

**PENGUNAAN CAMPURAN BODIESEL DARI KELAPA SAWIT DAN
SOLAR TERHADAP PEMAKAIAN BAHAN BAKAR DAN KANDUNGAN
GAS NITROGEN OKSIDA (NO_x) PADA MOTOR DIESEL
EMPAT LANGKAH**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Otomotif sebagai salah satu
Persyaratan Guna memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



Oleh

RANDI PURNAMA PUTRA

74194. 2006

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2010

PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENGUNAAN CAMPURAN BODIESEL DARI KELAPA SAWIT DAN
SOLAR TERHADAP PEMAKAIAN BAHAN BAKAR DAN KANDUNGAN
GAS NITROGEN OKSIDA (NO_x) PADA MOTOR DIESEL
EMPAT LANGKAH**

Nama : Randi Purnama Putra
NIM : 74194
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 24 Agustus 2010

Disetujui Oleh

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Hasan Maksum, MT
NIP: 19660817 199103 1 007

Drs. Martias, M.Pd
NIP: 19640801 199203 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Otomotif

Drs. Hasan Maksum, MT
NIP: 19660817 199103 1 007

PENGESAHAN

**Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif
Universitas Negeri Padang**

**Judul : Penggunaan Campuran Biodiesel dari Kelapa Sawit dan
Solar Terhadap Pemakaian Bahan Bakar dan
Kandungan Gas Nitrogen Oksida (NOx) pada Motor
Diesel Empat Langkah**

Nama : Randi Purnama Putra
NIM/BP : 74194.2006
Program studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Padang, 28 Agustus 2010

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	Drs. Hasan Maksum, MT	1. _____
2. Sekretaris	Drs. Martias, M.Pd	2. _____
3. Anggota	Drs. Bahrul Amin,ST, M.Pd	3. _____
4. Anggota	DR. Wakhinuddin S, M.Pd	4. _____
5. Anggota	Drs. Faisal Ismet, M.Pd	5. _____



Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan

Apabila kamu selesai dari satu urusan

Kerjakan dengan sungguh-sungguh urusan yang lain

(Q.s. Al- Insyirah 6-7)

Alhamdulillah

Ya Allah

Berkat ridhamu hari ini secercah keberhasilan telah kuperoleh

Namun kusadari sepenuhnya apa yang kuperoleh hari ini

Belum mampu untuk membayar setetes dari keringat orangtuaku

Karenanya ya Allah.....

Hamba memohon, jadikanlah keringat mereka sebagai

Mutiara yang kemilau saat dimana manusia dalam kegelapan dan

Jadikanlah kelelahan mereka sebagai kesenangan

Saat dimana manusia kesusahan

Ya Allah Ya Rabbal 'Alamin

Seiring syukur atas rahmatmu kupersembahkan karya ini buat

Yang tercinta: Papa Mahyuni dan Mama Nofrida,

kakakku Rusi Minori

Adik2ku Rahmi Oktavia (Ami), Rian Nuari Ramadani (Rian), dan Refi Yurida P. (Refi)

Thanks To

Diperlukan seribu suara untuk menceritakan sebuah kisah...

Genta bukanlah genta sebelum dibunyikan

Lagu bukanlah lagu sebelum dinyanyikan

Cinta di sanubari bukan untuk dipendamkan

Cinta bukanlah cinta sebelum dipersembahkan

Dosen Pembimbing & Penguji

Bapak Drs. Hasan Maksum, MT dan Bapak Drs. Martias, M.Pd selaku Pembimbing 1 dan 2, untuk bimbingan dan bantuan tanpa pamrih dalam penyelesaian Skripsi ini agar menjadi sempurna. Bimbingan bapak secara tidak langsung memberikan jalan dan batu loncatan dalam meraih sukses. Bapak Drs. Bahrul Amin, ST, M.Pd, Bapak DR. Wakhinuddin S. M.Pd dan Bapak Drs. Faisal Ismet, M.Pd, tiga orang yang telah membuat jantungku berdetak kencang –sementara waktu– pertanyaan bapak membimbingku menjadikan skripsi ini menjadi sempurna, tapi aku belum bisa menyempurnakannya. Maaf.

Bapak Wagino & Keluarga

Untuk bantuan dan doa yang telah diberikan, semoga dibalas oleh Allah SWT dengan pahala disisiNYA, amin..

Sobat-sobatku Teknik Otomotif 2006

*Dengan segecap rasa
Untuk semua yang telah menjadi teman & lawan
Yang telah menjadi pembelajaran melalui persahabatan, permusuhan dan dendam
Bahwa kita semua memiliki sesuatu yang penting untuk berbagi dengan orang lain*

All Big Family of PPIPM

Pengurus Periode 90: Zainal, Bayu, Tita, Mira, Dina, Ria, Widya, Adi, Endang, Khairi, Silvi, Rini, Ipit, Rober, Zikra, Syafri dan Terkhusus My D-KA: Meri, Ayu dan Romi (Doa kalian Motivasi bagiku, semoga kesuksesan milik kita bersama), Pengurus Periode 10'11, Senior & teman2 PPIPM: K' Ipit, K' Opi, K' Lina, Rina, Khekhe, Elsi, Riri, Mia, Pepi, Zurya, Agus, Peki, Nof, Yogi, Dwi, Arda, Sulung, Al, Efda, dll

All Big family of Asy Syamil Muslim Camp

*Dirumah dirimu keluarga, diperjalanan dirimu kawan
Dikesusahan dirimu menghibur, dikesulitan dirimu menolong
Dikegelapan dirimu menerangi, dikebahagiaan dirimu melengkapi*

Syukron untuk teman seperjuangan denganku Sayid (rajin-rajin kuliahnyo), Andre (makasih atas tumpangan bahan penelitianny nde), Novi (di tunggu wisuda maret 2011 Novi, tetap semangat), Wisnu (Makasih atas bantuan mempersiapkan bahan penelitianny wis), Zeki (akhirnyo samo juo wak wisuda), Fandi (Terus berjuang), Edi S. (Semangat) dan seluruh teman yang kubanggakan dan tidak bisa kusebutkan satu persatu.

Adik-adikku, Ical, Rahman, Arif, Dori, Ikhsan, Izul, Ulil, Fauzi, Mozi, Sujar, Panji, Rully, Satria, Ican, Iwo dan Tagor (raihlah angan-anganmu dengan belajar rajin, doa abang menyertai)

Terimalah hasil perjuanganku sebagai amal bakti dan tanda
Terimakasihku atas doa, pengorbanan dan kasih sayang yang
Selalu mengiringi setiap langkahku dalam meraih cita-cita.



Rendi Purnama Putra, S.Pd

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 20 Agustus 2010
Yang menyatakan,

Randi Purnama Putra

ABSTRAK

Randi Purnama Putra : Penggunaan Campuran Biodiesel Dari Kelapa Sawit dan Solar Terhadap Pemakaian Bahan Bakar dan Kandungan Gas Nitrogen Oksida (NOx) pada Motor Diesel Empat Langkah.

Seiring meningkatnya secara pesat pembangunan pada segala bidang mengakibatkan pula meningkatnya kebutuhan akan energi. Sektor transportasi merupakan konsumen Bahan Bakar Minyak (BBM) terbesar akibat dari terjadinya lonjakan penggunaan kendaraan bermotor, sehingga pemakaian bahan bakar pun bertambah. Namun, sumber energi fosil sebagai sumber utama bahan bakar semakin terbatas dan disertai beberapa efek negatif seperti pencemaran udara. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisasikan penggunaan dari bahan bakar adalah dengan menggunakan Biodiesel sebagai bahan campuran solar yang dikenal dengan Biosolar. Dimana Biodiesel yang digunakan dihasilkan dari Kelapa Sawit. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan perbedaan penggunaan Biodiesel tersebut terhadap pemakaian bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dan kendaraan yang digunakan adalah Mitsubishi L-300. Selanjutnya Biodiesel tersebut akan dicampurkan dengan solar dengan beberapa variasi pencampuran. Kemudian dilakukan pengukuran pemakaian bahan bakar dan kandungan gas Nitrogen Oksida (NOx) pada putaran 750 rpm, 1500 rpm, dan 2500 rpm. Dimana pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan campuran biodiesel dari Kelapa Sawit dan solar menimbulkan perbedaan pada pemakaian bahan bakar pada dan emisi gas NOx. Tingkat pemakaian bahan bakar yang menggunakan Biosolar dari Biodiesel Kelapa Sawit lebih hemat. Namun pada kandungan gas Nitrogen Oksida (NOx) yang dihasilkan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan solar murni. Berdasarkan uji statistik (uji t) diketahui tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari penggunaan Biosolar dibandingkan dengan solar murni. Pada variasi Biosolar B10 selisih hemat bahan bakar dan rendah emisi gas lebih sedikit dibandingkan dengan variasi lainnya yaitu 0,003623 kg/h dan 1 ppm, sedangkan pada variasi B20 selisih hemat bahan bakar dan emisi gas NOx adalah 0,821204 kg/h dan 1,77 ppm dan pada variasi B35 selisih hemat bahan bakar dan emisi gas NOx adalah 0,38351 kg/h dan 6,33 ppm.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur alhamdulillah penulis ucapkan Kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia, hidayah dan lindungan-Nya kepada penulis, sehingga telah dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul **“Penggunaan Campuran Biodiesel dari Kelapa Sawit dan Solar Terhadap Pemakaian Bahan Bakar dan Kandungan Gas Nitrogen Oksida (NO_x) pada Motor Diesel Empat Langkah”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Khususnya Jurusan Teknik Otomotif.

Dalam penulisan Skripsi ini, penulis banyak mengalami kesulitan dan hambatan, namun berkat bantuan dan bimbingan serta arahan dari berbagai pihak, maka penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik, oleh sebab itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang,
2. Bapak Kepala Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang,
3. Bapak Drs. Hasan Maksum, M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif sekaligus selaku Dosen Pembimbing I,
4. Bapak Drs. Martias, M.Pd selaku Sekretaris Jurusan Sekaligus Dosen Pembimbing II,
5. Bapak Drs. Daswarman, M.Pd selaku Penasehat Akademis,
6. Seluruh Staf Pengajar dan Pegawai di Jurusan Teknik Otomotif,

7. Kedua orang tua dan saudaraku yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat baik moril maupun materil,
8. Keluarga Besar Pusat Pengembangan Ilmiah dan Penelitian Mahasiswa yang selalu memberikan motivasi,
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Otomotif 2006 yang turut memberikan semangat dan bantuan.

Atas bantuan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Penulis menyadari dalam Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Dalam hal ini penulis mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan di kemudian hari.

