesin. Untuk mengukur kemampuan bahan bakar menyala dengan sendirinya digunakan angka *Cetane Number* (angka cetane). Rata-rata mesin diesel membutuhkan bahan bakar dengan angka cetane antara 40 hingga 45 (TTA. Th : 6). Bahan bakar solar memiliki berat jenis 0,82 - 0,87 gr/cm³ dan angka cetane 45 (Pertamina. 1998: 34).

1) Defenisi Solar

Solar adalah hasil penyulingan minyak bumi crude oil yang dipanaskan sekitar 350⁰C akan menjadi campuran uap dari cairan. Kemudian dialirkan ke suatu tabung silinder yang mempunyai sekat-sekat. Pada tabung ini akan terjadi pemisahan antara gas, bensin, minyak tanah, solar, residu dan heavy oil pada sekat-sekatnya. Solar dikeluarkan pada temperatur 200-300⁰C (Engine Step 2 , 1984).

Bahan bakar solar tersusun atas ratusan rantai hidrokarbon yang berbeda, yaitu pada rentang 12 sampai 18 rantai karbon. Hidrokarbon yang terdapat dalam minyak solar meliputi paraffin, naftalena, olefin dan aromatic (mengandung 24% aromatic berupa benzene, toluene, xilena dan lain-lain), dimana temperatur penyalanya akan menjadi lebih tinggi dengan adanya hidrokarbon volatile yang lebih banyak (<http://repository.usu.ac.id>).

2) Karakteristik Solar

Tabel 3. Karakteristik solar

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji (ASTM)
			Max	Min	
1	Angka Setana	-	45	-	D-613
2	Indeks Setana	-	48	-	D4737
3	Berat Jenis pada 15 °C	Kg/m ³	815	870	D-1298 / D-4737
4	Viskositas pada 40 °C	Mm ² /sec	2.0	5.0	D-445
5	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.35	D-1552
6	Distilasi : T95	°C	-	370	D-86
7	Titik Nyala	°C	60	-	D-93
8	Titik Tuang	°C	-	18	D-97
9	Karbon Residu	merit	-	Kelas I	D-4530
10	Kandungan Air	Mg/kg	-	500	D-1744
11	Biological Growth	-	Nihil		
12	Kandungan FAME	% v/v	-	10	
13	Kandungan Metanol & Etanol	% v/v	Tak Terdeteksi		D-4815
14	Korosi bilah tembaga	Merit	-	Kelas I	D-130
15	Kandungan Abu	% m/m	-	0.01	D-482
16	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0.01	D-473
17	Bilangan Asam Kuat	mgKOH/gr	-	0	D-664
18	Bilangan Asam Total	mgKOH/gr	-	0.6	D-664
19	Partikulat	Mg/l	-	-	D-2276
20	Penampilan Visual	-	Jernih dan terang		-
21	Warna	No.ASTM	-	3.0	D-1500

Sumber: <http://www.scribd.com>

3) Syarat-syarat Solar

a) Sifat nyala yang baik (Flash point)

Yang dimaksud dengan sifat nyala yang baik adalah sifat yang mudah menyala pada saat kompresi tinggi dari mesin diesel. Dengan temperatur yang tinggi ini bahan bakar yang disemprotkan akan lebih mudah terbakar. Karena dengan bahan bakar solar yang baik titik nyalanya, maka mesin akan lebih mudah dihidupkan dan jalannya mesin lebih halus karena diesel knocknya lebih kecil (Engine Step 2 , 1984).

b) Viskositas yang tepat

Viskositas dari solar bukan hanya mempengaruhi kemampuan mesin saja tetapi juga akan mempengaruhi injection pump. Bila viskositas terlalu tinggi, mengalirkan solar terlalu lambat, beban dari injection pump menjadi lebih besar sehingga lebih sukar untuk terbakar. Kemudian bila angka ini terlalu kecil sifat lumasnya menjadi buruk yang mengakibatkan pelumasan pada injection pump menjadi kecil sekali, dapat menimbulkan panas yang berlebihan pada injection pump. Kemudian apabila viskositas terlalu kecil apabila disemprotkan ke dalam silinder, butiran uapnya akan menjadi terlalu kecil sehingga jarak terbang dari udara yang di tekan menjadi lebih pendek, jadi tenaga tekannya menjadi lebih kecil sehingga campuran dengan udara menjadi jelek sehingga menyebabkan pembakaran tidak sempurna (Engine Step 2 , 1984).

c) Penguapan

Titik penguapan yang tinggi dengan sisa carbon yang sekecil mungkin. Bila bagian yang menguap sedikit, meskipun tidak berpengaruh terhadap mesin akan menyebabkan gas buang menjadi bau dan hitam. Dan apabila sisa carbon sesudah pembakaran terlalu banyak diruang bakar maka akan menutup lubang injection nozzle (Engine Step 2 , 1984).

d) Mengandung sulfur yang rendah

Sulfur dari bahan bakar solar akan menambah deposite pada silinder dan torak yang mempercepat rusaknya silinder dan pegas torak. Persentase sulfur ini pada hakikatnya bila dibawa 1% tidak menyebabkan kerusakan pada mesin, biasanya solar yang dijual di pasaran mengandung 0,8 – 0,9% sulfur (Engine Step 2 , 1984).

4) Unsur-unsur Solar

Sebagai bahan bakar diesel maka solar mempunyai komposisi yang terdiri dari dua elemen pokok yaitu normal centane ($C_{16}H_{34}$) dan methyl naptalane ($C_{10}H_7CH_3$). Selain dari itu solar mengandung unsur-unsur sama dengan bahan bakar bensin tetapi dalam solar elemen sulfur lebih tinggi dari bensin dengan kadar lebih dari 1% (Engine Step 2 , 1984).



Adapun komposisi solar terdiri dari: normal cetane ($C_{16}H_{34}$), α -methylnapthalene ($C_{16}H_7CH_3$), sulfur (belerang) 1% lebih besar daripada bensin, dan unsur dasar lain sama dengan bensin. Dengan sifat utamanya:

- a) Tidak berwarna atau berwarna kuning muda dan berbau
- b) Tidak mudah menguap pada temperatur normal
- c) Minimum mulai terbakar jika dekat api pada temperatur 40–1000°C
- d) Titik nyala sendiri (*flash point*) pada temperatur 3500°C
- e) Berat jenis kira-kira 0,82–0,86
- f) Tenaga panas/kalori pada setiap kilogramnya sebesar 10.500 Kcal (10.500Kcal/kg)

Untuk mencapai hasil pembakaran yang maksimal pada motor diesel, solar harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a) Titik nyala (*flash point*) yang baik. Sifat nyala solar sangat mempengaruhi kinerja mesin diesel, solar harus terbakar habis pada waktu kompresi sehingga dapat mencegah terjadi detonasi.
- b) Viskositas yang tepat. Viskositas solar sangat mempengaruhi kerja mesin dan pompa injeksi. Viskositas yang sangat tinggi menyebabkan kerja pompa injeksi menjadi berat dan bahan bakar akan sukar terbakar. Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan sifat lumas solar juga rendah, akibatnya pompa injeksi cepat rusak.
- c) Penguapan yang tepat, yaitu titik penguapan yang tinggi dengan sisa karbon yang kecil. Bila bagian yang menguap sedikit, meskipun tidak berpengaruh pada mesin akan menyebabkan gas buang menjadi bau dan

hitam. Apabila sisa karbon sesudah pembakaran terlalu banyak diruang bakar, di sekeliling lubang injektor deposit dapat menyebabkan tersumbatnya nozel.

- d) Mengandung sulfur yang rendah. Sulfur pada solar dapat menambah deposit pada silinder dan torak yang dapat mempercepat rusaknya silinder dan pegas torak akibat proses pengkorosian. persentase sulfur normal 0.8 %-1 %.
- e) Angka cetane yang tepat, berkisar antara 35-55, angka cetane menentukan titik bakar dari bahan bakar, dan juga berpengaruh terhadap kandungan NO_x yang terbentuk dari gas buang motor diesel. Bahan bakar dengan cetane rendah akan mengakibatkan motor diesel akan sukar hidup. Dengan waktu pembakaran tunda yang panjang menyebabkan terjadinya detonasi.
- f) Kemampuan lumas (*diesel oil*). Kemampuan lumas bahan bakar diesel diperlukan untuk melumasi pompa injeksi. Sifat lumas solar menyebabkannya lebih berat, lebih sulit menguap, dan titik didih yang lebih tinggi.

5) Sifat Utama Solar

Adapun sifat utama solar adalah:

- a) Tidak berwarna atau berwarna kuning muda dan berbau
- b) Tidak mudah menguap pada temperatur normal
- c) Minimum mulai terbakar jika dekat api pada temperatur 40–1000°C
- d) Titik nyala sendiri (*flash point*) pada temperatur 3500°C

e) Berat jenis kira-kira 0,82–0,86

Tenaga panas/kalori pada setiap kilogramnya sebesar 10.500 Kcal
(10.500Kcal/kg)

3. Angka Cetane

Pada motor bensin dikenal dengan istilah *octane number*, namun pada bahan bakar diesel digunakan istilah *cetane number*. *Cetane number* atau angka cetane adalah sebuah angka yang menentukan titik bakar dari bahan bakar. Angka cetane adalah angka yang menyatakan kualitas pembakaran dari bahan bakar mesin diesel, yang diperlukan untuk mencegah terjadinya "diesel knock" atau suara pukulan di dalam ruang bakar mesin diesel (Pertamina. 1998: 13). Untuk mesin diesel yang bekerja dengan putaran tinggi diperlukan bahan bakar minyak dengan angka cetane yang tinggi, sebaliknya untuk mesin diesel yang bekerja pada putaran rendah cukup diperlukan bahan bakar minyak dengan angka cetane rendah.

Angka cetane diperlukan sebagai batasan pemakaian bahan bakar terhadap mesin. Apabila angka cetane yang dipergunakan tidak sesuai dengan rancangan mesin, timbul masalah sebagai berikut :

- a) Jika terlalu tinggi, timbul efek panas yang berlebihan terhadap mesin sehingga komponen mesin cepat rusak.
- b) Jika terlalu rendah, mengakibatkan timbulnya gejala ngelitik/*knocking*, sehingga opasitas gas buang akan berlebihan karena

pembakaran mesin tidak terjadi dengan sempurna. Asap gas buangan mesin menjadi hitam pekat.

4. Biodiesel

a) Defenisi Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati sehingga ramah lingkungan dan tidak beracun. Biodiesel dapat diaplikasikan baik jumlah 100% (B100) atau campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu (Bxx), seperti 10% biodiesel dicampur dengan 90% solar yang dikenal dengan nama B10 (Soni S. Wirawan, dkk. 2008).

Bahan bakar nabati (*Biofuel*) Jenis biodiesel sebagai campuran bahan bakar minyak jenis minyak solar dan wajib memenuhi standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak Jenis minyak solar sebagaimana dimaksud dalam Keputusan Direktur Jenderal Migas Nomor 3675 K/DJM/2008 tanggal 17 Maret 2006 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri (<http://www.indobiofuel.com>).

Tabel 4. Standart dan mutu biodiesel dalam Keputusan Direktur Jenderal Migas Nomor 3675 K/DJM/2008.