Padang, Agustus 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Pembatasan Masalah	7
D. Perumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	7
F. Kegunaan Penelitian	8
G. Asumsi Penelitian	8
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Dekripsi Teori dan Penelitian yang Relevan	9
1. Deskripsi Teori	9
a. Biodiesel	9

b. Kelapa Sawit	13
c. Solar	18
d. Motor Diesel	22
e. Pembakaran	29
f. Pemakaian Bahan Bakar	37
g. Emisi Gas Nitrogen Oksida (NO _x)	40
2. Penelitian yang Relevan	42
B. Kerangka Pikir	43
C. Hipotesis Penelitian.....	44

BAB III METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian	46
B. Definisi Operasional Variabel Penelitian	47
C. Objek Penelitian	49
D. Instrumentasi dan Teknik Pengumpulan Data	51
E. Teknik Analisis Data	53

BAB IV HASIL PENELITIAN

A. Deskripsi Pelaksanaan Penelitian.....	56
B. Deskripsi Hasil Penelitian	62
C. Analisis Data dan Pembahasan	69

BAB V PENUTUP

A. Simpulan	82
B. Saran.....	83

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel

1. Porsi Konsumsi Minyak Solar Sektor Transportasi 1995-2010	2
2. Spesifikasi Minyak Biodiesel dibandingkan Minyak Diesel (BBM)	12
3. Klasifikasi Kelapa Sawit	13
4. Tanaman Penghasil Minyak Nabati serta Produktifitasnya.....	14
5. Kandungan Asam Lemak Bebas dari Berbagai Minyak Kelapa Sawit.....	16
6. Karakteristik Mutu Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit	17
7. Format Pengambilan Data Pengujian Pemakaian Bahan Bakar	52
8. Format Pengambilan Data Pengujian Kandungan Gas NO _x	52
9. Format Analisis Data Tingkat Pemakaian Bahan Bakar	53
10. Format Analisis Data Tingkat Kandungan Gas NO _x	54
11. Data Hasil Pengukuran Pemakaian Bahan Bakar dan Emisi Gas NO _x Dengan Menggunakan Solar Murni	62
12. Data Hasil Pengukuran Pemakaian Bahan Bakar dan Emisi Gas NO _x Dengan Menggunakan Biosolar B10.....	63
13. Data Hasil Pengukuran Pemakaian Bahan Bakar dan Emisi Gas NO _x Dengan Menggunakan Biosolar B20.....	63
14. Data Hasil Pengukuran Pemakaian Bahan Bakar dan Emisi Gas NO _x Dengan Menggunakan Biosolar B35.....	63
15. Rata-rata Jumlah Pemakaian Bahan Bakar dalam Waktu 10 detik	64

16. Rata-rata Pemakaian Bahan Bakar (<i>mf</i>) dalam Waktu 10 detik	66
17. Rata-rata Hasil pengukuran Kandungan Emisi Gas NO _x	68
18. Perbedaan Pemakaian Bahan Bakar antara Penggunaan Solar dengan B10	69
19. Perbedaan Pemakaian Bahan Bakar antara Penggunaan Solar dengan B20	71
20. Perbedaan Pemakaian Bahan Bakar antara Penggunaan Solar dengan B35	72
21. Perbedaan Kandungan Gas NO _x antara Penggunaan Solar dengan B10	73
22. Perbedaan Kandungan Gas NO _x antara Penggunaan Solar dengan B20	75
23. Perbedaan Kandungan Gas NO _x antara Penggunaan Solar dengan B35	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar

1. Proses Pembuatan Biodiesel dari CPO	15
2. Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah.....	24
3. Siklus Udara Tekanan Konstan	26
4. Siklus Aktual	28
5. Perbandingan Kompresi dan Temperatur	31
6. Proses Pembakaran Motor Diesel.....	31
7. Kerangka Pikir	44
8. Desain Penelitian <i>One Group Pretest Posttest Design</i>	46

DAFTAR GRAFIK

Grafik

1. Perbedaan Rata-rata Pemakaian Bahan Bakar dalam Waktu 10 detik65
2. Perbedaan Rata-rata Pemakaian Bahan Bakar dalam kg/jam67
3. Perbedaan Rata-rata Kandungan Emisi Gas NOx68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Dokumentasi Penelitian.....	86
2. Izin Melaksanakan Penelitian.....	93
3. Surat Keterangan Melakukan Penelitian	95
4. Format Pengambilan Data	96
5. Hasil Analisa Berat Jenis.....	97
6. Nilai-nilai dalam Distribusi t.....	98
7. Daftar Konsultasi Skripsi.....	99

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dengan meningkatnya secara pesat pembangunan pada segala bidang mengakibatkan pula meningkatnya kebutuhan akan energi. Ketersediaan energi merupakan syarat mutlak dalam pelaksanaan pembangunan nasional baik pada saat ini maupun pada masa yang akan datang, guna menjamin pemenuhan pasokan energi yang merupakan tantangan utama bagi bangsa Indonesia. Kebutuhan energi saat ini pada umumnya didominasi oleh energi fosil yaitu minyak bumi, gas bumi dan batubara. Di lain pihak adanya cadangan energi fosil yang terbatas, seharusnya dilakukan antisipasi dengan berbagai upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil tersebut.

Menurut Data Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menunjukkan bahwa lebih dari setengah (57%) kebutuhan energi di Indonesia dipenuhi dari minyak bumi (Rohadi, 2008). Hal ini menyebabkan peningkatan jumlah konsumsi bahan bakar minyak mencapai 7% per tahun. Di sisi lain produksi minyak bumi di Indonesia cenderung mengalami penurunan dikarenakan *deplation* (kehabisan sumber). Bahkan Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati (2007:35) menyebutkan bahwa cadangan minyak bumi di Indonesia hanya cukup untuk 18 tahun ke depan.

Banyak Negara, terutama Indonesia mengalami kekurangan bahan bakar minyak untuk negaranya sendiri. Indonesia khususnya, telah mengimpor bahan bakar minyak (terutama bahan bakar diesel/solar) untuk kebutuhan negara dengan jumlah yang cukup besar. Pada tahun 1999 jumlah minyak solar yang diimpor sebesar 5 milyar liter atau 25% kebutuhan nasional, tahun 2001 sebesar 8 milyar liter atau 34% kebutuhan nasional dan pada tahun 2006 sebesar 15 Milyar liter atau 50 % kebutuhan nasional (Mescha, 2007). Data konsumsi minyak solar pada sektor transportasi di Indonesia dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Porsi Konsumsi Minyak Solar Sektor Transportasi 1995-2010

Tahun		1995	2000	2005	2010
Transportasi	(milyar liter)	6,91	9,69	13,12	18,14
Total	(milyar liter)	15,84	21,39	27,05	34,71
Porsi	(%)	43,62	45,29	48,50	52,27

Sumber: Mescha, 2007

Melihat kenyataan ini Pemerintah sebetulnya telah menyiapkan berbagai peraturan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Misalnya Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) tahun 1980 disaat produksi BBM sedang berada pada posisi puncak dan keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No 996.k/43/MPE/1999 tentang prioritas penggunaan bahan bakar terbarukan. Namun pada tataran implementasi belum terlihat adanya usaha serius dan sistematis untuk menerapkan energi terbarukan guna menuju substitusi bahan bakar (Yuli, 2005).

Selain permasalahan di atas, penurunan kualitas udara menjadi permasalahan yang sudah cukup lama terjadi di dunia ini. Di Indonesia saat ini

kurang lebih 70% pencemaran udara disebabkan emisi kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor mengeluarkan zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan, seperti timbal/timah hitam (Pb). Kendaraan bermotor menyumbang hampir 100% timbal (Ari, 2007)

Data dari Kementrian Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa polusi udara akibat kendaraan bermotor menyumbang 70% Karbon Monoksida (CO), 100% Plumbum (Pb), 60% Hidrokarbon (HC), dan 60% Nitrogen Oksida (NO_x) (www.bplhdjabar.go.id). Gas-gas ini sangat berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan karena dapat menimbulkan penyakit kanker, gangguan sistem pernapasan, iritasi, mengurangi kadar oksigen dalam darah bahkan dalam beberapa kasus emisi gas buang dapat menurunkan *Intellegen Question* (IQ) pada anak-anak. Selain itu kandungan Karbon Dioksida (CO₂) pada emisi gas buang dapat mempercepat proses pemanasan global (*Global Warming*). Sehingga usaha apapun yang dilakukan masyarakat untuk menghemat pemakaian bahan bakar harus memperhatikan kandungan emisi gas buangnya agar tidak menimbulkan dampak negatif lain bagi lingkungan.

Sektor transportasi merupakan konsumen BBM terbesar yang diakibatkan terjadinya lonjakan penggunaan kendaraan bermotor. Sebagai konsekuensinya emisi gas buang kendaraan bermotor menyumbang secara signifikan terhadap polusi udara yang terjadi di perkotaan. Laksono (1997, dalam Sueb, 2007) menyatakan bahwa pada tahun 1997 lalu seperti yang dilaporkan oleh badan PBB yang menangani masalah lingkungan *United*

Nations Environment Programme (UNEP) posisi Jakarta masih menduduki peringkat ketiga di dunia sebagai kota yang tercemar udaranya paling berat sesudah Mexico City dan Bangkok (Thailand). Selain itu, data dari Konvensi Kerangka Kerja PBB untuk Perubahan Iklim (UNFCCC) menunjukkan Indonesia secara global adalah negara penyumbang emisi karbon peringkat ketiga setelah USA dan Cina (*Kompas*, 17 Maret 2007).

Berpijak pada berbagai persoalan yang telah diuraikan, penulis tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut dalam rangka mencari solusi alternatif yang dapat dikembangkan guna meminimalisir polusi lingkungan serta mengatasi krisis persediaan energi akibat ketergantungan Indonesia pada bahan bakar fosil.

Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki sumber energi non fosil relatif besar. Namun pemanfaatannya jauh lebih kecil dibandingkan dengan potensi yang ada. Salah satu energi alternatif adalah biodiesel yang berasal dari minyak nabati dari kelapa sawit, alpokat dan jarak pagar. Bahan baku biodiesel yang berpotensi besar di Indonesia untuk saat ini adalah minyak mentah kelapa sawit (*Crude Palm Oil* atau CPO), dimana produksi kelapa sawit sangat tinggi di Indonesia. Selain itu Mengingat kelapa sawit merupakan tanaman yang bisa ditanam dan cukup berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia.

Perkebunan kelapa sawit Indonesia mulai berkembang pesat sejak awal 1980-an. Sampai akhir tahun 2000, luas total perkebunan kelapa sawit mencapai 3,2 juta hektar dengan produksi crude palm oil (CPO) 6,5 juta ton.

Perkembangan tersebut terus berlanjut dan diperkirakan pada tahun 2012 Indonesia akan menjadi produsen CPO terbesar didunia dengan total produksi 15 juta ton per tahun (M. Sidik Boedoyo, 2007).

Sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar tentunya potensi tersebut harus dimanfaatkan dengan menggunakan kelapa sawit tersebut sebagai bahan bakar alternatif. Sifat bahan bakar basis sawit ini mempunyai kelebihan dapat diperbaharui, ramah terhadap lingkungan, dapat terurai secara biologis, tidak mudah terbakar, dan tidak beracun.

Dari segi teknologi proses kimia bahan bakar basis kelapa sawit merupakan bahan bakar yang berasal dari *methyl ester* yang dibentuk dengan menghilangkan molekul *triglyceride* sehingga menjadi bentuk *gliserin*. Hal ini membuat bahan bakar basis kelapa sawit terlihat mempunyai kesamaan dengan bahan bakar diesel. Padahal kalau diteliti lebih jauh bahan bakar ini mempunyai rantai hidrokarbon yang lebih sederhana dan tidak mengandung sulfur. Bahan bakar basis kelapa sawit ini mempunyai kandungan oksigen sebesar 10% sehingga hal ini sangat membantu proses pembakaran pada motor bakar. Bahan bakar basis kelapa sawit ini juga mempunyai sifat pelumas yang baik sehingga nantinya dapat memperpanjang umur pemakaian motor bakar.

Keuntungan-keuntungan lainnya dari biodiesel kelapa sawit ini adalah angka cetananya lebih tinggi dari angka cetana solar yang ada saat ini, gas buang hasil pembakaran biodiesel lebih ramah lingkungan, akselerasi mesin lebih baik, dan tarikan lebih ringan.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan penggunaan campuran biodiesel dari kelapa sawit dan solar dengan penggunaan solar murni. Aspek yang diteliti meliputi pemakaian bahan bakar dan kandungan gas NO_x yang dihasilkan. Dalam penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi pencampuran biodiesel dari kelapa sawit dengan solar hingga didapatkan satu konsentrasi campuran yang menghasilkan kandungan gas NO_x yang kecil dan pemakaian bahan bakar yang lebih efisien.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Semakin menipisnya cadangan minyak nasional yang hanya berkisar sampai untuk 18 tahun lagi, sementara konsumsi dalam negeri terus meningkat.
2. Di Indonesia sekarang ini kurang lebih 70% pencemaran udara disebabkan emisi kendaraan bermotor berupa zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan, seperti timbal/timah hitam (Pb) dan lainnya.
3. Pemanfaatan energi alternatif non fosil yang masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan potensi yang ada.
4. Penggunaan campuran biodiesel dari kelapa sawit dan solar sangat berpotensi untuk digunakan mengingat pada tahun 2012 Indonesia akan menjadi produsen CPO terbesar didunia, tetapi belum adanya pengujian terhadap pemakaian bahan bakar dan kandungan gas NO_x yang dihasilkan.

C. Pembatasan Masalah

Untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka permasalahan akan dibatasi pada poin keempat yaitu "Perlunya Analisis Penggunaan Campuran Biodiesel dari Kelapa Sawit dan Solar Terhadap Pemakaian Bahan Bakar dan Kandungan Gas NO_x yang dihasilkan Pada Motor Diesel Empat Langkah".

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Adakah perbedaan penggunaan campuran biodiesel dari kelapa sawit dan solar terhadap pemakaian bahan bakar pada motor diesel 4 langkah?
2. Adakah perbedaan penggunaan campuran biodiesel dari kelapa sawit dan solar terhadap kandungan gas NO_x yang dihasilkan pada motor diesel 4 langkah?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan tentang:

1. Perbedaan penggunaan biodiesel dari kelapa sawit dan solar terhadap pemakaian bahan bakar pada motor diesel 4 langkah.
2. Perbedaan penggunaan biodiesel dari kelapa sawit dan solar terhadap kandungan gas NO_x yang dihasilkan pada motor diesel 4 langkah.

F. Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan pertimbangan kepada industri otomotif agar dapat bekerjasama dengan pemerintah untuk mengembangkan teknologi biodiesel agar tercipta energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat mengatasi krisis energi.
2. Sebagai bahan masukan kepada para pakar otomotif agar dapat mengembangkan penelitian khususnya ke arah bahan bakar biodiesel.
3. Sebagai bahan penelitian lebih lanjut.

G. Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Mesin kendaraan yang digunakan dalam penelitian berada dalam kondisi normal dan standar.
2. Temperatur udara pada saat melakukan penelitian dalam keadaan normal.
3. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian masih dalam keadaan standar dan telah dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan sesuai dengan spesifikasi.
4. Prosedur pengujian yang dilaksanakan dalam penelitian adalah prosedur standar dalam rangka mencapai tujuan penelitian.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori dan Penelitian yang Relevan

1. Deskripsi Teori

a. Biodiesel

Biodiesel adalah senyawa organik yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif bagi mesin diesel, terdiri dari campuran *mono-alkyl ester* dari rantai panjang asam lemak, dan terbuat dari sumber terbarui seperti minyak sayur atau lemak hewan (www.wikipedia.org.id).

Biodiesel mempunyai sifat mirip minyak solar, namun merupakan bahan bakar yang memiliki keuntungan ramah lingkungan karena bebas sulfur, rendah bilangan asap, pembakaran lebih sempurna dan non toxic. Karena sifat itulah minyak nabati ini baik digunakan sebagai pengganti/campuran solar. Pada motor bakar, pencampuran biodiesel dengan minyak solar adalah cara praktis, cukup murah dan berdampak positif terhadap emisi gas buang. Umumnya minyak solar dan biodiesel memberikan unjuk kerja yang lebih baik daripada menggunakan biodiesel murni (Risqon Fajar, 2001).

Biodiesel dapat diproduksi dari kelapa sawit, kedelai dan jarak pagar. Mengingat kelapa sawit, kedelai dan jarak pagar merupakan tanaman yang biasa ditanam dan cukup berpotensi untuk

dikembangkan di Indonesia (M. Sidik Boedoyo, 2007), sehingga dengan adanya peningkatan kebutuhan minyak solar di sektor transportasi mengakibatkan alternatif pencampuran bahan bakar biodiesel dan minyak solar di Indonesia dapat diupayakan.

Biodiesel berbentuk cairan berwarna kuning cerah sampai kuning kecoklatan. Pencampuran biodiesel dengan minyak solar biasanya diberikan sistem penamaan tersendiri, seperti B2, B3, atau B5 yang berarti bahan bakar tersebut mengandung 2%, 3% dan 5% biodiesel dan minyak solar 98%, 97% dan 95%. Sedangkan B20 merupakan campuran biodiesel dan minyak solar yang mengandung 20% biodiesel dan 80% minyak solar (Tatang, 2010).

1) Penggunaan Biodiesel di Indonesia

Penggunaan biodiesel menjadi semakin penting, terutama di Indonesia, mengingat energi fosil akan habis pada saatnya. Untuk menanggulangi hal tersebut Pemerintah melalui Perpres No. 5 Tahun 2006 dan Inpres No. 1 Tahun 2006 berupaya mengurangi penggunaan solar secara bertahap dengan dijualnya secara komersial biodiesel B5 bermerek Biosolar. Biosolar ini mengandung lima persen CPO yang telah dibentuk menjadi Fatty Acid Methyl Ester (FAME) dan 95 persen solar murni bersubsidi (www.kamase.org).

Sejak 20 Mei 2006, PT Pertamina (Persero) telah memperkenalkan dua produk biofuel tersebut di 4 stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Jakarta. Namun komersialnya adalah Biosolar B-5 dan BioPremium E-5. Sampai akhir tahun 2006, keduanya sudah mudah diperoleh konsumen di 210 SPBU yang tersebar di Jakarta, Surabaya, dan Malang (Tim Nasional Pengembangan BBN, 2007:10)

Biosolar merupakan campuran solar dengan minyak nabati yang didapatkan dari minyak kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO). Sebelum dicampurkan minyak kelapa sawit direaksikan dengan methanol dan ethanol dengan katalisator NaOH atau KOH untuk menghasilkan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Untuk Biosolar jenis B-5 yang dijual saat ini mengandung 5 persen campuran FAME.

2) Penggunaan Biodiesel di Negara Lain

Penggunaan dan produksi biodiesel meningkat dengan cepat, terutama di Eropa, Amerika Serikat, dan Asia, meskipun dalam pasar masih sebagian kecil saja dari penjualan bahan bakar. Pertumbuhan SPBU membuat semakin banyaknya penyediaan biodiesel kepada konsumen dan juga pertumbuhan kendaraan yang menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar.

Sebagai contoh, salah satu pelopor biodiesel dunia yaitu Prof. Martin Mittelbach dari Austria mengungkapkan, biodiesel

diniagakan dalam bentuk B 100 di Jerman, Austria dan Swedia, B30-B36 di Ceko, Spanyol, dan Prancis (untuk bus-bus kota), B 20 di Amerika Serikat, serta B5 untuk penjualan umum di Inggris dan Prancis (Tatang, 2010).

Uni Eropa, Amerika Serikat, dan Australia kini telah memiliki bakuan resmi persyaratan kualitas atau spesifikasi biodiesel. Aliansi industri pembuat mobil dan motor bakar sedunia, dalam World Wide Fuel Charter edisi Desember 2002, telah menyetujui penggunaan B5, dengan menyatakan solar boleh mengandung sampai 5% volume FAME asalkan biodiesel yang dicampurkan dalam solar tersebut memenuhi standar mutu yang berlaku.

Tabel 2. Spesifikasi Minyak Biodiesel Dibandingkan Minyak Diesel (BBM)

Sifat	Minyak Biodiesel	Minyak Diesel (BBM)
Densitas (g/cm^3 pada 20°C)	0,879	0,841
Titik Nyala ($^\circ\text{C}$)	191	80
Bilangan Setan (cetane number)	51	47,8 - 59
Kekentalan (mm^2/s pada 30°C)	4,84	3,6
Abu Bersulfat (%)	0,014	1,0 – 1,2 ppm sulfur
Bilangan Netralisasi (mg KOH/g)	0,24	-
Gliserin Total (%)	0,088	-
Gliserin Bebas (%)	0,015	-
Fosfat (ppm)	17,5	-
Methanol (%)	0,06	-

Sumber: Tatang dalam Mescha, 2007

b. Kelapa Sawit

1) Proses Pembuatan Biodiesel dari Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tanaman perkebunan/industri berupa pohon batang lurus dari Famili Palmae. Tingginya dapat mencapai 24 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, berwarna merah kehitaman. Daging buahnya padat. Daging dan kulit buahnya mengandung minyak.

Tabel 3. Klasifikasi Kelapa Sawit:

Kingdom	Tumbuhan
Divisi	Spermatophyta
Sub divisi	Angiospermae
Kelas	Dicotyledonae
Keluarga	Palmaceae
Sub keluarga	Cocoideae
Jenis	Elaeis
Species	Elaeis guineensis jacq

Sumber: Departemen Perindustrian, 2007

Potensi kelapa sawit di Indonesia sangat besar, hal ini ditandai dengan perolehan kelapa sawit yang mencapai 5000 kg per hektar per tahun (dapat dilihat pada Tabel 4). Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil CPO merupakan tanaman perkebunan yang terdapat di hampir seluruh wilayah Indonesia.

Dari kelapa sawit dapat dihasilkan minyak kelapa sawit (biasa disebut dengan *Palm Oil*) yang sangat potensial untuk digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel. Keunggulan *palm*

oil sebagai bahan baku biodiesel adalah kandungan asam lemak jenuh yang tinggi sehingga akan menghasilkan angka cetana yang tinggi. Selain itu *palm oil* mempunyai perolehan biodiesel yang tinggi per hektar kebunnya.