No	Karateristik	Satuan	Nilai
1	Angka Setana	-	min. 51
2	Massa Jenis (40 ⁰ C)	kg/m ³	850 – 890
3	Viskositas kinematik (40 ⁰ C)	mm ² /s (cSt)	2.3 - 6.0
4	Titik Nyala (Flash Point)	⁰ C	min. 100
5	Titik Kabut (Cloud Point)	⁰ C	max. 18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 ⁰ C)		max. No. 3
7	Residu karbon	%-massa	

	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam contoh asli • Dalam 10% ampas destilasi 		<ul style="list-style-type: none"> • max. 0.05 • maks. 0.30
8	Temperatur destilasi 90%	⁰ C	max. 360
9	Air & Sedimen	%-volume	max. 0.05
10	Abu tersulfurkan	%-massa	max. 0.02
11	Belerang	mg/kg	max. 100
12	Fospor	mg/kg	max. 10
13	Angka asam	mg KOH/g	max. 0.8
14	Gliserol Bebas	%-massa	max. 0.02
15	Gliserol Total	%-massa	max. 0.24
16	Kadar ester alkil	%-massa	min. 95.5
17	Angka iodium	%-massa	max. 115
18	Up halphen		Negatif

Sumber: (<http://www.indobiofuel.com>)

Karakteristik emisi pembakaran biodiesel dibandingkan dengan solar (<http://repository.usu.ac.id>), sebagai berikut:

- a) Emisi karbon dioksida (CO₂) netto berkurang 100%.
- b) Emisi sulfur dioksida berkurang 100%.
- c) Emisi debu berkurang 40-60%.
- d) Emisi karbon monoksida (CO) berkurang 10-50%.
- e) Emisi hidrokarbon berkurang 10-50%.
- f) Hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH = *polycyclic aromatic hydrocarbon*) berkurang, terutama PAH beracun seperti :
phenanthren berkurang 98%, benzofloroanthen berkurang 56%, benzapyren berkurang 71%, serta aldehida dan senyawa aromatik berkurang 13%.

b) Perkembangan Biodiesel

Pembuatan biodiesel pertama kali dilakukan di Austria pada tahun 1981 dalam skala uji coba menggunakan bahan baku biji *rapeseed* (*Brassica napus*). Uji coba kemudian dilanjutkan selama 7 tahun, yaitu

sampai tahun 1988. Setelah itu, dibuat pabrik skala pilot dengan kapasitas 1000 ton per tahun dengan luas areal 1000 hektar. Selanjutnya langkah Austria diikuti oleh negara-negara tetangganya yaitu Jerman, Prancis, Italia, dan Norwegia yang menggunakan bahan baku *rapeseed*. Pada tahun 2006, telah ada sekitar 85 pabrik biodiesel dengan kapasitas 500-120.000 ton per tahun. Dalam dekade 7 tahun terakhir, 28 negara telah melakukan uji coba pengolahan biodiesel dan 21 negara kemudian memproduksinya. Pada tahun 1998, produksi biodiesel di seluruh dunia mencapai 741.000 ton per tahun. Kemudian pada tahun 2005 biodiesel telah merebut 5% pangsa pasar ADO (*Automotive Diesel Oil*) di Eropa(<http://repository.usu.ac.id>).

Adapun beberapa nama dagang biodiesel umumnya disesuaikan dengan nama bahan bakunya, sebagai berikut:

- 1) SME (*Soybean Methyl Ester*) adalah biodiesel produk Amerika dari kacang kedelai atau FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) yaitu biodiesel dari minyak goreng bekas.
- 2) RME (*Rapeceed Methyl Ester*) adalah biodiesel produk Eropa dari minyak Canola.
- 3) CME (*Coco Methyl Ester*) adalah biodiesel produk Filipina dari minyak kelapa.
- 4) POME (*Palm Oil Methyl Ester*) adalah biodiesel produk Malaysia dari minyak kelapa sawit.

c) Kelebihan dan Kelemahan Biodiesel

Kelebihan

Dibandingkan dengan solar, biodiesel memiliki kelebihan (Chairil Anwar, dkk. 2010), diantaranya:

- 1) Energi terbarukan dan ramah lingkungan. Hasil penelitian membuktikan, campuran biodiesel 30 % volum terhadap solar menghasilkan kinerja mesin yang tidak jauh berbeda dengan pemakaian 100% solar dan pada komposisi ini tidak memerlukan modifikasi apapun pada mesin kendaraan.(7,8)
- 2) Biodiesel bisa digunakan dengan mudah karena dapat bercampur dengan segala komposisi dengan minyak solar, sehingga dapat diaplikasikan langsung untuk mesin-mesin diesel yang ada hampir tanpa modifikasi.
- 3) Biodiesel dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), 10 kali tidak beracun dibanding minyak solar biasa, memiliki angka setana yang lebih baik dari minyak solar biasa, asap buangan biodiesel tidak hitam, tidak mengandung sulfur serta senyawa *aromatic* sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan ramah lingkungan.
- 4) Biodiesel tidak menambah akumulasi gas karbondioksida di atmosfer sehingga lebih jauh lagi mengurangi efek pemanasan global atau banyak disebut dengan *zero CO2 emission*.
- 5) Biodiesel merupakan hasil pendayagunaan kekayaan sumberdaya non fosil.

- 6) Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan berbelerang rendah yang sangat berpotensi menjadi komponen pencampur pendongkrak kualitas dan kuantitas minyak solar.

Kelemahan

Adapun kelemahan dari biodiesel (Tilani Hamid S. 2002), adalah:

- a) Viskositas minyak nabati yang terlalu tinggi jika dibandingkan dengan petroleum diesel, viskositas minyak nabati yang terlalu tinggi menyebabkan proses penginjeksian dan atomisasi bahan bakar tidak dapat berlangsung dengan baik, sehingga akan menghasilkan pembakaran yang kurang sempurna yang dapat mengakibatkan terbentuknya deposit dalam ruang bakar.
- b) Proses termal (panas) di dalam mesin menyebabkan minyak nabati yang merupakan suatu senyawa trigliserida akan terurai menjadi gliserin dan asam lemak. Asam lemak dapat teroksidasi atau terbakar relatif sempurna, tetapi dari gliserin akan menghasilkan pembakaran yang kurang sempurna dan dapat terpolimerisasi menjadi senyawa plastis yang agak padat. Senyawa ini juga dapat menyebabkan kerusakan pada mesin, karena akan membentuk deposit pada pompa dan nozzle injector.
- c) Biodiesel mempunyai flash point yang tinggi jika dibandingkan dengan solar. Oleh karena itu, suhu yang dibutuhkan untuk membakar biodiesel lebih tinggi yang diikuti peningkatan suhu ruang bakar. hal ini menyebabkan peningkatan emisi NO_x .

d) Biodiesel B20

Biodiesel B20 adalah biodiesel memiliki campuran yang terdiri dari 20% biodiesel dan 80% solar.

Dari pertimbangan teknis, masing-masing negara mengeluarkan kebijakan batas izin pencampuran biodiesel dengan minyak solar yang berbeda (Soni S. Wirawan, dkk. 2008), diantaranya:

- a) Amerika Serikat, *Engine Manufacturers Association* (EMA), mengizinkan pencampuran hingga 20% (B20).
- b) Indonesia, atas masukan dari APTM (Agen Pemegang Tunggal Merk), Gaikindo (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia) dan peraturan yang berlaku di *World Wide Fuel Charter (WWFC)*, Melalui SK Ditjen Migas No. 3675K/24/DJM/2006 telah mengizinkan pencampuran hingga 10% (B10).

Komposisi tersebut dapat ditingkatkan sejalan dengan teknologi permesinan, kesiapan suplai biodiesel dan kondisi serta kebijakan harga bahan bakar yang mendukung.

Tabel 5. Spesifikasi Biodiesel B20 menurut *Engine Manufacturers Association* (EMA)

No	Parameter Uji	B20 (EMA)
1	Titik Nyala, °C, min.	52
2	Air & Sendimen, vol %, max	0,05
3	Destilasi, T90, °C, max	343
4	Viskositas kinematik, cSt 40 °C	1,9-4,1
5	Abu, massa%, max	0,01
6	Sulfur, wt%, max	Per regulation
7	Copper strip corrosion, max	NO. 3
8	Bilangan setana, min	43
9	Titik kabut °C, max	Per footnote
10	Karbon residu pada 10% residu destilasi, wt%, max	0,35

11	Lubrisitas, HFRR 60 ⁰ C, micron, max	460
12	Bilangan asam, mg KOH/g, max	0,3
13	Fospor, wt%, max	0,001 wt%
14	Gliserin total %(m/m), max	NA
15	Logam alkali (Na+K), ppm, max	Nd
16	Logam alkali (Mg+Ca), ppm, max	Nd
17	Fraksi campuran, vol%	± 2%
18	Stabilitas oksidasi termal, insolube, mg/100 ml, max	10
19	Stabilitas oksidasi, waktu induksi, jam, min	6

Sumber: Soni S. Wirawan, dkk. 2008

5. Ketebalan Asap Buang (*Vehicle Exhaust Smoke Density*)

Didifenisikan sebagai sisa dari pembakaran yaitu pembakaran yang kurang baik. Biasanya volumenya semakin besar pada campuran udara-bakar yang kaya. Gas yang tidak terbakar saat terjadi proses pembakaran akan keluar melalui asap saluran buang kendaraan. Cetana number tidak mempunyai efek terhadap gas buang yang berwarna hitam. Namun dari beberapa partikel emisi yang ada, asap buang lebih banyak mengandung partikel karbon. Semakin panjang rantai karbon bahan bakar, kandungan karbon semaking tinggi dan asap buang yang berwarna hitam akan semakin tinggi (Tilani Hamid S, 2012).

Emisi kendaraan tidak mengikuti peningkatan jumlah kendaraan. Karena adanya efisiensi relatif bahan bakar dan perbedaan tingkat emisi, lebih sedikit mobil dan truk yang benar-benar menghasilkan emisi yang lebih besar daripada sepeda motor yang jumlahnya jauh lebih besar. Hasil Kajian Kebutuhan Teknologi untuk Perubahan Iklim (Laporan BPPT dan KLH 2009) memperkirakan bahwa emisi mobil dan truk sekitar dua kali emisi sepeda motor dan bus pada tahun 2005. Namun pada tahun 2030,

berdasarkan proyeksi jumlah kendaraan di atas, emisi mobil dapat mencapai 140 juta ton per tahun dan emisi truk 80 juta ton per tahun, masing-masing 6 dan 4 kali proyeksi emisi sepeda motor (<http://www.esmap.org>).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut di Indonesia masih diberlakukan standar EURO 2, dan sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru.

Country	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010 - 2011	2012	2013	2014
Indonesia									Euro 2					
Malaysia		Euro 1							Euro 2					
Singapore ^a		Euro 2												
Singapore ^b		Euro 2												
Thailand		Euro 2												
Vietnam									Euro 2					
India ^c		Euro 1				Euro 2								
India ^d		Euro 2											Euro 1	
china ^a		Euro 1			Euro 2									
china ^b		Euro 1		Euro 2										
china ^c														Euro 1 (Beijing only)

Gambar 3. Penerapan standar emisi EURO untuk kendaraan baru di negara-negara Asia
(Sumber: <http://www.esmap.org>)

Tabel 6
Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009
Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru
kategori M1 Berpenggerak Motor Bakar Penyalaan Kompresi (Diesel).