Tabel 4. Tanaman Penghasil Minyak Nabati serta Produktifitasnya

Nama Indo	Nama Inggris	Nama Latin	Kg-/ha/thn
Sawit	Oil Palm	Elaeis Guineensis	5000
Kelapa	Coconut	Cocos Nucifera	2260
Alpokar	Avocado	Persea Americana	2217
Jarak pagar	Physic nut	Jatropha Curcas	1590

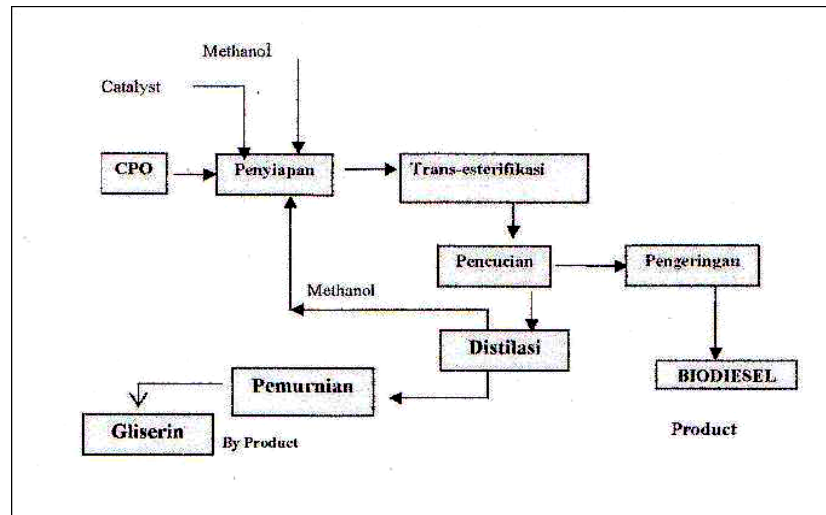
Sumber: Tatang, 2006 dalam Mescha, 2007

Terdapat dua jenis minyak sawit yang dapat dibuat dari kelapa sawit, yakni *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Crude Palm Kernel Oil* (Minyak inti sawit). CPO adalah minyak sawit kasar yang berwarna kuning hingga kemerah-merahan yang di peroleh dari pengepresan daging kelapa sawit. Sedangkan Minyak inti sawit adalah minyak yang tidak mengandung kotoran serta berbentuk padat pada suhu kamar dan titik lebur sangat tinggi yang didapat dari inti buah sawit (Renilaili, 2009).

Pada penelitian ini digunakan biodiesel yang berasal dari CPO. CPO mempunyai komposisi asam lemak bebas yang cukup tinggi sehingga apabila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, sebelum tahap transesterifikasi perlu dilakukan tahap konversi yang dinamakan dengan tahap esterifikasi.

Proses pembuatan biodiesel dari kelapa sawit adalah melalui proses transesterifikasi, dilanjutkan dengan pencucian,

pengeringan dan terakhir filtrasi, tetapi jika bahan baku dari CPO maka sebelumnya perlu dilakukan esterifikasi.



Gambar 1. Proses Pembuatan Biodiesel dari CPO
(Arie Rahmadi, 2005)

Transesterifikasi dilakukan dengan mencampur minyak atau limbah pengolahan minyak (CPO) yang masih cukup mengandung minyak bahan baku biodiesel dengan menggunakan methanol dengan menggunakan katalisator KOH. Proses transesterifikasi berlangsung 0,5 – 1 jam pada suhu 400 °C. campuran kemudian didiamkan, sehingga terbentuk dua lapisan: lapisan bawah adalah gliserin dan lapisan atas metal ester (biodiesel). (Syamsu Herman, Khairat, 2004).

Komposisi asam lemak bebas dari berbagai minyak yang dapat dihasilkan dari kelapa sawit dapat dilihat pada tabel.

Tabel 5. Kandungan Asam Lemak Bebas dari Berbagai Minyak Kelapa Sawit

Minyak	FFA
<i>RBD Palm Oil</i>	<0,1 %
<i>Crude Palm Oil</i>	1-10%
<i>Palm Fatty Acid Distillate</i>	70-90%
<i>Crude Palm Kernel Oil</i>	1-10%
<i>Crude Palm Stearin</i>	1-10%
<i>Palm Sludge Oil</i>	10-80%

Sumber: Yuen May Choo, 1987 dalam Mescha, 2007

2) Keunggulan Penggunaan Biodiesel dari Kelapa Sawit

- a) Produksi biodiesel dari tanaman kelapa sawit lebih menguntungkan karena teknologinya sederhana, ramah lingkungan, melibatkan rakyat banyak, tanaman sudah dikenal sejak lama, serta potensi bahan baku dan pangsa pasar cukup besar.
- b) Indonesia mempunyai potensi lahan yang sangat luas berupa lahan kritis, lahan marginal, lahan tidur dan lahan milik yang belum dimanfaatkan, sehingga dengan penggunaan ini lahan tersebut dapat dimanfaatkan.
- c) Mempunyai peluang pasar yang cukup besar, antara lain masyarakat luas pemakai minyak tanah, minyak residu dan minyak solar seperti PLN, Pertamina dan industri.
- d) Dampak yang bersifat makro pada pembangunan Negara adalah menghemat devisa, meningkatkan daya saing industri dalam negeri, pemerataan pembangunan ekonomi dan memperkuat ketahanan nasional.

e) Dari segi lingkungan pemakaian biodiesel dari kelapa sawit mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan pemakaian minyak solar, yaitu:

- (1) Pengurangan emisi CO sebesar 50%.
- (2) Biodiesel mengandung lebih sedikit hidrokarbon aromatic.
- (3) Tidak menghasilkan emisi sulfur (SO).
- (4) Pengurangan emisi partikulat sebesar 60%
- (5) Pengapian yang lebih sempurna karena angka cetane yang tinggi
- (6) Menghasilkan emisi NO_x lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan diesel biasa disebabkan angka cetane yang tinggi (M. Sidik Boedoyo, 2007).

Tabel 6. Karakteristik Mutu Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit

Parameter	Satuan	Palm Biodiesel
<i>Komposisi</i>	-	Metil Ester
<i>Viskositas</i>	cSt	5,55
<i>Flash Point</i>	⁰ C	172
<i>Pour Point</i>	⁰ C	15
<i>Cetane indeks</i>	-	55
<i>Titik kilat</i>	C	172
<i>Densitas</i>	Gr/cm ³	0,87

Sumber: Tirto Prakoso

c. Solar

Bahan bakar solar adalah bahan bakar minyak hasil sulingan dari minyak bumi mentah bahan bakar ini berwarna kuning coklat yang jernih. Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin Diesel dengan putaran tinggi (di atas 1000 rpm), yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur-dapur kecil yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini biasa disebut juga *Gas Oil*, *Automotive Diesel Oil*, *High Speed Diesel*.

Mesin-mesin dengan putaran yang cepat (>1000 rpm) membutuhkan bahan bakar dengan karakteristik tertentu yang berbeda dengan minyak Diesel. Karakteristik yang diperlukan berhubungan dengan *auto ignition*, (kemampuan menyala sendiri), kemudahan mengalir dalam saluran bahan bakar, kemampuan untuk teratomisasi, kemampuan lubrikasi, nilai kalor dan karakteristik lain.

Bahan bakar diesel yang sering disebut solar (*light oil*) merupakan suatu campuran hidrokarbon yang didapat dari penyulingan minyak mentah pada temperatur $200^{\circ}\text{C} - 340^{\circ}\text{C}$. Minyak solar yang sering digunakan adalah hidrokarbon rantai lurus (*Heptadecene* ($\text{C}_{16}\text{H}_{34}$)) dan *alpha-methilnaphthalene*. Bahan bakar yang sebaiknya digunakan dalam motor diesel adalah jenis bahan bakar yang dapat segera terbakar (sendiri) yaitu yang dapat memberikan periode persyaratan pembakaran rendah. Sifat-sifat penting dari bahan bakar mesin diesel

antara lain: penguapan (*volality*), residu karbon, viskositas, belerang, abu dan endapan, titik nyala, titik tuang, sifat korosi, mutu nyala dan *cetane number*.

1) Penguapan (*Volality*).

Penguapan dari bahan bakar diesel diukur dengan 90% suhu penyulingan. Ini adalah suhu dengan 90% dari contoh minyak yang telah disuling, semakin rendah suhu ini maka semakin tinggi penguapannya.

2) Residu Karbon.

Residu karbon adalah karbon yang tertinggal setelah penguapan dan pembakaran habis. Bahan yang diuapkan dari minyak, diperbolehkan residu karbon maksimum 0,10%.

3) Viskositas.

Viskositas minyak dinyatakan oleh jumlah detik yang digunakan oleh volume tertentu dari minyak untuk mengalir melalui lubang dengan diameter kecil tertentu, semakin rendah jumlah detiknya berarti semakin rendah viskositasnya.

4) Belerang.

Belerang dalam bahan bakar terbakar bersama minyak dan menghasilkan gas yang sangat korosif yang diembunkan oleh dinding-dinding silinder, terutama ketika mesin beroperasi dengan beban ringan dan suhu silinder menurun. Kandungan belerang dalam bahan bakar tidak boleh melebihi 0,5 %-1,5%.

5) Abu dan Endapan.

Abu dan endapan dalam bahan bakar adalah sumber dari bahan mengeras yang mengakibatkan keausan mesin. Kandungan abu maksimal yang diijinkan adalah 0,01% dan endapan 0,05%.

6) Titik Nyala.

Titik nyala merupakan suhu yang paling rendah yang harus dicapai dalam pemanasan minyak untuk menimbulkan uap terbakar sesaat ketika disinggungkan dengan suatu nyala api. Titik nyala minimum untuk bahan bakar diesel adalah 150 °F. Titik nyala yang tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalan, sementara apabila titik nyala terlampau rendah akan menyebabkan timbulnya detonasi (ledakan kecil) sebelum bahan bakar masuk ruang bakar.

7) Titik Tuang.

Titik tuang adalah suhu minyak mulai membeku/berhenti mengalir. Titik tuang maksimum bahan bakar diesel adalah 0 °F.

8) Sifat Korosif.

Bahan bakar minyak tidak boleh mengandung bahan yang bersifat korosif dan tidak boleh mengandung asam basa.

9) Mutu Penyalan.

Menyatakan kemampuan bahan bakar untuk menyala ketika diinjeksikan ke dalam pengisian udara tekan dalam silinder mesin diesel.

10) Bilangan Cetana (*Cetane Number*).

Bilangan Cetana menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang dapat diinjeksikan keruang bakar agar dapat terbakar secara spontan. Bilangan cetana dari minyak diesel konvensional dipengaruhi oleh struktur penyusun. Semakin rendah bilangan cetana maka semakin rendah pula kualitas penyalan karena memerlukan suhu penyalan yang lebih tinggi (Hendartono Toni, 2005).

Solar merupakan jenis bahan bakar yang dapat digunakan pada motor diesel mengingat titik nyalanya, temperatur bakarnya, kalori yang ditimbulkan, daya lumas dan harganya, seperti halnya bensin, solar pun adalah hasil penyulingan minyak bumi, sifat utama solar:

- 1) Tidak berwarna atau berwarna kuning muda dan berbau
- 2) Tidak terlalu mudah menguap dalam temperatur normal
- 3) Titik nyala minimumnya bila dekat api 40-100 °C dibandingkan dengan bensin yang hanya mencapai 10-15 °C
- 4) Temperatur nyalanya (Flash point) adalah 380 °C dibandingkan dengan bensin ± 350 °C
- 5) Berat jenisnya sekitar 0,82 – 0,86
- 6) Kalori yang dihasilkan 10.500 Kcal/kg
- 7) Dibandingkan dengan bensin kandungan sulfurnya lebih banyak yaitu 0,8 – 0,9 % untuk solar yang dijual di pasaran (Toyota, 1972 : hal 2-5)

- 8) *Cetana number* untuk solar kisarannya 42 – 45 (Mathur, M.L. & Sharma, R.P 1980 : hal 270)

d. Motor Diesel

Motor Diesel adalah motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang beroperasi dengan menggunakan minyak gas atau minyak berat sebagai bahan bakar dengan suatu prinsip bahan bakar tersebut disemprotkan (diinjeksikan) ke dalam silinder yang di dalamnya sudah terdapat udara dengan tekanan dan suhu yang tinggi sehingga bahan bakar tersebut secara spontan terbakar.

Motor Diesel biasa disebut juga sebagai motor penyalan kompresi "*Compression Ignition Engine*". Motor Diesel mempunyai langkah yang lebih panjang dari motor bensin, dalam hal ini besar silinder dan pistonnya lebih besar dari pada motor bensin, sehingga tenaga yang dihasilkan lebih besar. Oleh karena itu motor Diesel harus dibuat lebih kuat dan kokoh, sehingga lebih berat dan tahan lama.

1) Prinsip Kerja Mesin Diesel

Prinsip kerja mesin Diesel hampir sama dengan mesin bensin empat langkah yaitu terdiri dari langkah hisap, langkah kompresi, langkah pembakaran dan langkah buang. Walaupun secara prinsip kerja sama tetapi ada beberapa perbedaan yang terdapat di dalamnya. Adapun prinsip kerja dari motor Diesel adalah :

a) Langkah Hisap

Piston membentuk kevakuman di dalam silinder seperti pada mesin bensin, piston bergerak ke bawah dari titik mati atas ke titik mati bawah. Posisi katup masuk terbuka selama langkah hisap, karena terjadinya kevakuman di dalam silinder menyebabkan udara segar masuk ke dalam silinder. Posisi katup buang tertutup selama langkah hisap. Pada mesin Diesel hanya udara yang dihisap masuk pada langkah hisap.

b) Langkah Kompresi

Piston bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas. Pada saat ini kedua katup dalam posisi tertutup. Udara yang dihisap selama langkah hisap ditekan sampai tekanannya naik sekitar 30 kg/cm² (427 psi, 2.942 kPa) dengan temperatur sekitar 500-800 °C.

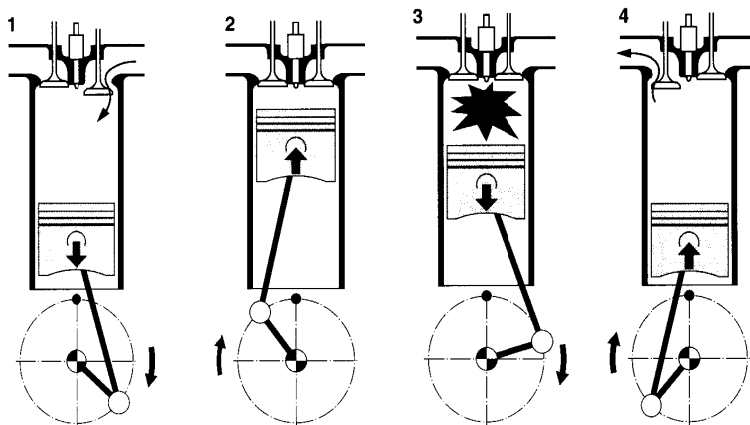
c) Langkah Usaha

Udara yang terdapat di dalam silinder didorong ke ruang bakar. Pada akhir langkah kompresi, *nozzle* menyemburkan bahan bakar yang berupa kabut ke dalam ruang bakar dan campuran udara bahan bakar selanjutnya terbakar oleh panas yang dibangkitkan oleh perubahan tekanan dan temperatur di dalam ruang bakar yang naik secara drastis. Energi pembakaran mengekspansikan gas dengan sangat cepat dan piston terdorong ke bawah. Gaya yang mendorong piston ke bawah diteruskan

ke batang torak dan poros engkol dan diubah menjadi gerak putar untuk menghasilkan tenaga.

d) Langkah Buang

Piston bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas, katup hisap tertutup dan katup buang terbuka. Gas akan terbuang habis ketika piston mencapai titik mati atas, dan setelah itu proses dimulai lagi dengan langkah hisap. Selama mesin menyelesaikan empat langkah (hisap, kompresi, pembakaran dan buang), poros engkol berputar dua kali dan menghasilkan satu tenaga. Ini disebut dengan siklus Diesel.



Gambar 2. Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah
(Toyota, 1972: 8-2)

2) Keuntungan dan Kerugian Mesin Diesel

Jika dibandingkan dengan mesin bensin pada mesin diesel memiliki keuntungan dan kerugian sebagai berikut:

a) Keuntungan yang dimiliki mesin diesel adalah:

- (1) Mesin diesel mempunyai efisiensi panas yang lebih besar.

Hal ini berarti bahwa penggunaan bahan bakarnya lebih ekonomis jika dibandingkan dengan mesin bensin.

- (2) Mesin diesel lebih tahan lama dan tidak memerlukan *electric igniter*.

- (3) Momen pada mesin diesel tidak berubah pada jenjang tingkat kecepatan yang luas.

b) Kerugian yang dimiliki mesin diesel adalah:

- (1) Getaran pada mesin diesel lebih besar jika dibandingkan dengan mesin bensin.

- (2) Pada daya kuda yang sama konstruksi mesin Diesel jauh lebih berat daripada mesin bensin.

- (3) Pada pemeliharaannya mesin diesel memerlukan biaya yang lebih besar.

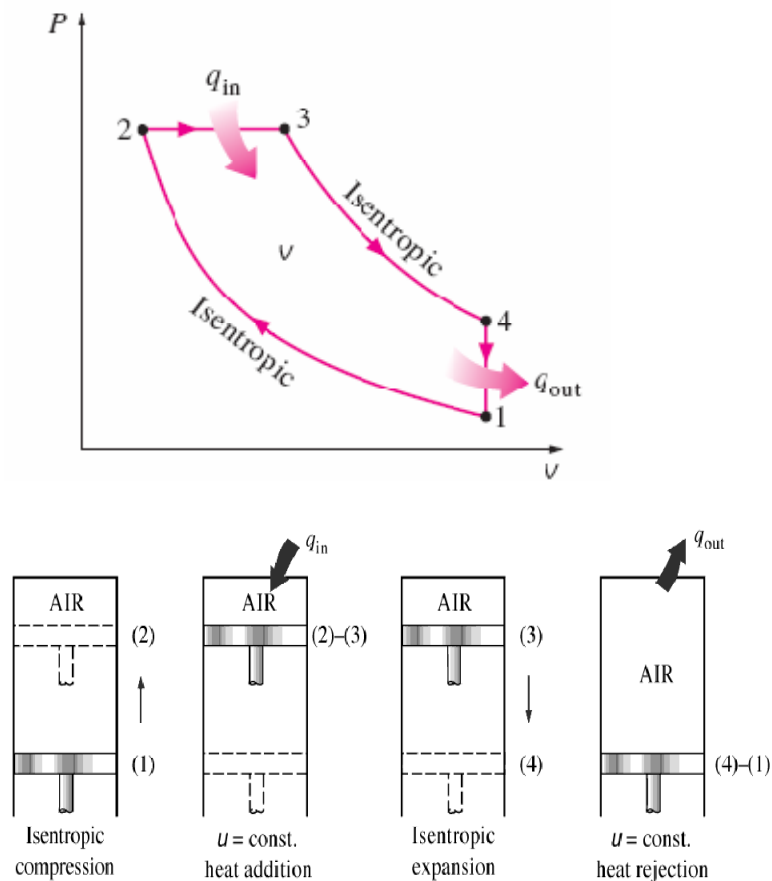
- (4) Mesin diesel mempunyai perbandingan kompresi yang lebih tinggi dan membutuhkan gaya lebih besar untuk memutarinya.

3) Siklus Termodinamika Mesin Diesel

Analisa siklus termodinamika sangat penting untuk mempelajari motor bakar. Proses kimia dan termodinamika yang terjadi pada motor bakar sangatlah rumit untuk dianalisis. Jadi diperlukan suatu siklus yang diidealkan sehingga memudahkan

untuk menganalisa motor bakar. Siklus yang diidealkan tentunya harus mempunyai kesamaan dengan siklus sebenarnya. Sebagai contoh kesamaannya adalah urutan proses, dan perbandingan kompresi. Di dalam siklus aktual, fluida kerja adalah campuran bahan bakar udara dan produk pembakaran, akan tetapi di dalam siklus yang diidealkan fluidanya adalah udara. Jadi siklus ideal bisa disebut dengan siklus udara.

a) Siklus Udara pada Tekanan Konstan (Siklus Diesel)



Gambar 3. Siklus Udara Tekanan Konstan
(Basyirun, 2008: 17)

Siklus ideal tekanan konstan ini adalah siklus untuk mesin diesel. Gambar 3 adalah diagram p-v untuk siklus ideal Diesel. Adapun urutan prosesnya adalah sebagai berikut:

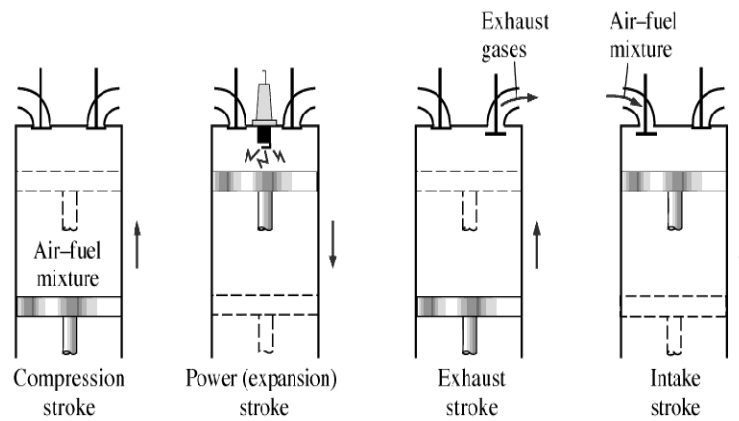
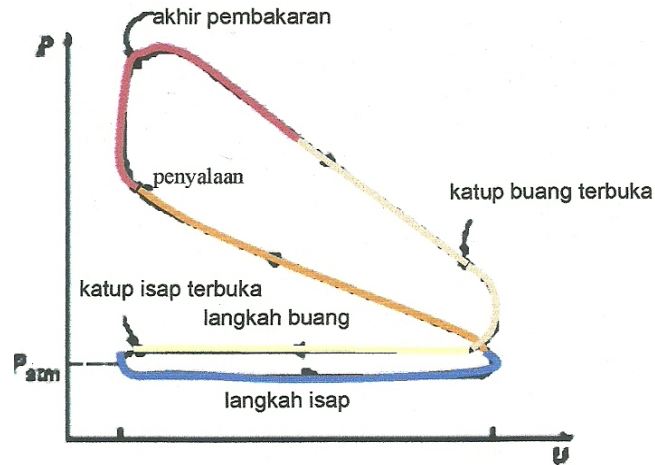
- (1) **Langkah Hisap (0-1)** merupakan proses tekanan konstan.
- (2) **Langkah Kompresi (1-2)** merupakan proses adiabatic.