Kategori	Parameter	Nilai Ambang Batas
		Metode Uji ACE R 83-04
M1, GVW ≤ 2,5 ton, tempat duduk ≤ 5, tidak termasuk tempat duduk pengemudi	CO	1,0 gram/km
	HC + NO _x	0,7 (0,9) ^(x) gram/km
	PM	0,08 (0,1) ^(x) gram/km

Sumber: Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2009

Keterangan:

- MI = kendaraan bermotor yang digunakan untuk angkutan orang dan mempunyai tidak lebih dari delapan tempat duduk tidak termasuk tempat duduk pengemudi.
- GVW = *Gross Vehicle Weight* adalah jumlah berat yang diperbolehkan (JBB).
- (x) = Nilai ambang batas dalam kurung untuk diesel injeksi langsung, dan setelah 3 (tiga) tahun nilai ambang batasnya disamakan dengan nilai ambang batas diesel injeksi tidak langsung.

6. Konsumsi Bahan Bakar

Pemakaian bahan bakar menunjukkan jumlah bahan bakar yang dipakai di dalam liter/ kilogram (kg). Pemakaian bahan bakar erat hubungannya dengan efisiensi kendaraan. Tingkat konsumsi sebuah mesin terhadap bahan bakar sering menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam pemilihan pemakaian sebuah mesin. Usaha yang dilakukan para ahli otomotif saat ini adalah mendapatkan mesin dengan konsumsi bahan bakar yang rendah (irit/ hemat) dengan menghasilkan tenaga yang maksimal.

Pemakaian bahan bakar dapat diukur dengan menghitung banyaknya bahan bakar yang digunakan dalam operasi sebuah mesin dalam satuan waktu tertentu. Atau dapat dituliskan bahwa pemakaian bahan bakar (M_f) dinyatakan dengan mengalikan laju aliran bahan bakar terhadap waktu (Q) dengan massa jenis bahan bakar (ρ_{fuel}), maka dapat ditulis dengan dalam persamaan berikut:

$$(M_f) = Q \cdot \rho_{fuel}$$

Jika laju aliran volume Q berubah terhadap waktu t, maka:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$dQ = \frac{dV}{dt}$$

$$\int Q = \int_1^2 \frac{dV}{dt}$$

$$Q = \frac{V_1 - V_2}{t_1 - t_2}$$

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Karena waktu operasi (Δt) yang dipakai ditentukan, maka persamaan di atas menjadi;

$$Q = \frac{V}{\Delta t} \quad \left(\frac{cm^3}{det \text{ ik}} \right)$$

Karena $(M_f) = Q \cdot \rho_{fuel}$, maka persamaan tersebut dapat ditulis menjadi $M_f = \frac{V}{\Delta t} \cdot \rho_{fuel} \left(\frac{cm^3 \text{ kg}}{dtk \text{ m}^3} \right)$, sehingga persamaan di atas dapat ditulis menjadi:

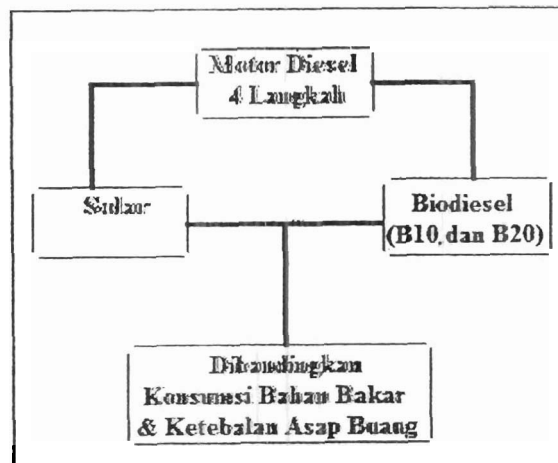
$$M_f = \frac{\Delta V}{t} \cdot \rho_{bb} \cdot \frac{3600}{1000} \left(\frac{kg}{h} \right) \dots\dots\dots(Kulshrestha, 1989)$$

Keterangan:

- M_f = jumlah pemakaian bahan bakar $\left(\frac{kg}{h} \right)$
- V = volume bahan bakar yang dikonsumsi (cm^3)
- Δt = waktu yang digunakan (detik)
- ρ_{bb} = massa jenis bahan bakar (solar = $0,85 \text{ gr/cm}^3$)
- $\frac{3600}{1000}$ = bilangan konversi

B. Kerangka Konseptual

Berdasarkan kajian teori dan permasalahan yang telah diuraikan maka dapat digambarkan kerangka konseptual sebagai berikut:



Gambar 4. Kerangka konseptual

C. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian yang diajukan adalah terdapat pengaruh yang signifikan tentang penggunaan bahan bakar solar dengan biodiesel B10 dan biodiesel B20 berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa terhadap konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang pada motor diesel 4 langkah.

signifikan antara kelompok eksperimental dan kelompok kontrol, maka *treatment* atau perlakuan yang diberikan berpengaruh secara signifikan.

B. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian ini adalah data yang diperoleh dari hasil percobaan melalui perlakuan-perlakuan secara langsung terhadap objek penelitian, serta menggunakan indikator-indikator sebagai pedoman kerja. Data sekunder pada penelitian ini adalah data yang mempunyai korelasi dengan topik penelitian.

Sumber data primer pada penelitian ini adalah data yang diperoleh saat melakukan pengujian konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang, sedangkan sumber data sekunder adalah data yang berasal dari berbagai referensi berupa jurnal penelitian, karya tulis dan media cetak.

C. Instrumen Penelitian

Adapun instrumen digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Motor diesel 4 langkah (Mobil Isuzu Panter TBR 541 LS MT, tahun 2006), 4 silinder dengan kapasitas 2499 cc.
2. Bahan bakar.
 - a. Solar
 - b. Biodiesel B10 (minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa), campuran dari 10% biodiesel dan 90% solar.
 - c. Biodiesel B20 (minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa), campuran dari 20% biodiesel dan 80% solar.

3. Tachometer, digunakan untuk mengukur putaran mesin.
4. Termometer, digunakan untuk mengetahui temperatur kerja mesin dan temperatur ruangan.
5. *Stopwatch*, digunakan untuk mengetahui lama waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar 10 cm^3 .
6. Gelas ukur, digunakan untuk mengetahui volume bahan bakar yang dihabiskan mesin sebanyak 10 cm^3 .
7. *Opacity Smokemeter*, digunakan untuk mengukur ketebalan asap buang motor diesel

D. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan langsung terhadap kendaraan, data akan diambil dengan melakukan pengujian pada kendaraan yang menggunakan solar, dan biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa, untuk mengetahui konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang yang dihasilkan oleh mesin, pengujian dilakukan pada kondisi kendaraan berada dalam keadaan diam.

Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu dipersiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan, mempersiapkan campuran biodiesel B10 dan biodiesel B20 serta mempersiapkan kondisi mesin kendaraan dalam keadaan normal mengukur temperatur mesin serta temperatur ruangan.

Prosedur pengujian meliputi:

1. Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan dengan mencatat lamanya waktu yang diperlukan oleh motor 4 langkah untuk menghabiskan 10 cm^3

volume bahan bakar yang menggunakan solar, dan biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa.

Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan pada tiga tingkat putaran mesin (700 rpm, 1500 rpm dan 2000 rpm) dengan tiap-tiap kecepatan dilakukan dua kali pengujian supaya hasil pengujian lebih sempurna. Tiga tingkat putaran mesin tersebut mewakili kecepatan rendah, sedang dan tinggi.

2. Pengujian ketebalan asap buang

Untuk mengetahui berapa persentase ketebalan asap buang yang dihasilkan, digunakan *Opacity Smokemeter* dengan cara menempelkannya ke *muffler* kendaraan tersebut, pengukuran dilakukan pada tiap-tiap jenis bahan bakar (solar dan biodiesel). Pengujian dilakukan pada saat akselerasi penuh, karena pada saat tersebutlah persentase terbesar asap buang terjadi.

E. Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas (X)

Yang menjadi variabel terikat (*dependent variabel*) dalam penelitian ini adalah penggunaan bahan bakar solar dan biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa.

2. Variabel Terikat (Y)

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas (*independent variabe*) adalah perbandingan konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang.

3. Variabel Kontrol (XY)

Yang menjadi variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

- a. Temperatur kerja mesin harus sama pada tiap-tiap pengujian, yaitu sekitar 80-90⁰C.
- b. Temperatur ruangan selama melakukan pengujian harus berada dalam keadaan normal, yaitu 28-31⁰C.

F. Teknik Pengambilan Data

Untuk mengumpulkan data hasil pengujian digunakan tabel berikut:

Tabel 7: Pengambilan Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Putaran Mesin (rpm)	Solar				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10			
1500	80-90	10			
2000	80-90	10			
Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B10 Kelapa Sawit				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10			
1500	80-90	10			
2000	80-90	10			
Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B20 Kelapa Sawit				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10			
1500	80-90	10			
2000	80-90	10			

Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B10 Jarak Pagar				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10			
1500	80-90	10			
2000	80-90	10			
Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B20 Jarak Pagar				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10			
1500	80-90	10			
2000	80-90	10			
Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B10 Kelapa				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10			
1500	80-90	10			
2000	80-90	10			
Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B20 Kelapa				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10			
1500	80-90	10			
2000	80-90	10			

Tabel 8
Pengambilan Data Hasil Pengujian Ketebalan Asap Gas Buang

Putaran Mesin	Solar			
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		
		Uji 1	Uji 2	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90			
Putaran Mesin	Biodiesel B10 Kelapa Sawit			
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		
		Uji 1	Uji 2	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90			
Putaran Mesin	Biodiesel B20 Kelapa Sawit			
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		
		Uji 1	Uji 2	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90			
Putaran	Biodiesel B10 Jarak Pagar			

Mesin	Temperatur Mesin ($^{\circ}C$)	Pengujian (%)		
		Uji 1	Uji 2	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90			
Putaran Mesin	Biodiesel B20 Jarak Pagar			
	Temperatur Mesin ($^{\circ}C$)	Pengujian (%)		
Akselerasi Penuh	80-90			
Putaran Mesin	Biodiesel B10 Kelapa			
	Temperatur Mesin ($^{\circ}C$)	Pengujian (%)		
Akselerasi Penuh	80-90			
Putaran Mesin	Biodiesel B20 Kelapa			
	Temperatur Mesin ($^{\circ}C$)	Pengujian (%)		
Akselerasi Penuh	80-90			

G. Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian diolah dengan mensubstitusikan ke dalam persamaan yang terdapat pada kajian teori, selanjutnya dilakukan perbandingan dan pengujian statistik.

1. Konsumsi bahan bakar dinyatakan dalam *kg/jam*. Untuk menentukan jumlah konsumsi bahan bakar maka dapat digunakan persamaan berikut:

$$m^{\circ}f = \frac{V}{\Delta t} \cdot \rho_{bb} \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (kg/jam)}$$

Keterangan:

$m^{\circ}f$ = Konsumsi bahan bakar (*kg/jam*)

V = Jumlah bahan bakar yang digunakan (cm^3)

Δt = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar (*detik*)

biodiesel B20 digunakan uji t (*t test*). Persamaan *t test* yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{\bar{D}}{\sqrt{\frac{\sum \bar{D}^2 - \frac{(\sum \bar{D})^2}{N}}{N(N-1)}}}$$

..... (Suharsimi, 1990: 509)

Keterangan:

t = Harga t untuk sampel yang berbeda

\bar{D} = Perbedaan rata-rata antara pengujian dengan menggunakan bahan bakar solar dengan biodiesel (B10 dan B20)

$\sum \bar{D}$ = Jumlah perbedaan hasil pengujian

$\sum \bar{D}^2$ = Jumlah kuadrat beda antara menggunakan bahan bakar solar dengan biodiesel (B10 dan B20)

N = Banyaknya pengujian dilakukan

Kemudian hasil t_{hitung} dibandingkan dengan t_{tabel} pada taraf signifikan 5%. Apabila diperoleh harga t_{hitung} lebih besar pada t_{tabel} , maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara kedua data yang dibandingkan adalah signifikan. Sebaliknya jika harga t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} , maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan yang ada tidak signifikan.