Proses pembakaran tekanan konstan (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada tekanan konstan.

- (3) **Langkah Kerja (3-4)** merupakan proses adiabatic.
- (4) Proses pembuangan kalor (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan.
- (5) **Langkah Buang (1-0)** merupakan proses tekanan konstan

Pada siklus tekanan konstan pemasukan kalornya berbeda dengan siklus volume konstan. Siklus tekanan konstan sering disebut dengan siklus diesel. Rudolf Diesel yang pertama kali merumuskan siklus ini dan sekaligus pembuat pertama mesin diesel. Proses penyalaan pembakaran terjadi tidak menggunakan busi, tetapi terjadi penyalaan sendiri karena temperatur didalam ruang bakar tinggi karena kompresi.

b) Siklus Aktual



Gambar 4. Siklus Aktual Mesin Diesel
(Basyirun, 2008: 20)

Gambar 4 diatas adalah siklus aktual dari mesin diesel. pada langkah isap hanya udara saja yang dihisap, bahan bakar disemprotkan melalui nosel di kepala silinder. Tekanan udaranya lebih rendah dibandingkan dengan langkah buang. Proses pembakaran untuk menghasilkan panas karena kompresi, atau pembakaran kompresi.

e. Pembakaran

Pembakaran dapat didefinisikan sebagai reaksi oksidasi yang berlangsung sangat cepat (0,001-0,002 detik) disertai dengan pelepasan energi dalam jumlah banyak. Pembakaran pada motor Diesel terjadi pada ruang bakarnya. Pada motor Diesel kadang terdapat ruang bakar tambahan yang menyebabkan bahan bakar yang disemprotkan nosel tidak langsung masuk pada ruang bakar utama. Karena itu dikenal dua tipe motor Diesel yaitu : *direct injection* (penginjeksian langsung) dan *indirect injection* (penginjeksian tidak langsung). Untuk motor Diesel tipe *indirect injection* dapat digolongkan menjadi dua, yaitu :

- 1) Sistem kamar muka: Kamar pada tipe ini bervolume tidak lebih dari 50% dari volume sisa, dan dihubungkan dengan ruang bakar utama oleh 3-4 saluran sempit dengan diameter 3-4 mm.
- 2) Sistem kamar pusar : Kamar pada tipe ini besar volumenya juga tidak lebih dari 50% volume sisa tetapi jalan penghubung dengan kamar utamanya lebih besar dari tipe kamar muka dan menaikkan performance pada putaran tinggi tapi tidak mudah untuk distart.

Ada tiga klasifikasi kecepatan pembakaran, yaitu 1). *Explosive* adalah suatu proses pembakaran dimana laju pembakaran terjadi sangat cepat tetapi tidak menampakkan adanya gelombang ledakan “*Combustion Wave*”. 2). *Deflagration* yaitu perambatan api pada ruang bakar dengan kecepatan subsonic. 3) *Detonation* adalah perambatan api yang terjadi pada ruang bakar dengan kecepatan supersonik.

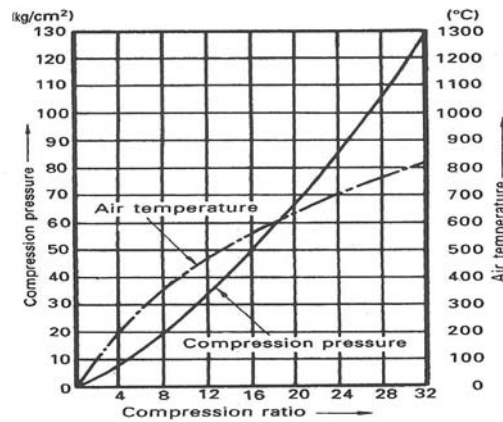
Ketepatan saat terjadinya pembakaran merupakan faktor yang sangat menentukan baik buruknya performa mesin yang dihasilkan. Ketepatan saat pembakaran menyebabkan bahan bakar yang terbakar menjadi lebih efektif dan tenaga yang dikeluarkan sesuai, walau tidak 100% energi dari bahan bakar yang terbakar tersebut menjadi tenaga.

Bahan bakar yang disemprotkan ke dalam ruang bakar pada motor Diesel tidak akan langsung terbakar, tetapi harus melalui beberapa tahap dan setelah itu baru akan terjadi proses pembakaran.

1) Perbandingan Kompresi dan Temperatur

Udara dalam silinder dikompresikan oleh adanya gerakan naiknya piston, menyebabkan temperatur meningkat. Grafik di bawah memperlihatkan hubungan secara teori antara perbandingan kompresi, tekanan kompresi dan temperatur dengan ketentuan tidak terdapat kebocoran udara antara piston dan silinder serta tidak ada panas yang hilang. Sebagai contoh, bila perbandingan kompresi 16, pada grafik diperlihatkan bahwa tekanan kompresi dan temperatur terlihat tinggi seperti 50 kg/cm dan 560 °C.

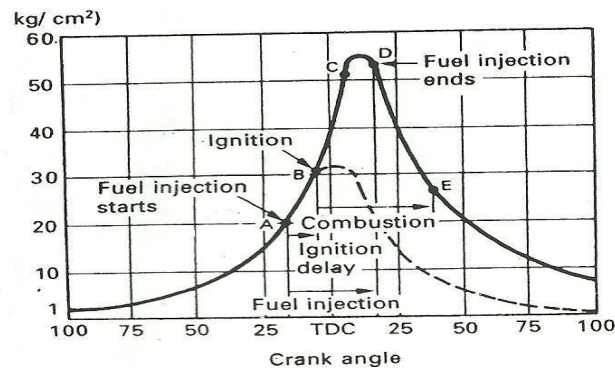
Dalam mesin diesel banyaknya udara yang masuk ke silinder pengaruhnya besar terhadap terjadinya pembakaran sendiri (self-ignition) yang dapat menentukan output. Efisiensi pengisapan adalah suatu hal yang penting.



Gambar 5. Perbandingan Kompresi dan Temperatur
(Toyota Step; Engine Group, 1994)

2) Proses Pembakaran Mesin Diesel

Udara yang diisap ke dalam ruang bakar akan dikompresi oleh gerakan piston. Bahan bakar diinjeksikan pada $\pm 15^\circ$ sebelum TMA pada langkah kompresi hingga $\pm 10^\circ$ setelah TMA ke udara tekan dan bersuhu tinggi. Akibatnya, bahan bakar terbakar dengan sendirinya oleh udara kompresi. Suhu udara kompresi harus di atas 500°C (932°F).



Gambar 6. Proses Pembakaran Mesin Diesel.
(Toyota Step; Engine Group, 1994)

Proses pembakaran pada mesin diesel dibagi menjadi 4 periode. Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa dari 4 periode tersebut terjadi perubahan tekanan mulai awal sampai akhir proses pembakaran. Perubahan tekanan ini yang menyebabkan bahan bakar terbakar dengan sendirinya. Untuk lebih jelasnya 4 periode proses pembakaran pada mesin diesel ini yaitu :

- a) Tahap Pertama: Saat tertundanya pembakaran (*Ignition Delay* A-B). Tahap ini merupakan tahap persiapan pembakaran di mana partikel-partikel bahan bakar yang berbentuk kabut yang telah disemprotkan oleh nosel bercampur dengan udara yang telah bertekanan tinggi membentuk campuran yang mudah terbakar.
- b) Tahap Kedua: Saat perambatan api (*Flame Propagation* B-C)
Tahap ini merupakan tahap mulai terjadinya pembakaran dan terjadi pembakaran yang menyebar ke seluruh ruang bakar. Pembakaran yang terjadi ini berlangsung sangat cepat dalam waktu yang serentak yang mengakibatkan terjadinya pembakaran *explosive* (pembakaran letup).
- c) Tahap Ketiga: Saat pembakaran langsung (*Direct Combustion* C-D). Tahap ini merupakan tahap di mana bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder langsung terbakar karena adanya nyala api pada tahap sebelumnya. Pembakaran langsung dapat dikontrol dari jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, jadi pada

tahap ini sering disebut tahap pembakaran terkontrol.

d) Tahap Keempat : Pembakaran lanjut (*After Burning* D-E)

Tahap ini merupakan tahap di mana terjadinya akhir penginjeksian yang terjadi pada titik D tetapi sebagian bahan bakar masih ada di dalam ruang bakar dan kemungkinan masih terjadi pembakaran lanjutan sehingga disebut pembakaran lanjut.

Periode tertundanya pembakaran (*ignition delay*) merupakan kerugian karena terjadinya penyimpangan antara penyetelan saat injeksi dengan kenyataan mulainya pembakaran, apabila periode tertundanya pembakaran terlalu lama maka akan terjadi penumpukan fraksi bahan bakar yang berlebihan di ruang bakar sehingga dapat menyebabkan ledakan besar (*knocking*) yang dapat menyebabkan rusaknya komponen mesin.

Tuntunan yang berkaitan pembakaran adalah tingkat efisiensi yang tinggi yaitu menghasilkan performa yang maksimal di antaranya adalah torsi, daya output maksimal dengan konsumsi bahan bakar yang irit serta sisa pembakaran yang bersih tidak menimbulkan polusi di atas ambang batas yang diijinkan. Pembakaran yang sempurna secara teoritis hanya menghasilkan CO_2 dan H_2O (karbon dioksida dan air).

Pembakaran dapat berlangsung secara sempurna namun dapat juga berlangsung secara tidak sempurna. Hal ini tergantung dari

unsur-unsur yang terkandung pada bahan bakar tersebut dan juga proses pembakarannya. Apabila pada bahan bakar tidak mengandung unsur-unsur yang tidak dapat terbakar maka pembakaran akan berlangsung secara sempurna, sehingga hasil pembakaran berupa gas bekas yang tidak berbahaya bagi kehidupan dan lingkungannya. Akan tetapi pada bahan bakar tersebut mengandung unsur-unsur yang tidak dapat terbakar, maka akan berakibat sisa dari proses pembakaran tersebut menimbulkan gas berbahaya (beracun) bagi kesehatan dan lingkungan.

3) Detonasi pada Motor Diesel

Bila waktu pembakaran tertunda sangat panjang atau jumlah penguapan selama ini terlalu banyak, jumlah campuran bahan bakar yang terbakar sekaligus pada periode perambatan api (periode kedua) terlalu banyak, mengakibatkan penambahan tekanan yang berlebihan dalam silinder dan ini ditandai dengan getaran dan suara. Hal ini disebut detonasi pada mesin diesel. Beberapa penyebab lain tertundanya pembakaran disebabkan jenis dan kualitas bahan bakar, temperature udara yang dikompresikan, turbulensi udara, sistem pengkabutan yang tidak sempurna, kondisi injektor rusak dan kerja pompa injeksi yang tidak maksimal.

Mencegah detonasi pada diesel dengan cara mencegah kenaikan tekanan yang berlebihan dengan cara memilih campuran yang terbakar pada tekanan rendah, memperpendek waktu

pembakaran tertunda atau mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan selama periode waktu pembakaran tertunda.

Cara-cara mengurangi detonasi :

- a) Menggunakan bahan bakar dengan angka cetane yang tinggi.
- b) Meningkatkan tekanan dan temperatur udara pada saat bahan bakar diinjeksikan.
- c) Mengurangi jumlah injeksi bahan bakar saat permulaan injeksi.
- d) Meningkatkan temperatur ruang bakar (khususnya pada daerah injeksi).

Detonasi pada motor diesel dan bensin keduanya merupakan suatu peristiwa yang sama. Keduanya diakibatkan kenaikan tekanan yang berlebihan disebabkan pembakaran bahan bakar yang berlebihan. Perbedaan detonasi pada motor diesel dan motor bensin adalah saat terjadinya detonasi pada motor diesel saat permulaan pembakaran sedangkan pada motor bensin terjadi menjelang akhir pembakaran.

4) Pengaruh Pencampuran Biodiesel terhadap Angka Cetane

Pada motor diesel angka cetane merupakan faktor penting untuk menentukan titik bakar dan bahan bakar. Sifat-sifat detonasi dari motor diesel ditunjukkan berdasarkan angka cetane. Untuk mengetahui angka cetane digunakan bahan bakar standar yaitu campuran dari normal cetana ($C_{16}H_{34}$) yang mempunyai waktu pembakaran tertunda sangat pendek, dengan α -methyl naptalene

($C_{16}H_{34}$) dalam satuan volume. Bahan bakar yang diukur dibandingkan dengan bahan standar dan perbandingan cetane yang dikandung dibanding dengan bahan bakar standar adalah angka cetane dari bahan bakar yang diukur.

Bahan bakar dengan cetane yang rendah akan mengakibatkan sifat-sifat pembakaran yang buruk dan sukar untuk di start. Dengan pembakaran yang tertunda yang panjang menyebabkan terjadinya detonasi.

Muryama, et. al, (2000) melaporkan bahwa pada pengujian mesin diesel dengan bahan bakar minyak vegetatif dan minyak diesel didapatkan bahwa dengan minyak vegetatif mempunyai efisiensi dan daya mesin yang lebih besar dibanding dengan minyak diesel, karena suhu gas buang yang dihasilkan lebih rendah namun terjadi penurunan kualitas nilai kalor rata-rata 2%. Dengan nilai kalor yang rata-rata lebih rendah 2%, tetapi minyak vegetatif mempunyai angka cetane yang jauh lebih tinggi akan didapat keterlambatan penyalaan yang lebih pendek bila dibandingkan dengan minyak diesel. Adanya keterlambatan penyalaan yang lebih pendek (*ignition delay*) daya yang dihasilkan besar dan efektif, maka akan dihasilkan unjuk kerja yang optimum.

Altin, et. al, (2000) mengadakan penelitian pemakaian minyak vegetatif dicampur dengan bahan bakar diesel dan didapatkan bahwa viskositas campuran relatif lebih tinggi dibandingkan bahan

bakar diesel. Selanjutnya suhu mesin relatif lebih rendah bila digunakan bahan bakar campuran. Suhu mesin yang relatif rendah mengindikasikan efisiensi meningkat sebagai akibat dari angka cetana dari bahan bakar vegetatif jauh lebih tinggi. Dengan angka cetana yang tinggi maka pembakaran akan efektif dan keterlambatan penyalaan akan pendek dan efisiensi mesin akan tinggi. Angka viskositas yang tinggi akan menambah beban/kerja pompa lebih berat.

f. Pemakaian Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) Indonesia untuk berbagai sektor cukup besar. Secara nasional, konsumsi BBM masih didominasi oleh BBM berbasis fosil, yaitu solar, premium dan minyak tanah. Kebutuhan yang demikian besar ini terbentur dengan akses masyarakat terhadap perolehan energi yang terbatas. Bukan saja karena kemampuan atau daya beli konsumen yang rendah, tetapi juga karena belum semua potensi sumber daya energi itu dimanfaatkan secara optimal. Hal inilah yang menjadi salah satu alasan pemerintah untuk memberikan subsidi kepada rakyat. Namun subsidi BBM justru menimbulkan permasalahan baru karena nilai subsidi pangsa konsumsi BBM cukup besar, yaitu mencapai 60 juta kiloliter. Subsidi tersebut meliputi tiga komoditas, yaitu premium (20 juta kiloliter), solar (22 juta kiloliter), dan minyak tanah (12 juta kiloliter) yang menempati

angka 63% dari energi final (Tim Pengembangan BBN, 2007:26).

Sektor transportasi sebagai sektor terbesar pemakai bahan bakar minyak menuntut perhatian serius dari semua elemen masyarakat. Salah satunya adalah dengan melakukan modifikasi terhadap material-material yang digunakan sebagai bahan dasar desain mesin, penambahan beberapa komponen pendukung tercapainya penghematan bahan bakar dan bahkan melakukan modifikasi terhadap sistem kerja mesin itu sendiri baik yang sederhana sampai yang modern (Toni, 2003).

Cadangan minyak bumi yang ada sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan konsumsi yang terus meningkat. Biaya untuk mengeksploitasi cadangan yang ada juga semakin meningkat. Seiring dengan itu, permintaan global terhadap energi kini telah meningkat tiga kalinya sejak tahun 1950 hingga setara dengan 10.000 juta ton minyak setiap tahun (Wirham dalam Furdi, 2009).

Sementara itu Tim Nasional Pengembangan BBN mengungkapkan:

“Menurut Dewan Energi Dunia, pemakaian energi cenderung naik sampai 50% pada tahun 2020. Sementara itu cadangan minyak dan gas bumi di Indonesia diperkirakan tidak akan berumur lebih dari 25 tahun. Tanpa adanya penemuan cadangan baru, cadangan yang ada hanya akan cukup untuk memenuhi konsumsi 18 tahun saja untuk minyak bumi, sekitar 50 tahun untuk gas bumi, dan sekitar 150 tahun untuk batu bara”.

Untuk mengatasi pemenuhan kebutuhan BBM ini, maka pemerintah telah membuat kebijakan-kebijakan. Kebijakan pemerintah untuk percepatan pembuatan BBN antara lain:

- a. Peraturan Pemerintah (PP) No.5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional.
- b. Intruksi Presiden (Inpres) No.1 Tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan BBN.
- c. Keputusan Presiden (Kepres) No. 10 Tahun 2006 tentang Tim Nasional Pengembangan BBN untuk percepatan pengurangan kemiskinan dan pengangguran. (Ebenezer, 2006)

Solusi BBN untuk transportasi adalah sebagai pengganti solar atau bensin. Untuk solar digunakan biodiesel, sedangkan untuk bensin digunakan bioetanol.

Salah satu cara untuk mengukur pemakaian bahan bakar adalah dengan menghitung banyaknya bahan bakar yang digunakan dalam operasi sebuah *engine* dalam satuan waktu tertentu. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$m_f = \frac{V}{\Delta t} \cdot \rho_{bb} \cdot \frac{3600}{1000} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right) \dots\dots\dots (\text{Kulshrestha dalam Furdi, 2009})$$

Keterangan:

m_f = Jumlah pemakaian bahan bakar mesin (Kg/Jam)

V = Jumlah bahan bakar yang dipakai mesin (cm^3)

Δt = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar (detik)

ρ_{bb} = Berat jenis bahan bakar (Solar = $0,86 \text{ gr/cm}^3$)

$\frac{3600}{1000}$ = Bilangan konversi

g. Emisi Gas Nitrogen Oksida (NO_x)

Menurut Slamet dalam Ahmad (2009:25) menyatakan bahwa pencemaran udara adalah keadaan dimana ke dalam udara atmosfer oleh suatu sumber, baik melalui aktifitas manusia maupun alamiah disebabkan satu atau beberapa bahan atau zat-zat dan kuantitas maupun batas waktu tertentu yang secara karakteristik dapat atau memiliki kecenderungan dapat menimbulkan ketimpangan susunan udara atmosfer secara ekologis sehingga mampu menimbulkan gangguan-gangguan bagi kehidupan satu atau kelompok organisme maupun benda-benda. Pencemaran udara dapat berupa emisi gas buang, emisi gas buang adalah hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin (<http://id.wikipedia.org>).

Sumber polusi utama dari pencemaran udara berasal dari transportasi, polusi udara oleh gas buang dan bunyi pembakaran motor Diesel merupakan gangguan terhadap lingkungan. Komponen-komponen gas buang yang membahayakan itu antara lain adalah asap hitam, hidro karbon yang tidak terbakar (UHC), Karbon monoksida (CO), Oksida Nitrogen (NO) dan NO₂. NO dan NO₂ biasa dinyatakan dengan NO_x (Ahmad 2009 : 28).

Nitrogen Oksida (NO_x) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer. Senyawa ini diberi notasi x karena bentuknya dapat berupa

Nitrik Oksida (NO) atau Nitrogen Dioksida (NO₂). Umumnya Oksida Nitrogen berbentuk Nitrogen Monoksida (NO) dan sejumlah kecil Nitrogen Dioksida (NO₂). Nitrogen ini tidak berasal dari bensin atau solar, tapi dari udara yang masuk kedalam ruang bakar. Dalam kondisi normal, Nitrogen (N₂) tergolong senyawa inert yang stabil. Ia tak gampang bereaksi dengan Oksigen.

Secara alamiah, gas nitrogen termasuk komponen normal udara yang kita hirup. Tapi ketika berbentuk oksida, gas ini bersifat racun, bisa mengiritasi paru-paru dan memperberat penyakit pernafasan. Itu sebabnya, kandungan NO_x merupakan parameter yang diuji. Kadar normal NO_x idealnya tak lebih dari 100 ppm. Tapi jika mesin mengalami overheating, sifat inert ini tak lagi bisa dipertahankan. Dalam kondisi tekanan mampta dan temperatur tinggi, senyawa nitrogen akan terurai dan berikatan dengan oksigen menjadi NO_x, produk gas beracun inilah yang akan keluar dari ujung knalpot sebagai gas buangan.