BAB IV
PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Untuk mengetahui hasil penelitian mengenai pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel B10 dan biodiesel B20 berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa terhadap konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang, maka berikut disajikan data konsumsi bahan bakar (cc) dan ketebalan asap gas buang. Data hasil penelitian tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Data Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 9
Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Putaran Mesin (rpm)	Solar				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10	68,13	68,21	68,17
1500	80-90	10	12,10	12,08	12,09
2000	80-90	10	6,43	6,59	6,51
Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B10 Kelapa Sawit				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10	66,33	66,21	66,27
1500	80-90	10	11,10	11,15	11,13
2000	80-90	10	6,33	6,20	6,27

Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B20 Kelapa Sawit				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10	65,59	65,44	65,52
1500	80-90	10	10,22	10,27	13,25
2000	80-90	10	5,42	5,49	5,46
Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B10 Jarak Pagar				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10	66,46	66,30	66,38
1500	80-90	10	11,01	11,04	11,03
2000	80-90	10	6,35	6,40	6,38
Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B20 Jarak Pagar				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10	64,21	64,35	64,28
1500	80-90	10	10,05	10,10	10,08
2000	80-90	10	5,40	5,45	5,43
Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B10 Kelapa				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10	67,55	67,47	67,51
1500	80-90	10	11,42	11,38	11,40
2000	80-90	10	6,30	6,25	6,28

Putaran Mesin (rpm)	Biodiesel B20 Kelapa				
	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cm ³)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
700	80-90	10	65,47	65,45	65,46
1500	80-90	10	10,15	10,20	10,18
2000	80-90	10	5,23	5,20	5,21

Dengan menggunakan persamaan di bawah, maka dapat dihitung konsumsi bahan bakar dalam *liter/jam*.

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} \text{ liter/jam}$$

Keterangan:

$m^{\circ}f$ = Konsumsi bahan bakar (*liter/jam*)

V_{bb} = Jumlah bahan bakar yang digunakan (*cm³*)

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar (*detik*)

dimana:

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

dengan ketentuan:

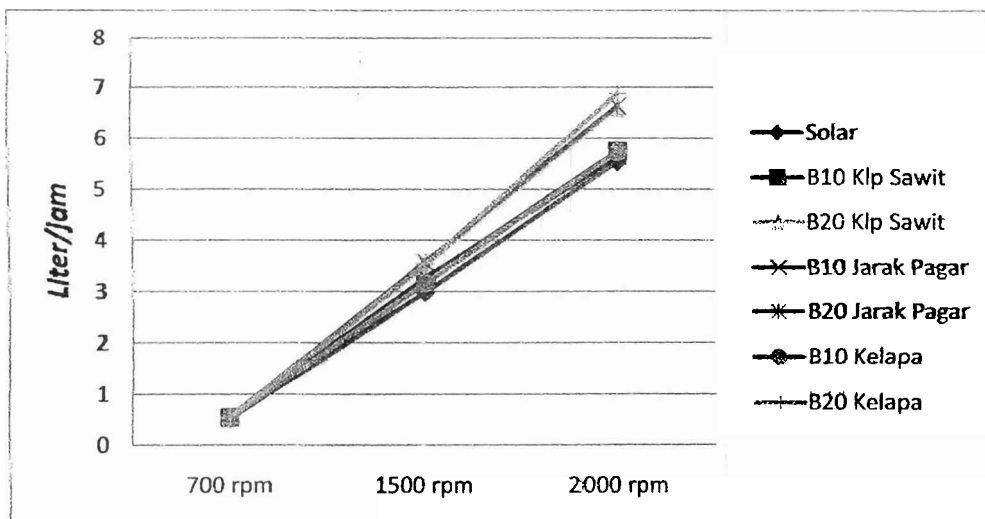
$$1 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ liter}$$

Adapun konsumsi bahan bakar solar dan biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa setelah dilakukan penghitungan dengan persamaan di atas maka konsumsi bahan bakar menjadi seperti pada tabel berikut:

Tabel 10
Data Konsumsi Bahan Bakar Dalam Liter/Jam

Bahan Bakar	Putaran 700 rpm	Putaran 1500 rpm	Putaran 2000 rpm	Rata- rata
Solar	0,521	2,978	5,530	3,010
B10 Klp Sawit	0,543	3,235	5,742	3,173
B20 Klp Sawit	0,549	3,512	6,593	3,551
B10 Jarak Pagar	0,542	3,264	5,643	3,150
B20 Jarak Pagar	0,560	3,571	6,630	3,587
B10 Kelapa	0,533	3,158	5,732	3,141
B20 Kelapa	0,550	3,536	6,866	3,651

Berdasarkan tabel di atas maka dapat dilihat perbedaan konsumsi bahan bakar antara yang menggunakan bahan bakar solar dengan yang menggunakan biodiesel (B10 dan B20), pada grafik berikut ini:



Grafik 2 . Perbedaan Konsumsi Bahan Bakar

Dari tabel 10 dan grafik 2 di atas dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar solar lebih irit jika dibandingkan dengan biodiesel B10 dan B20, dimana jika diurutkan maka didapat konsumsi bahan bakar sebagai berikut: solar, biodiesel B10 kelapa, biodiesel B10 jarak pagar, biodiesel B10 kelapa sawit, biodiesel B20 kelapa sawit, biodiesel B20 jarak pagar, lalu biodiesel B20 kelapa.

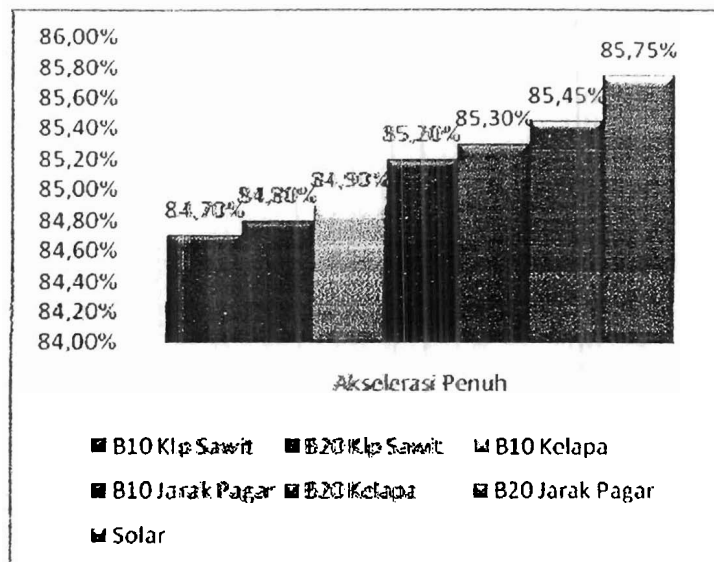
2. Data Pengujian Ketebalan Asap Buang

Tabel 11
Data Hasil Pengujian Ketebalan Asap Gas Buang

Putaran Mesin	Solar				
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)			
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90	85,7	85,8	85,75	85,75
Putaran Mesin	Biodiesel B10 Kelapa Sawit				
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)			
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90	84,7	84,7	84,7	84,7
Putaran Mesin	Biodiesel B20 Kelapa Sawit				
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)			
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90	84,8	84,8	84,8	84,8

Putaran Mesin	Biodiesel B10 Jarak Pagar				
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)			
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90	85,2	85,2	85,2	85,2
Putaran Mesin	Biodiesel B20 Jarak Pagar				
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)			
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90	85,4	85,5	85,45	85,45
Putaran Mesin	Biodiesel B10 Kelapa				
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)			
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90	84,9	84,9	84,9	84,9
Putaran Mesin	Biodiesel B20 Kelapa				
	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)			
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
Akselerasi Penuh	80-90	85,3	85,3	85,3	85,3

Berdasarkan tabel 11 di atas dapat dilihat perbedaan ketebalan asap buang yang dihasilkan oleh motor diesel 4 langkah (Mobil Isuzu Panther TBR 541 LS MT, tahun 2006), antara yang menggunakan bahan bakar solar dengan biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa. Dapat dilihat pada grafik berikut ini:



Grafik 3. Perbedaan Ketebalan Asap Gas Buang

Dari tabel 11 dan grafik 3 di atas dapat disimpulkan bahwa ketebalan asap buang yang dihasilkan oleh biodiesel B10 dan B20 lebih sedikit jika dibandingkan dengan solar, dimana jika diurutkan maka didapat ketebalan asap buang sebagai berikut: biodiesel B10 kelapa sawit, biodiesel B20 kelapa sawit, B10 kelapa, biodiesel B10 jarak pagar, biodiesel B20 kelapa, biodiesel B20 jarak pagar, lalu solar.

3. Analisis Hasil penelitian

a. Analisa Data Hasil Penelitian

Untuk mengetahui signifikan atau tidak signifikannya perbedaan dari data yang diperoleh tentang konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang yang dihasilkan oleh motor diesel 4 langkah (Mobil Isuzu Panter TBR 541 LS MT, tahun 2006), antara yang menggunakan bahan bakar solar dengan yang menggunakan biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak

jarak pagar, dan minyak kelapa. Dapat diketahui dengan uji statistik seperti terlihat pada lampiran 3 poin 1 dengan menggunakan persamaan *t test* berikut:

$$t = \frac{\bar{D}}{\sqrt{\frac{\sum \bar{D}^2 - \frac{(\sum \bar{D})^2}{N}}{N(N-1)}}$$

Keterangan:

t = Harga *t* untuk sampel yang berbeda

\bar{D} = Perbedaan rata-rata antara pengujian dengan menggunakan bahan bakar solar dengan biodiesel (B10 dan B20)

$\sum \bar{D}$ = Jumlah perbedaan hasil pengujian

$\sum \bar{D}^2$ = Jumlah kuadrat beda antara menggunakan bahan bakar solar dengan biodiesel (B10 dan B20)

N = Banyaknya pengujian dilakukan

1) Konsumsi Bahan Bakar

Setelah dilakukan uji statistis seperti terlihat pada lampiran 3 poin 1 dengan menggunakan persamaan *t test* terhadap data perbedaan konsumsi bahan bakar motor diesel 4 langkah (Mobil Isuzu Panter TBR 541 LS MT, tahun 2006), antara yang menggunakan bahan bakar solar dengan yang menggunakan biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa, pada taraf signifikan 5 % maka diperoleh perbedaan sebagai berikut

Tabel 12
 Hasil Uji Statistik Konsumsi Bahan Bakar pada Taraf Signifikan 5 %

Bahan Bakar	Hasil Penghitungan	Signifikan/ Tidak Signifikan
Solar – Biodiesel B10 Kelapa Sawit	$t_{hitung} = 2,270258 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B20 Kelapa Sawit	$t_{hitung} = 1,813765 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B10 Jarak Pagar	$t_{hitung} = 1,802591 < t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B20 Jarak Pagar	$t_{hitung} = 1,883251 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B10 Kelapa	$t_{hitung} = 2,183042 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B20 Kelapa	$t_{hitung} = 1,688740 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan

2) Ketebalan Asap Buang

Setelah dilakukan uji statistik seperti terlihat pada lampiran 3 poin 2, dengan menggunakan persamaan *t test* terhadap data perbedaan ketebalan asap gas buang motor diesel 4 langkah (Mobil Isuzu Panter TBR 541 LS MT, tahun 2006), antara yang menggunakan bahan bakar solar dengan yang menggunakan bahan bakar biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa, pada taraf signifikan 5 % maka diperoleh perbedaan sebagai berikut:

Tabel 13
 Hasil Uji Statistik Ketebalan Asap Buang pada Taraf Signifikan 5 %

Bahan Bakar	Hasil Penghitungan	Signifikan/ Tidak Signifikan
Solar – Biodiesel B10 Kelapa Sawit	$t_{hitung} = 21 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B20 Kelapa Sawit	$t_{hitung} = 1,34 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B10 Jarak Pagar	$t_{hitung} = 11 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B20 Jarak Pagar	$t_{hitung} = 1,43 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B10 Kelapa	$t_{hitung} = 0,99 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan
Solar – Biodiesel B20 Kelapa	$t_{hitung} = 9 > t_{tabel} = 0,816$	Signifikan

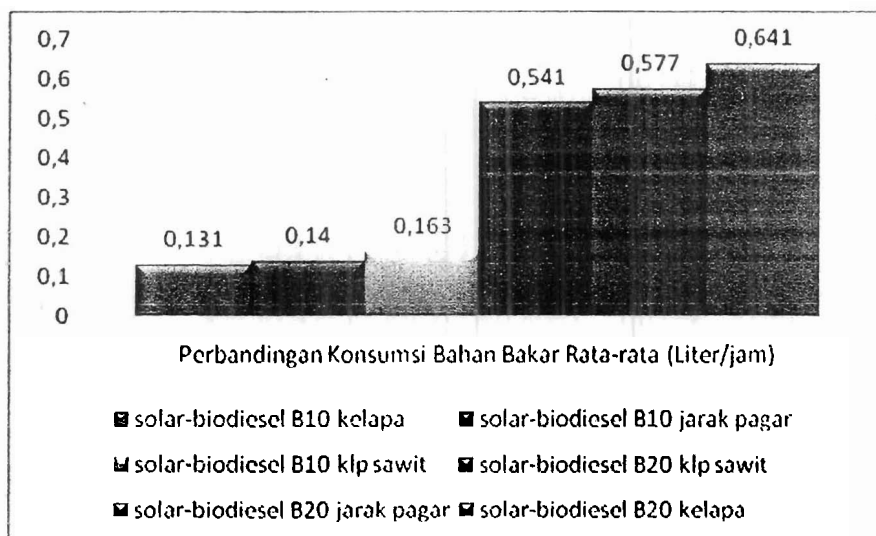
B. Pembahasan

Sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai, yaitu untuk mendeskripsikan perbedaan konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang pada motor diesel 4 langkah ketika menggunakan solar dan biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa.

berdasarkan data pengujian maka dapat dibuat pembahasan sebagai berikut:

- a. Konsumsi bahan bakar. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 10 bahwa konsumsi bahan bakar memiliki perbedaan yang signifikan antara solar dengan biodiesel, tetapi setelah dilakukan uji statistik dengan persamaan *t test* pada taraf signifikan 5% didapatkan bahwa perbedaan konsumsi bahan

bakar solar dengan biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa memiliki perbedaan yang signifikan, dimana pada semua sampel biodiesel t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} . Adapun perbedaan rata-rata hasil pengujian konsumsi bahan bakar tersebut dapat dilihat pada grafik berikut :

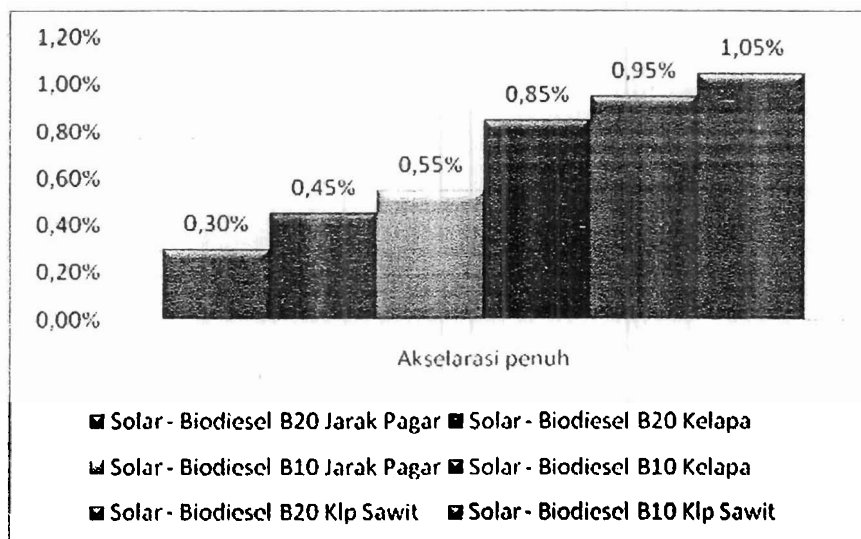


Grafik 4. Perbedaan Konsumsi Bahan Bakar Solar Dengan Biodiesel (B10 dan B20)

Berdasarkan grafik perbedaan konsumsi bahan bakar diatas dapat diurutkan bahwa konsumsi bahan bakar solar lebih baik diikuti oleh biodiesel B10 lalu biodiesel B20, dimana nilai perbedaan rata-rata konsumsi bahan bakar solar lebih irit 0,131 *liter/jam* dari biodiesel B10 kelapa, 0,14 *liter/jam* dari biodiesel B10 jarak pagar, 0,163 *liter/jam* dari biodiesel B10 kelapa sawit, 0,541 *liter/jam* dari biodiesel B20 kelapa sawit, 0,577 *liter/jam* dari biodiesel B20 jarak pagar, dan 0,641 *liter/jam* dari biodiesel B20 kelapa.

Peningkatan konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh besarnya campuran solar dengan biodiesel, karena semakin besar campuran maka viskositasnya juga meningkat, hal ini menyebabkan penguapan diruang bakar akan rendah (Adly,2008). Kekentalan atau viskositas adalah sifat dari cairan yang menghambat gaya yang menyebabkan dapat mengalir, viskositas dari minyak diesel mempengaruhi bentuk pengabutan yang halus sedangkan campuran biodiesel dengan viskositas yang besar akan menghasilkan pengabutan yang besar, apabila pengabutan bahan bakar besar akan menyebabkan penguapannya rendah, viskositas juga akan menyebabkan kerja dari pompa bahan bakar akan bertambah sehingga beban yang terjadi pada mesin juga akan meningkat. Hasil ini penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya bahwa dengan menggunakan campuran biodiesel (biodiesel berbasis CPO) berbagai komposisi akan meningkatkan konsumsi bahan bakar sebesar 3,06% sampai 13,13% (Achmad, dkk, 2005). Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Universitas Gadjah Mada pada delapan kendaraan bermotor yang umurnya kurang dari dua tahun(4 mobil Opel Corsa-B 1,5l dan 4 mobil VW T4 2,4l), dengan menggunakan biodiesel dari minyak jelatah, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata penambahan konsumsi bahan bakar pada mobil VW T4 sebesar 9,6% dan pada Opel Corsa 16,2%, hal ini terjadi karena kandungan kalori pada biodiesel lebih rendah dibandingkan dengan solar (Roy, 2007).

b. Ketebalan asap buang. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 11 bahwa ketebalan asap buang memiliki perbedaan tetapi setelah dilakukan uji statistik dengan persamaan *t test* pada taraf signifikan 5% didapatkan hanya perbedaan solar dengan biodiesel B10 kelapa sawit saja yang memiliki perbedaan yang signifikan, yaitu $t_{hitung} = 21$ lebih besar dari $t_{tabel} \cong 12,706$. Selanjutnya untuk sampel yang lainya tidak memiliki perbedaan signifikan, dimana t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} , seperti yang terlihat pada tabel 13. Adapun perbedaan hasil pengujian ketebalan asap buang dapat dilihat pada grafik berikut:



Grafik 5. Perbedaan Ketebalan Asap Buang Solar dengan Biodiesel (B10 dan B20)

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa ketebalan asap buang yang dihasilkan oleh bahan bakar biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa lebih sedikit jika dibandingkan dengan bahan bakar solar. Dimana nilai perbedaan ketebalan asap buangnya yaitu: 1,05% untuk biodiesel B10 kelapa sawit, 0,95%

untuk biodiesel B20 kelapa sawit, 0,85% untuk biodiesel B10 kelapa, 0,55% untuk biodiesel B10 jarak pagar, 0,45% untuk biodiesel B20, dan 0,3% untuk biodiesel B20 jarak pagar. Rata-rata perbedaan ketebalan asap buang yang dihasilkan oleh biodiesel adalah 0,92% lebih sedikit jika dibandingkan dengan solar.

Khusus mesin berbahan bakar solar, asap terbentuk ketika bahan bakar tidak mampu tercampur dengan baik dengan oksigen sehingga reaksi pembakaran tidak sempurna, dalam kondisi seperti ini suhu pembakaran tidak terlalu tinggi. Mirip emisi hidrokarbon, ketebalan asap buang terjadi karena komponen dari bahan bakar yang tidak ikut terbakar. Selain mengganggu pandangan karena kehitaman dan kepekatan asapnya, juga bersifat karsinogenis (penyebab kanker), mengurangi fungsi ozon menahan sinar inframerah matahari yang dapat meningkatkan kematian

Penurunan ketebalan asap buang pada campuran biodiesel dipengaruhi oleh angka cetana dan kandungan oksigen yang ada pada biodiesel. Jika dilihat dari segi angka cetana, rata-rata biodiesel murni memiliki kandungan angka cetana di atas 50, hal ini berbeda dengan solar yang memiliki angka cetana maksimal 48. Angka cetana merupakan faktor yang mempengaruhi mudah atau tidaknya bahan bakar terbakar, semakin tinggi angka cetana, maka semakin pendek waktu penundaan penyalanya, angka cetana juga mempengaruhi penyalaan saat dingin, proses pembakaran, akselerasi, dan jumlah asap (Adly, 2008). sehingga karakteristik ini akan mengurangi emisi gas buang yang tidak terbakar

sehingga akan menurunkan kadar emisi yang dihasilkan termasuk ketebalan asap buang. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa penggunaan biodiesel dapat mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon total, partikel, dan sulfur dioksida (Tilani Hamid S, 2002). Hasil ini penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya bahwa dengan menggunakan biodiesel B30 akan menurunkan ketebalan asap buang sebanyak 1% (Jhon Sousanis, 2011).

Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa dengan penambahan biodiesel kedalam solar akan menurunkan tingkat ketebalan asap buang, karena asap hitam yang terbentuk akibat dekomposisi butir-butir bahan bakar yang diinjeksikan kedalam ruang bakar pada temperatur tinggi yang dipengaruhi oleh jenis bahan bakar, jumlah karbon dalam molekul bahan bakar dan campuran lokal udara dan bahan bakar. Bahan bakar yang banyak mengandung atom karbon dan campuran lokal udara bahan bakar yang kaya memiliki kemungkinan besar terbentuknya asap buang yang tebal (Achmad, dkk, 2005), hal ini berbeda dengan biodiesel yang memiliki lebih sedikit mengandung atom karbon dan biodiesel juga memiliki kandungan oksigen sehingga proses terbakar bahan bakar lebih baik, hal ini mempengaruhi ketebalan asap buang yang dihasilkan cenderung lebih sedikit.