Biasanya kadar NO_x dan HC berbanding terbalik dengan CO dan HC, meskipun tidak terjadi pada semua rentang kadar. Tingginya kadar gas beracun ini didalam asap bisa menjadi indikasi mesin overheating. NO₂ pada manusia dapat meracuni paru-paru, kadar 100 ppm dapat menimbulkan kematian, dan 5 ppm setelah 5 menit menimbulkan sesak nafas. Pembentukan NO_x sangat bergantung pada temperatur lamanya gas hasil pembakaran berada pada suhu tersebut dan jumlah

oksigen berlebih yang tersedia. Semakin tinggi suhu pembakaran, semakin tinggi pula konsentrasi NO_x yang dihasilkan.

2. Penelitian yang Relevan

Pada penelitian yang terdahulu yang berkaitan dengan “Analisis Penggunaan Biodiesel dari Kelapa Sawit dan Solar Terhadap Pemakaian Bahan Bakar dan Kandungan Gas Nitrogen Oksida (NO_x) pada Motor Diesel Empat Langkah” peneliti belum menemukan penelitian yang memfokuskan pada pemakaian biodiesel dari kelapa sawit. Adapun penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang dilakukan ini adalah:

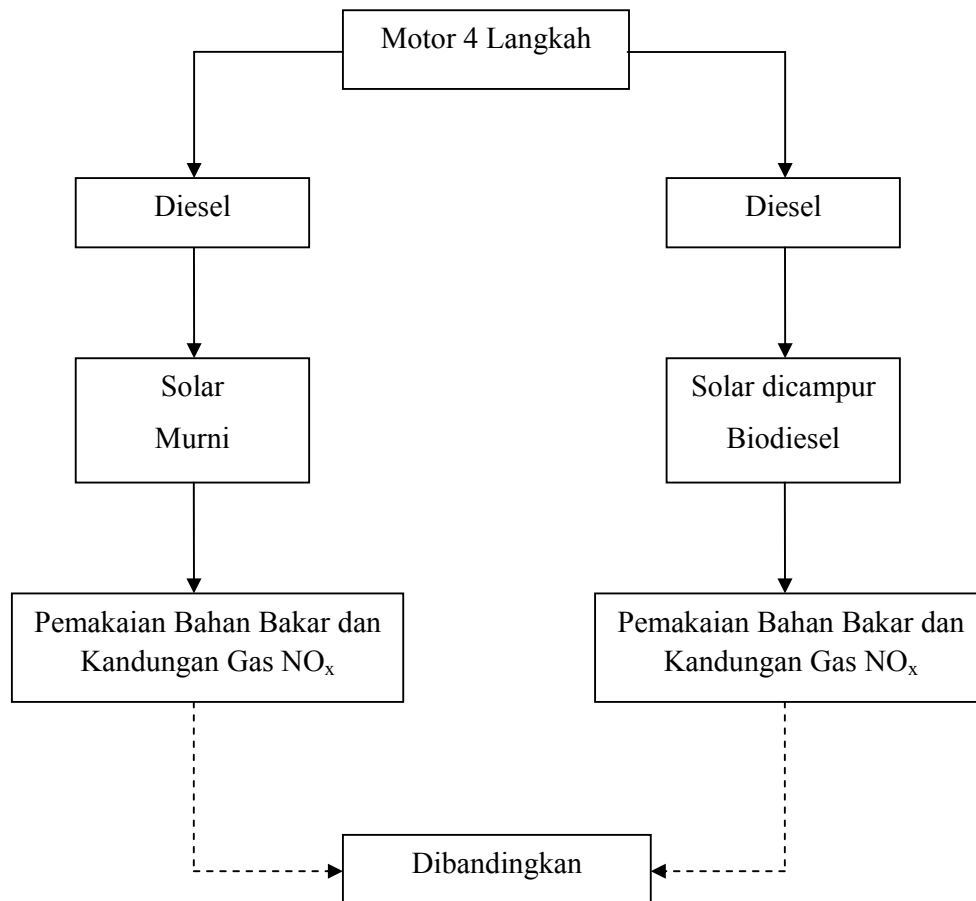
- a. Ahmad Irfan (2009), yang meneliti penggunaan bahan bakar Biodiesel berbasis minyak jarak (*Jatropha Curcos*) terhadap emisi gas buang pada motor diesel. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dengan pemakaian bahan bakar biodiesel, konsentrasi kandungan emisi gas buang CO , SO_x , NO_x , HC dan CO_2 pada mesin diesel mengalami penurunan dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar solar.
- b. Beni Satria (2007), yang melakukan penelitian tentang “Analisis penggunaan Biodiesel B30 dan Solar pada motor diesel empat langkah terhadap pemakaian bahan bakar (Fuel consumption) dan ketebalan asap buang kendaraan (Vehicle exhaust smoke density)”. Hasil penelitiannya menunjukkan penggunaan biodiesel B30 berpengaruh terhadap pemakaian bahan bakar dan ketebalan asap buang kendaraan.

B. Kerangka Pikir

Krisis persediaan bahan bakar minyak, khususnya minyak solar telah dirasakan di Indonesia. Persediaan minyak nasional hanya mencukupi untuk kebutuhan sampai 18 tahun. Selain itu kualitas udara di Indonesia juga sudah sangat mengkhawatirkan. Saat ini Indonesia menjadi negara penyumbang emisi karbon peringkat ketiga di dunia. Kendaraan bermotor menjadi faktor utama penyebab penurunan kualitas udara.

Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan menggunakan bahan bakar terbarui. Salah satu bahan yang bisa dimanfaatkan yakni biodiesel dari kelapa sawit. Penggunaan biodiesel dari kelapa sawit diteliti aspeknya terhadap pemakaian bahan bakar dan kandungan gas NO_x yang dihasilkan kendaraan. Pengujian ini dilakukan dalam empat bentuk perlakuan, yaitu dengan menggunakan bahan bakar solar (tanpa campuran), bahan bakar biodiesel B10, B20 dan B35.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 7. Kerangka Pikir

C. Hipotesis Penelitian

Dari uraian-uraian di atas maka sebagai dugaan awal penelitian diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Terdapat Perbedaan Pemakaian Bahan Bakar yang Signifikan dari penggunaan campuran Biodiesel dari Kelapa Sawit dan Solar pada Motor Diesel Empat Langkah.

2. Terdapat Perbedaan Kandungan Gas Nitrogen Oksida (NO_x) yang signifikan dari Penggunaan campuran Biodiesel dari Kelapa Sawit dan Solar pada Motor Diesel Empat Langkah.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan uraian dan hasil analisa data, maka dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan campuran Biodiesel dari Kelapa Sawit dan Solar ternyata tidak menimbulkan perbedaan yang sangat signifikan terhadap pemakaian bahan bakarnya. Dari data konsumsi bahan bakar yang dihasilkan, penggunaan Biosolar lebih hemat dibandingkan dengan menggunakan solar murni. Namun berdasarkan uji statistik yang peneliti lakukan, didapatkan t_{hitung} untuk B10, B20 dan B35 yakni 0,000521 dan 0,125 dan 0,057 lebih kecil dibandingkan dengan t_{tabel} 2,776 pada taraf signifikansi 5% Sehingga hipotesis pertama dari penelitian ini terhadap konsumsi bahan bakar ditolak.
2. Penggunaan campuran biodiesel dari kelapa sawit dan solar pada motor diesel empat langkah ternyata tidak menimbulkan perbedaan yang sangat signifikan terhadap emisi gas buang NOxnya. Dari data emisi gas buang NOx yang dihasilkan terdapat perbedaan bahwa tingkat emisi gas buang NOx yang dihasilkan menggunakan Biosolar lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan solar murni. Berdasarkan uji statistik yang peneliti lakukan, didapatkan t_{hitung} untuk B10, B20 dan B35 yakni 0,662 dan -0,621 dan -1,149 lebih kecil dibandingkan dengan t_{tabel} 2,776 pada taraf signifikansi 5% Sehingga hipotesis kedua dari penelitian ini terhadap emisi

gas buang NO_x ditolak. Dapat diketahui juga dari ketiga variasi Biosolar yang digunakan maka variasi yang paling baik atau hampir sama gas buang yang dihasilkan dengan penggunaan solar murni yakni pada variasi Biosolar B10.

B. Saran

Adapun saran-saran yang bisa diberikan oleh penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pencampuran biodiesel ke dalam solar menyebabkan peningkatan emisi Gas NO_x, sehingga diharapkan kepada pakar otomotif agar dapat meneliti lebih lanjut agar pencampuran biodiesel tersebut tidak menyebabkan peningkatan pemakaian bahan bakar.
2. Hendaknya dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai seberapa besar pengaruh pemakaian campuran biodiesel dan solar terhadap peningkatan angka cetana bahan bakar.
3. Untuk kendaraan motor diesel, variasi konsentrasi yang paling tepat digunakan adalah pada variasi pencampuran 10% biodiesel, sehingga diharapkan agar pakar otomotif dan masyarakat tidak menggunakan variasi campuran yang lebih besar.
4. Hendaknya peneliti lain juga meneliti dampak penggunaan pencampuran biodiesel dari kelapa sawit dan solar terhadap daya (*power*) dan emisi gas buang yang bersifat toksis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. "Emisi Gas Buang". <http://id.wikipedia.org>, diakses tanggal 21 Maret 2010.
- , "Biodiesel". <http://id.wikipedia.org>, diakses tanggal 21 Maret 2010.
- , 2006. *Biodiesel? Pertamina Siap!*. <http://www.kamase.org>, diakses tanggal 21 Maret 2010.
- , "Mengatasi Pencemaran Udara dengan EURO 2". www.bplhdjabar.go.id, diakses tanggal 12 Januari 2010.
- Ahmad Irfan. (2009). *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Berbasis Minyak Jarak (Jatropha Curcas) Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Pada Motor Bakar Diesel*. Skripsi tidak diterbitkan Padang: FT UNP.
- Ari Hidayat. 2007. "Sumber Pencemaran Udara". <http://arhidayat.staff.uui.ac.id/page/3/>, diakses tanggal 25 April 2010.
- Arie Rahmadi. (2005). *Pengembangan Biodiesel Indonesia dengan Teknologi Bangsa Sendiri: Kesempatan dan Tantangan*. Jakarta: Balai Rekayasa Desain dan System Teknologi (Engineering Center BPPT)
- Departemen Perindustrian. (2007). *Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit*. Jakarta
- Ebenezer LT. et al. (2006). "Pengaruh Bahan Bakar Transportasi Terhadap Pencemaran Udara dan Solusinya". Paper. FT-UGM.
- Furdi Hamdani. (2009). *Pengaruh Pencampuran Kapur Barus (Naphtalene) Ke Dalam Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Kandungan Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Sepeda Motor 4 Langkah*. Skripsi tidak diterbitkan Padang: FT UNP.
- Hendartono Toni. 2005. *Pemanfaatan Minyak dari Tumbuhan untuk Pembuatan Biodiesel*. <http://www.biodiesel.org>, diakses tanggal 21 Maret 2010.
- Mathur, M.L & Sharma, R.D. (1980). *A Course Internal Combustion Engine*. Delhi: Dhampat Rai & Sons.
- Mescha Destianna. et al. (2007). *Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel*. Bandung: Institut Teknologi Bandung