C. Keterbatasan Penelitian

Adapun keterbatasan yang terjadi dalam penelitian ini yaitu keterbatasan peralatan sehingga perbedaan yang dilakukan pada jenis bahan bakar yang di uji, hanya konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap buang saja, padahal apabila dilakukan pengujian yang lainya yang berhubungan dengan penggunaan bahan bakar akan lebih baik seperti konsumsi bahan bakar spesifik dan kandungan emisi gas buang yang lainnya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data yang dilakukan, maka dalam penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jika dilihat dari konsumsi bahan bakar, penggunaan bahan bakar biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa memiliki perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan solar setelah dilakukan uji statistik dimana t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} pada taraf signifikan 5%. Tetapi jika diurutkan secara konsumsi didapatkan bahwa bahan bakar solar lebih irit diikuti oleh biodiesel B10 lalu biodiesel B20, dimana nilai perbedaan rata-rata konsumsi bahan bakar solar lebih irit 0,131 liter/jam dari biodiesel B10 kelapa, 0,14 liter/jam dari biodiesel B10 jarak pagar, 0,163 liter/jam dari biodiesel B10 kelapa sawit, 0,541 liter/jam dari biodiesel B20 kelapa sawit, 0,577 liter/jam dari biodiesel B20 jarak pagar, dan 0,641 liter/jam dari biodiesel B20 kelapa.
2. Ketebalan asap buang yang dihasilkan oleh kendaraan yang menggunakan bahan bakar biodiesel (B10 dan B20) berbasis minyak kelapa sawit, minyak jarak pagar, dan minyak kelapa jika dibandingkan dengan solar memang lebih baik persentasenya. Dimana nilai perbedaan ketebalan asap solar dengan biodiesel yaitu: 1,05% untuk biodiesel B10 kelapa sawit, 0,95% untuk biodiesel B20 kelapa sawit, 0,85% untuk biodiesel B10 kelapa, 0,55% untuk biodiesel B10 jarak pagar, 0,45% untuk biodiesel

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

B20, dan 0,3% untuk biodiesel B20 jarak pagar. Rata-rata perbedaan ketebalan asap buang yang dihasilkan oleh biodiesel adalah 0,92% lebih sedikit jika dibandingkan dengan solar. Tetapi setelah dilakukan uji statistik pada taraf signifikan 5% ditemukan bahwa perbandingan ketebalan asap buang solar dengan biodiesel B10 kelapa sawit saja yang memiliki perbedaan yang signifikan, yaitu $t_{hitung} = 21$ lebih besar dari t_{tabel} .

A. Saran

1. Industri otomotif hendaknya mampu menyikapi secara serius mengenai masalah keterbatasan ketersediaan bahan bakar dan polusi gas buang yang disebabkan oleh kendaraan. Upaya ini dapat dilakukan dengan pengeluaran produk-produk yang teruji ramah lingkungan dan hemat bahan bakar serta produk yang memiliki spesifikasi untuk menggunakan bahan bakar nabati sehingga pengguna kendaraan tidak ragu-ragu menggunakan bahan bakar nabati.
2. Pemerintah juga harus ambil dalam mengatasi keterbatasan bahan bakar fosil dan polusi gas buang yang terjadi saat ini. Adapun upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mendukung pengembangan bahan bakar nabati yang ramah lingkungan.
3. Masyarakat hendaknya sudah mulai beralih menggunakan bahan bakar nabati sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan mengurangi pencemaran lingkungan, dan juga dapat memberikan

keinginan yang kuat kepada produsen bahan bakar nabati dalam mengembangkan produknya agar memiliki kualitas yang semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arkhangelsky, V dkk. 1979. *Motor Vehicle Engines*. Moscow: Mir Publsher
- Ahmad Irvan. (2009). *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Berbasis Minyak Jarak (*Jatropha curcas*) Terhadap Emisi Gas Buang pada Motor Diesel*. Tidak diterbitkan. Program S1 UNP
- Ardi Djitra. (2005). *Menganalisa Sendiri Hasil Test Emisi Gas Buang*. Pada: <http://www.saft7.com/menganalisa-sendiri-hasil-test-emisi-gas-buang/>. [diakses tanggal 6 maret 2012]
- Bambang Tri Budiman. (2004). *Penggunaan Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Pada: http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/25374/prosiding_seminar_prospek_biodiesel-2.pdf?sequence=1. [diakses tanggal 18 april 2012]
- Chairil Anwar. *et. al.* (2010). *Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif Menghadapi Perubahan Iklim*. Pada: <http://www.bsn.go.id/files/348256349/Litbang%202010/prosiding%202010%20unlam/Biodiesel%20sebagai%20bahan%20bakar%20alternatif%20menghadapi%20perubahan%20iklim.pdf>. [diakses tanggal 27 februari 2012]
- <http://www.pustaka.litbang.deptan.go.id/publikasi/wr304082.pdf>. [diakses tanggal 23 februari 2012]
- http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=17¬ab=12. [diakses tanggal 28 februari 2012]
- <http://prokum.esdm.go.id/Publikasi/Statistik/Statistik%20Minyak%20Bumi.pdf>. [diakses tanggal 28 februari 2012]
- <http://www.indobiofuel.com/standar%20dan%20mutu%20biodiesel.php>. [diakses tanggal 23 februari 2012]
- <http://teknik.ums.ac.id/kuliah/ruhiko/file/A5-PDFFINAL%20buku%20teks%20ruhiko%20DIM/Fin%20A5bab%201%20%20benar%20Permasalahan%20kota-23%20okt%20.pdf>. [diakses tanggal 16 maret 2012]
- <http://duniaindustri.com/otomotif/752-wow-populasi-kendaraan-di-indonesia-ditaksir-107-juta-unit.html>. [diakses tanggal 28 februari 2012]
- Jamil Musanif. *Biodiesel*. Pada: <http://pphp.deptan.go.id/xplore/files/PENGOLAHAN-HASIL/BioEnergi-Lingkungan/BioEnergi-Perdesaan/BIOFUEL/Biodiesel/Biodiesel.pdf>. [diakses tanggal 18 april 2013]

- Kementrian Pendidikan Nasional Universitas Negeri Padang. (2011). *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang*. Padang: Universitas Negeri Padang
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2011). *Industri Hilir Kelapa Sawit Indonesia*. Pada: <http://www.infosawit.com/downloads/bookletbaru/Booklet%20industri%20hilir%20kelapa%20Sawit%20indonesia.pdf>. [diakses tanggal 28 februari 2012]
- Mathur, M.L and Sharma, R.P. 1980. *A Course Internal Combustion Engine*. New Delhi: Dhanpat&Son
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2009). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru*. Pada: <http://langitbiru.menlh.go.id/upload/publikasi/pdf/Permen-04-2009.pdf>. [diakses tanggal 6 maret 2012]
- Muhammad Firman & Iwan Kurniawan. (2011). *2030, Emisi Gas Rumah Kaca RI 3,6 M Ton*. Pada: <http://teknologi.vivanews.com/news/read/274338-2030--emisi-gas-rumah-kaca-indonesia-3-6m-ton>. [diakses tanggal 23 februari 2012]
- Nurseffi Dwi Wahyuni. (2009). *Konsumsi BBM Indonesia Tergolong Sangat Boros*. Pada: <http://finance.detik.com/read/2009/04/17/140524/1117084/4/konsumsi-bbm-indonesia-tergolong-sangat-boros>. [diakses tanggal 21 februari 2012]
- Priyanto. (2007). *Analisis Gangguan Sistem Injeksi Bahan Bakar Mesin Diesel Hyundai FE 120 PS dan Cara Mengatasinya*. Pada: <http://abdul.student.umm.ac.id/files/2010/02/mesin1.pdf>. [diaksese tanggal 28 februari 2012]
- Sekretariat Kepala Dewan Nasional Perubahan Iklim. (2010). *Peluang dan Kebijakan Pengurangan Emisi Sektor Transportasi*. Pada: <http://www.esmap.org/esmap/sites/esmap.org/files/ID%20Low%20Carbon%20Transport%20-%20Indonesian%20-%2009%202010.pdf>. [diakses tanggal 6 maret 2012]
- Setiaty Pandia., Amir Husin., & Zuhrina Masyithan. (1996). *Kimia Lingkungan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sousanis, John. (2011). *World Vehicle Population Tops 1 Billion Units*. Pada: http://wardsauto.com/ar/world_vehicle_population_110815. [diakses tanggal 16 maret 2012]
- Soni S Wirawan. *et. al.* (2008). *Studi Penentuan Komposisi Optimum Campuran Bahan Bakar Biodiesel-Petrodiesel*. Pada: <http://isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/420899110.pdf>. [diakses tanggal 23 februari 2012]

- Srikandi Fardiaz. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kasinus
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharsimi Arikunto. (1990). *Manajemen Penelitian*. Jakarta: PT Rineka Cipta
- Syamsudin Manai. (2010). *Membuat Sendiri Biodiesel*. Yogyakarta: C.V Andi Offset
- Tilani Hamid S dan Rachman Yusuf. 2002). *Preparasi Karakteristik Kiodiesel dari Minyak Kelapa Sawit*. Pada: http://journal.ui.ac.id/upload/artikel/Preparasi%20karakteristik_Hamid%20dan%20Yusuf.pdf. [diakses tanggal 23 februari 2012]
- Toyota, Step 2. *Materi Pembelajaran Engine Group*. P.T. TOYOTA Astra Motor

DATA PENELITIAN

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Putaran Mesin (rpm)	Temperatur Mesin (°C)	Jumlah Bahan Bakar (cc)	Pengujian (detik)		
			Uji 1	Uji 2	Rata-rata
Solar					
700	80-90	10	68,13	68,21	68,17
1500	80-90	10	12,10	12,08	12,09
2000	80-90	10	6,43	6,59	6,51
Biodiesel B10 Kelapa Sawit					
700	80-90	10	66,13	66,21	66,17
1500	80-90	10	11,10	11,15	11,13
2000	80-90	10	6,33	6,20	6,27
Biodiesel B20 Kelapa Sawit					
700	80-90	10	65,59	65,44	65,52
1500	80-90	10	10,22	10,27	10,25
2000	80-90	10	5,42	5,49	5,46
Biodiesel B10 Jarak Pagur					
700	80-90	10	66,46	66,30	66,38
1500	80-90	10	11,01	11,04	11,03
2000	80-90	10	6,35	6,40	6,38
Biodiesel B20 Jarak Pagur					
700	80-90	10	64,21	64,35	64,28
1500	80-90	10	10,05	10,10	10,08
2000	80-90	10	5,40	5,45	5,43
Biodiesel B10 Kelapa					
700	80-90	10	65,55	65,47	65,51
1500	80-90	10	11,42	11,38	11,40
2000	80-90	10	6,30	6,25	6,28
Biodiesel B20 Kelapa					
700	80-90	10	65,47	65,45	65,46
1500	80-90	10	10,15	10,20	10,18
2000	80-90	10	5,25	5,20	5,21

DATA PENELITIAN

Tabel. Data Hasil Pengujian Ketebalan Asap Buang

Putaran Mesin		Solar		
Akselerasi Penuh	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		Rata-rata
	80-90	Uji 1	Uji 2	
		85,7	85,8	85,75
Putaran Mesin		Biodiesel B10 Kelapa Sawit		
Akselerasi Penuh	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		Rata-rata
	80-90	Uji 1	Uji 2	
		84,7	84,7	84,7
Putaran Mesin		Biodiesel B20 Kelapa Sawit		
Akselerasi Penuh	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		Rata-rata
	80-90	Uji 1	Uji 2	
		84,8	84,8	84,8
Putaran Mesin		Biodiesel B10 Jarak Pagar		
Akselerasi Penuh	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		Rata-rata
	80-90	Uji 1	Uji 2	
		85,2	85,2	85,2
Putaran Mesin		Biodiesel B20 Jarak Pagar		
Akselerasi Penuh	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		Rata-rata
	80-90	Uji 1	Uji 2	
		85,4	85,5	85,45
Putaran Mesin		Biodiesel B10 Kelapa		
Akselerasi Penuh	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		Rata-rata
	80-90	Uji 1	Uji 2	
		84,9	84,9	84,9
Putaran Mesin		Biodiesel B20 Kelapa		
Akselerasi Penuh	Temperatur Mesin (°C)	Pengujian (%)		Rata-rata
	80-90	Uji 1	Uji 2	
		85,3	85,3	85,3

LAMPIRAN 2

Penghitungan Konsumsi Bahan Bakar dari $cm^3/detik$ menjadi liter/jam

a. Konsumsi solar

1. 700 rpm

Diketahui:

$$t = 68,17 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{68,17 \text{ dt}} = 0,146692093 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,146692093 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = \mathbf{0,521 \text{ liter/jam}}$$

2. 1500 rpm

Diketahui:

$$t = 12,09 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{12,09 \text{ dt}} = 0,827129859 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,827129859 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = \mathbf{2,978 \text{ liter/jam}}$$

3. 2000 rpm

Diketahui:

$$t = 6,51 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{6,51 \text{ dt}} = 1,53609831 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{1,53609831 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 5,530 \text{ liter/jam}$$

b. Konsumsi Biodiesel B10 Kelapa Sawit

1. 700 rpm

Diketahui:

$$t = 66,27 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{66,27 \text{ dt}} = 0,150897842 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,150897842 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 0,543 \text{ liter/jam}$$

2. 1500 rpm

Diketahui:

$$t = 11,13 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{11,13 \text{ dt}} = 0,898472597 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,898472597 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 3,235 \text{ liter/jam}$$

3. 2000 rpm

Diketahui:

$$t = 6,27 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{6,27 \text{ dt}} = 1,594896332 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{1,59486332 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 5,742 \text{ liter/jam}$$

c. Konsumsi Biodiesel B20 Kelapa Sawit

1. 700 rpm

Diketahui:

$$t = 65,52 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{65,52 \text{ dt}} = 0,152625153 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,152625153 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 0,549 \text{ liter/jam}$$

2. 1500 rpm

Diketahui:

$$t = 10,25 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{10,25 \text{ dt}} = 0,975609756 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,975609756 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 3,512 \text{ liter/jam}$$

3. 2000 rpm

Diketahui:

$$t = 5,46 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{5,46 \text{ dt}} = 1,831501832 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{1,831501832 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 6,593 \text{ liter/jam}$$

d. Konsumsi Biodiesel B10 Jarak Pagar

1. 700 rpm

Diketahui:

$$t = 66,38 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{66,38 \text{ dt}} = 0,150647785 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,150647785 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 0,542 \text{ liter/jam}$$

2. 1500 rpm

Diketahui:

$$t = 11,03 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{11,03 \text{ dt}} = 0,906618314 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,906618314 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 3,264 \text{ liter/jam}$$

3. 2000 rpm

Diketahui:

$$t = 6,38 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{6,38 \text{ dt}} = 1,567398119 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{1,567398119 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 5,643 \text{ liter/jam}$$

e. Konsumsi Biodiesel B20 Jarak Pagar

1. 700 rpm

Diketahui:

$$t = 64,28 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{64,28 \text{ dt}} = 0,155569384 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,155569384 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 0,560 \text{ liter/jam}$$

2. 1500 rpm

Diketahui:

$$t = 10,08 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{10,08 \text{ dt}} = 0,992063492 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,992063492 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 3,571 \text{ liter/jam}$$

3. 2000 rpm

Diketahui:

$$t = 5,43 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{5,43 \text{ dt}} = 1,841620626 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{1,841620626 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 6,630 \text{ liter/jam}$$

f. Konsumsi Biodiesel B10 Kelapa

1. 700 rpm

Diketahui:

$$t = 67,51 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{67,51 \text{ dt}} = 0,148126204 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,148126204 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 0,533 \text{ liter/jam}$$

2. 1500 rpm

Diketahui:

$$t = 11,40 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{11,40 \text{ dt}} = 0,877192982 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,877192982 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 3,158 \text{ liter/jam}$$

3. 2000 rpm

Diketahui:

$$t = 6,28 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{6,28 \text{ dt}} = 1,592356688 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{1,59356688 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 5,732 \text{ liter/jam}$$

g. Konsumsi Biodiesel B20 Kelapa

1. 700 rpm

Diketahui:

$$t = 65,46 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{65,46 \text{ dt}} = 0,152765047 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,152765047 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 0,550 \text{ liter/jam}$$

2. 1500 rpm

Diketahui:

$$t = 10,18 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{10,18 \text{ dt}} = 0,982318274 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{0,982318274 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = 3,536 \text{ liter/jam}$$

3. 2000 rpm

Diketahui:

$$t = 5,22 \text{ dt}$$

$$V_{bb} = 10 \text{ cm}^3$$

Dimana:

$$1 \text{ cc} = 10^{-3} \text{ liter}$$

$$1 \text{ dt} = 1/3600 \text{ jam}$$

Ditanya:

$$m^{\circ}f \text{ (liter/jam)}$$

Maka:

$$m^{\circ}f = \frac{V_{bb}}{t} = \frac{10 \text{ cm}^3}{5,22 \text{ dt}} = 1,915708812 \text{ cm}^3/\text{dt}$$

$$m^{\circ}f = \frac{1,915708812 \times 10^{-3} \text{ liter}}{1/3600 \text{ jam}} = \mathbf{6,866 \text{ liter/jam}}$$

LAMPIRAN 3

Uji Statistik (*t test*)

1. Konsumsi Bahan Bakar

Tabel
Konsumsi Bahan Bakar Solar dan Biodiesel B10 Kelapa Sawit

Putaran Mesin (Rpm)	Solar (Liter/Jam)	Biodiesel B10 Kelapa Sawit (Liter/Jam)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
700	0,521	0,543	0,022	0,000484
1500	2,978	3,234	0,256	0,065536
2000	5,530	5,742	0,212	0,044944
Jumlah	9,029	9,519	0,490	0,110964
Rata-Rata	3,010	3,173	0,163	0,036988

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\bar{D} = 0,163 \quad N = 3$$

$$\sum \bar{D} = 0,490 \quad \sum \bar{D}^2 = 0,110964$$

$$t = \frac{0,163}{\sqrt{\frac{0,110964 - \frac{(0,490)^2}{3}}{3(3-1)}}} = \frac{0,163}{\sqrt{\frac{0,110964 - 0,080033}{6}}} = \frac{0,163}{\sqrt{0,005155}}$$

$$= \frac{0,163}{0,071798} = 2,270258$$

$$D_b = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 2,270258 < t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

Tabel
Konsumsi Bahan Bakar Solar dan Biodiesel B20 Kelapa Sawit

Putaran Mesin (Rpm)	Solar (Liter/Jam)	Biodiesel B20 Kelapa Sawit (Liter/Jam)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
700	0,521	0,549	0,028	0,000784
1500	2,978	3,512	0,534	0,285156
2000	5,530	6,593	1,063	1,129969
Jumlah	9,029	10,654	1,625	1,415991
Rata-Rata	3,010	3,551	0,542	0,471997

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} \bar{D} &= 0,542 & N &= 3 \\ \sum \bar{D} &= 1,625 & \sum \bar{D}^2 &= 1,417465634 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,542}{\sqrt{\frac{1,415991 - \frac{(1,625)^2}{3}}{3(3-1)}}} = \frac{0,542}{\sqrt{\frac{1,415991 - 0,880208}{6}}} = \frac{0,542}{\sqrt{0,089297}} \\ &= \frac{0,542}{0,298826} = 1,813765 \end{aligned}$$

$$Db = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 1,813765 < t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

Tabel
Konsumsi Bahan Bakar Solar dan Biodiesel B10 Jarak Pagar

Putaran Mesin (Rpm)	Solar (Liter/Jam)	Biodiesel B10 Jarak Pagar (Liter/Jam)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
700	0,521	0,542	0,021	0,000441
1500	2,978	3,264	0,286	0,081786
2000	5,530	5,643	0,113	0,012769
Jumlah	9,029	9,449	0,420	0,094996
Rata-Rata	3,010	3,150	0,140	0,031665

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} \bar{D} &= 0,140 & N &= 3 \\ \sum \bar{D} &= 0,420 & \sum \bar{D}^2 &= 0,094996 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,140}{\sqrt{\frac{0,094996 - \frac{(0,420)^2}{3}}{3(3-1)}}} = \frac{0,140}{\sqrt{\frac{0,094996 - 0,058800}{6}}} = \frac{0,140}{\sqrt{0,006032}} \\ &= \frac{0,140}{0,077666} = 1,802591 \end{aligned}$$

$$Db = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 1,802591 < t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

Tabel
Konsumsi Bahan Bakar Solar dan Biodiesel B20 Jarak Pagar

Putaran Mesin (Rpm)	Solar (Liter/Jam)	Biodiesel B20 Jarak Pagar (Liter/Jam)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
700	0,521	0,560	0,039	0,001521
1500	2,978	3,571	0,593	0,351649
2000	5,530	6,630	1,100	1,210000
Jumlah	9,029	10,761	1,732	1,563170
Rata-Rata	3,010	3,587	0,577	0,521057

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\begin{aligned}\bar{D} &= 0,577 & N &= 3 \\ \Sigma \bar{D} &= 1,732 & \Sigma \bar{D}^2 &= 0,558422\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t &= \frac{0,577}{\sqrt{\frac{1,563170 - \frac{(1,732)^2}{3}}{3(3-1)}}} = \frac{0,577}{\sqrt{\frac{1,563170 - 0,999941}{6}}} = \frac{0,577}{\sqrt{0,093872}} \\ &= \frac{0,577}{0,306385} = 1,883251\end{aligned}$$

$$D_b = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 1,883251 < t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

Tabel
Konsumsi Bahan Bakar Solar dan Biodiesel B10 Kelapa

Putaran Mesin (Rpm)	Solar (Liter/Jam)	Biodiesel B10 Kelapa (Liter/Jam)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
700	0,521	0,533	0,012	0,000144
1500	2,978	3,158	0,180	0,032400
2000	5,530	5,732	0,202	0,040804
Jumlah	9,029	9,423	0,394	0,073348
Rata-Rata	3,010	3,141	0,131	0,024449

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\begin{aligned}\bar{D} &= 0,131 & N &= 3 \\ \Sigma \bar{D} &= 0,394 & \Sigma \bar{D}^2 &= 0,076053\end{aligned}$$

$$t = \frac{0,131}{\sqrt{\frac{0,073348 - \frac{(0,394)^2}{3}}{3(3-1)}}} = \frac{0,131}{\sqrt{\frac{0,073348 - 0,051745}{6}}} = \frac{0,131}{\sqrt{0,003601}}$$

$$= \frac{0,131}{0,060008} = 2,183042$$

$$D_b = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 2,183042 < t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

Tabel
Konsumsi Bahan Bakar Solar dan Biodiesel B20 Kelapa

Putaran Mesin (Rpm)	Solar (Liter/Jam)	Biodiesel B20 Kelapa (Liter/Jam)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
700	0,521	0,550	0,029	0,000841
1500	2,978	3,536	0,558	0,311364
2000	5,530	6,866	1,336	1,784896
Jumlah	9,029	10,952	1,923	2,097101
Rata-Rata	3,010	3,651	0,641	0,699037

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\bar{D} = 0,641$$

$$N = 2$$

$$\sum \bar{D} = 1,923$$

$$\sum \bar{D}^2 = 2,097101$$

$$t = \frac{0,641}{\sqrt{\frac{2,097101 - \frac{(1,923)^2}{3}}{3(3-1)}}} = \frac{0,641}{\sqrt{\frac{2,097101 - 1,232643}{6}}} = \frac{0,641}{\sqrt{0,144076}}$$

$$= \frac{0,641}{0,379573} = 1,688740$$

$$D_b = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 1,688740 < t_{\text{tabel}} = 4,303 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

2. Ketebalan Asap Buang

Tabel
Ketebalan Asap Buang Solar dan Biodiesel B10 Kelapa Sawit

Akselerasi Penuh	Solar (%)	Biodiesel B10 Kelapa Sawit (%)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
Uji 1	85,7	84,7	1	1
Uji 2	85,8	84,7	1,1	1,21
Jumlah	171,5	169,4	2,1	2,21
Rata-Rata	85,75	84,7	1,05	1,105

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\begin{aligned}\bar{D} &= 1,05 & N &= 2 \\ \Sigma \bar{D} &= 2,1 & \Sigma \bar{D}^2 &= 2,21\end{aligned}$$

$$t = \frac{1,05}{\sqrt{\frac{2,21 - \frac{(2,1)^2}{2}}{2(2-1)}}} = \frac{1,05}{\sqrt{\frac{2,21 - 2,205}{2}}} = \frac{1,05}{\sqrt{0,0025}} = \frac{1,05}{0,05} = 21$$

$$Db = k - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 21 > t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

Tabel
Ketebalan Asap Buang Solar dan Biodiesel B20 Kelapa Sawit

Akselerasi Penuh	Solar (%)	Biodiesel B20 Kelapa Sawit (%)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
Uji 1	85,7	84,8	0,9	0,81
Uji 2	85,8	84,8	1	1
Jumlah	171,5	169,6	1,9	2,81
Rata-Rata	85,75	84,8	0,95	1,405

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\begin{aligned}\bar{D} &= 0,95 & N &= 2 \\ \Sigma \bar{D} &= 1,9 & \Sigma \bar{D}^2 &= 2,81\end{aligned}$$

$$t = \frac{0,95}{\sqrt{\frac{2,81 - \frac{(1,9)^2}{2}}{2(2-1)}}} = \frac{0,95}{\sqrt{\frac{2,81 - 1,805}{2}}} = \frac{0,95}{\sqrt{0,5025}} = \frac{0,95}{0,709} = 1,34$$

$$D_b = k - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 1,34 < t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

Tabel
Ketebalan Asap Buang Solar dan Biodiesel B10 Jarak Pagar

Akselerasi Penuh	Solar (%)	Biodiesel B10 Jarak Pagar (%)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
Uji 1	85,7	85,2	0,5	0,25
Uji 2	85,8	85,2	0,6	0,36
Jumlah	171,5	170,4	1,1	0,61
Rata-Rata	85,75	85,2	0,55	0,305

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} \bar{D} &= 0,55 & N &= 2 \\ \sum \bar{D} &= 1,1 & \sum \bar{D}^2 &= 0,61 \end{aligned}$$

$$t = \frac{0,55}{\sqrt{\frac{0,61 - \frac{(1,1)^2}{2}}{2(2-1)}}} = \frac{0,55}{\sqrt{\frac{0,61 - 0,605}{2}}} = \frac{0,55}{\sqrt{0,0025}} = \frac{0,55}{0,05} = 11$$

$$D_b = k - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 11 < t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

85,7	85,1	0,6	0,36
85,8	85,0	0,8	0,64
171,5	170,1	1,4	1,96
85,75	85,05	0,7	0,5

Tabel
Ketebalan Asap Buang Solar dan Biodiesel B20 Jarak Pagar

Akselerasi Penuh	Solar (%)	Biodiesel B20 Jarak Pagar (%)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
Uji 1	85,7	85,4	0,3	0,9
Uji 2	85,8	85,5	0,3	0,9
Jumlah	171,5	170,9	0,6	1,8
Rata-Rata	85,75	85,45	0,3	0,9

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\bar{D} = 0,7 \quad N = 2$$

$$\sum \bar{D} = 0,6 \quad \sum \bar{D}^2 = 1,8$$

$$t = \frac{0,7}{\sqrt{\frac{0,6 - \frac{(0,6)^2}{2}}{2(2-1)}}} = \frac{0,7}{\sqrt{\frac{0,6 - 0,36}{2}}} = \frac{0,7}{\sqrt{0,24}} = \frac{0,7}{0,49} = 1,43$$

$$Db = k - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 1,43 < t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

Tabel
Ketebalan Asap Buang Solar dan Biodiesel B10 Kelapa

Akselerasi Penuh	Solar (%)	Biodiesel B10 Kelapa (%)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
Uji 1	85,7	84,9	0,8	0,64
Uji 2	85,8	84,9	0,9	0,81
Jumlah	171,5	169,8	1,7	1,45
Rata-Rata	85,75	84,9	0,85	0,725

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\bar{D} = 0,85 \quad N = 2$$

$$\sum \bar{D} = 1,7 \quad \sum \bar{D}^2 = 1,45$$

$$t = \frac{0,85}{\sqrt{\frac{1,45 - \frac{(1,7)^2}{2}}{2(2-1)}}} = \frac{0,85}{\sqrt{\frac{1,45 - 1,445}{2}}} = \frac{0,85}{\sqrt{0,7275}} = \frac{0,85}{0,853} = 0,99$$

$$Db = k - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

$$t_{\text{hitung}} = 0,99 < t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

Tabel
Ketebalan Asap Buang Solar dan Biodiesel B20 Kelapa

Akselerasi Penuh	Solar (%)	Biodiesel B20 Kelapa (%)	Nilai Beda (D)	Beda Kuadrat (D ²)
Uji 1	85,7	85,3	0,4	0,16
Uji 2	85,8	85,3	0,5	0,25
Jumlah	171,5	170,6	0,9	0,41
Rata-Rata	85,75	85,3	0,45	0,205

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa:

$$\begin{aligned}\bar{D} &= 0,45 & N &= 2 \\ \Sigma \bar{D} &= 0,9 & \Sigma \bar{D}^2 &= 0,41\end{aligned}$$

$$t = \frac{0,45}{\sqrt{\frac{0,41 - \frac{(0,9)^2}{2}}{2(2-1)}}} = \frac{0,45}{\sqrt{\frac{0,41 - 0,405}{2}}} = \frac{0,45}{\sqrt{0,0025}} = \frac{0,45}{0,05} = 9$$

$$D_b = k - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ Pada } \alpha = 0,05$$

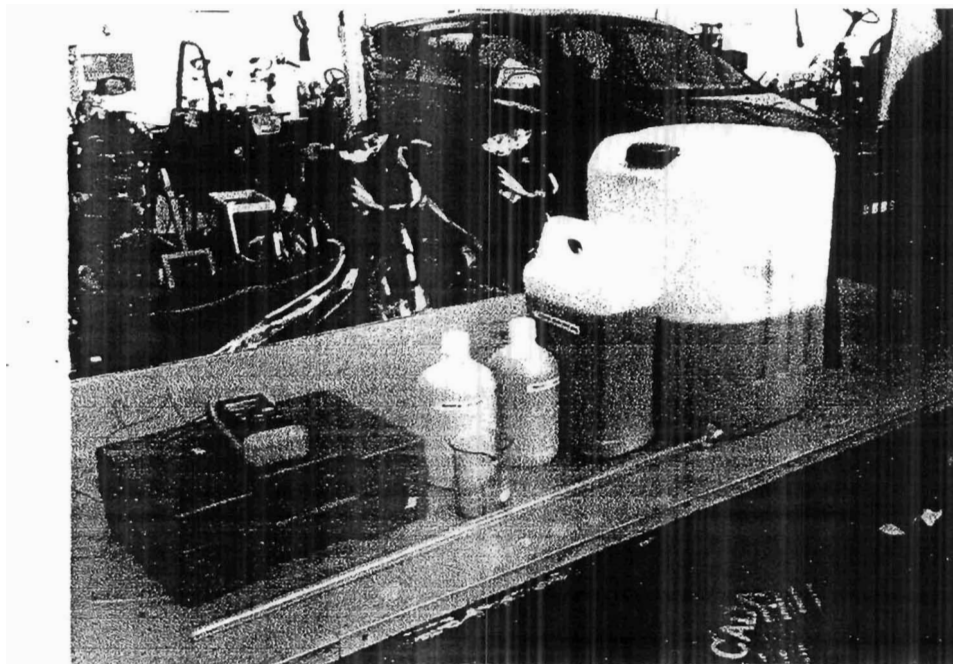
$$t_{\text{hitung}} = 9 < t_{\text{tabel}} = 12,706 \text{ pada } \alpha = 0,05$$

DAFTAR DISTRIBUSI HARGA (tabel)

Db	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,766	3,747	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,751	3,365	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,449
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,691	1,341	1,753	2,132	2,602	2,943
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
X	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

LAMPIRAN 5

Photo Dokumentasi Penelitian



“Photo: Alat dan bahan penelitian”



“Photo: Sampel campuran biodiesel B10 dan B20”



“Photo: Pengambilan data konsumsi bahan bakar”



“Photo: Pengambilan data ketebalan asap buang”



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK



Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171
Telp. (0751) 7055644, 445118 Fax (0751) 7055644, 7055628
e-mail: info@ft.unp.ac.id Web: http://ft.unp.ac.id

Certified Management System
DIN EN ISO 9001:2000
Cert.No. 01.100.086042

DAFTAR HADIR

Hari : Kamis
Tanggal : 6 Desember 2012
Acara : Seminar Hasil Penelitian Dosen Muda FT UNP.

No	Nama	Tanda Tangan
1	Dr. Drs. Denny Kurniadi, M Kom	1
2	Dr. Fahmi Rizal	2
3	NELVI ERIZON	3
4	Ali Baras P	4
5	Hamdan Nurdin	5
6	M. GIATMAN	6
7	Syahril	7
8	Abdul	8
9	Adhila	9
10	Hasanudin	10
11	Zuhwanoro	11
12	MULHAYIK	12
13	IRMA HUSNAINI	13
14	Weni Nelmira	14
15	Eli da	15
16	Hirriyanti Saryatun	16
17	Yusuf Abrian	17
18	Dedi Sulhendri	18
19	Yoszi Mingri Anoperta	19
20	Istaudar G. Rani	20
21	PRIMA YANE PUTRI	21
22	Nery Sandra	22
23	Totok Andanyono	23
24	Abdul AZIZ	24
25	Irma Yulia Sari	25

No	Nama	Tanda Tangan
26	Wahid	26
27	Tetyep Samsuri	27
28	YUFRI ZAL	28
29	Syahril Jauhari	29
30	Apollisna	30
31	Rahmadhani	31
32	Abdullah	32
33	Martias	33
34		34
35		35

Padang, November 2012

Pembantu Dekan I

Drs. Syahril, ST., M.SCE.Ph.D

NIP. 19640506 198903 1 002