



LAPORAN PENELITIAN



**PENGARUH PEMANASAN BAHAN BAKAR SOLAR
TERHADAP PENGGUNAAN BAHAN BAKAR SPESIFIK
PADA MOTOR DIESEL PUTARAN RENDAH**

Oleh:
Drs. Martias

27-12-2005
hd
Kf
341/K/2005-p1/L
629.207.2 MAR-6

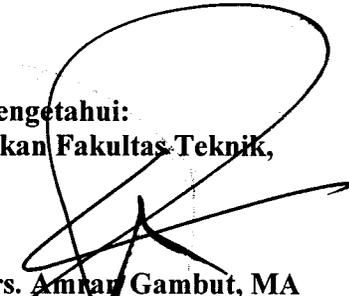
Penelitian ini Dibiayai oleh:
Dana DIPA UNP Tahun Anggaran 2005
Surat Perjanjian Kerja Pelaksanaan (SP3)
Nomor : 872/J41/KU/DIPA/2005
Tanggal 02 Mei 2005

**JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
TAHUN 2005**

**LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PENELITIAN**

- 1. Judul Penelitian** : Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Solar terhadap Penggunaan Bahan bakar Spesifik pada Motor Diesel Putaran rendah
- 2. Ketua Peneliti**
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Drs. Martias
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. Pangkat/Gol./NIP : Penata/IIIc/131996203
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Fakultas/ Jurusan : Teknik/ Teknik Otomotif
 - f. Bidang yang Diteliti : Teknik Otomotif
- 3. Jumlah Tim Peneliti** : 1 (satu) Orang
- 4. Lokasi Penelitian** : Laboratorium Mekanika Teknik mesin
- 5. Bila Penelitian ini Merupakan Peningkatan Kerjasama Kelembagaan Sebutkan:**
- a. Nama Instansi : -
 - b. Alamat : -
- 6. Jangka Waktu Penelitian** : 6 (enam) Bulan
- 7. Biaya yang Dibelanjakan** : Rp. 5.000.000,- (Lima Juta Rupiah)
-

Mengetahui:
Dekan Fakultas Teknik,


Drs. Amnar Gambut, MA
NIP. 130 602 557

Padang, Desember 2005
Peneliti,


Drs. Martias
NIP. 131996203

Mengetahui:
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,


Prof. Dr. H. Anas Yasin, MA
NIP. 130 365 634

ABSTRAK

Optimalisasi kinerja motor diesel ditentukan oleh proses pembakaran yang berlangsung dalam silinder, makin sempurna pembakaran dalam silinder makin bagus kinerja mesin yang dihasilkan. Kesulitan dalam proses pembakaran sering disebabkan oleh karakteristik bahan bakar solar yang tidak sesuai dengan kondisi kerja motor. Dengan memberikan perlakuan terhadap bahan bakar solar, dimungkinkan adanya perubahan terhadap karakteristiknya sehingga proses pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dan menghitung besar pengaruh pemanasan bahan bakar solar terhadap pemakaian bahan bakar spesifik pada motor diesel putaran rendah Petter type AA1, satu silinder berdaya 3,5 HP dengan putaran maksimum 3600 rpm. Perlakuan panas pada bahan bakar solar mulai dari 31°C, 40°C, 50°C, dan 60°C, dengan putaran mesin 750 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2500 rpm.

Berdasarkan hasil analisis data menunjukkan bahwa pada temperatur bahan bakar 50°C dapat menurunkan pemakaian bahan bakar spesifik 24,13% dengan kenaikan daya sebesar 11,71%, tekanan efektif meningkat 15,29% dan efisiensi thermis meningkat 34,83%.

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.

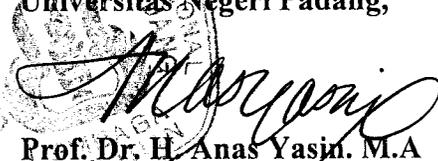
Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Pimpinan Universitas, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang *Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Solar terhadap Penggunaan Bahan Bakar Spesifik pada Motor Diesel Putaran Rendah*, berdasarkan Surat Perjanjian Kontrak Nomor : 872/J41/KU/DIPA/2005 Tanggal 02 Mai 2005.

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, maka Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dan kompleks dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan sebagai bahan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang. Kemudian untuk tujuan diseminasi dan kesempurnaan, hasil penelitian ini telah diseminarkan yang melibatkan dosen/tenaga peneliti Universitas Negeri Padang sesuai dengan fakultas peneliti. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama kepada pimpinan lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sampel penelitian, tim pembahas Lembaga Penelitian dan dosen-dosen pada setiap fakultas di lingkungan Universitas Negeri Padang yang ikut membahas dalam seminar hasil penelitian. 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 ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2005
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,

Prof. Dr. H. Anas Yasin, M.A
NIP. 130365634

DAFTAR ISI

LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Pembatasan Masalah	3
D. Perumusan Masalah	4
E. Asumsi	4
F. Definisi Operasional	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Landasar Teori	6
B. Kerangka Konseptual	19
C. Pertanyaan Penelitian	20
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	21
A. Tujuan penelitian	21
B. Manfaat Penelitian	21
BAB IV METODE PENELITIAN	22
A. Wilayah dan Waktu Penelitian	22
B. Objek Penelitian	22

C. Disain Penelitian	22
D. Alat dan Bahan	23
E. Analisis Data	23
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	26
A. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik	26
B. Daya Motor Efektif	29
C. Tekanan Efektif Rata-Rata	32
D. Effisiensi Thermis	34
BAB VI KESIMPULAN	36
A. Kesimpulan	36
B. Saran-Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	38
1. Data Spesifikasi	38
2. Data Hasil Pengujian	39
3. Data Hasil Analisis	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Aktual Siklus Diesel.....	6
Gambar 2.2. Proses Pembakaran pada Motor Diesel.....	10
Gambar 2.3. Peristiwa Pemindahan Panas dan Penguapan.....	11
Gambar 2.4. Kerangka Konseptual.....	19
Gambar 5.1. Grafik Pemakaian Bahan Bakar Spesifik vs. Putaran.....	27
Gambar 5.2. Grafik Daya Efektif vs. Putaran.....	30
Gambar 5.3. Grafik Tekanan Efektif Rata-rata vs. Putaran.....	33
Gambar 5.4. Grafik Effisiensi Thermis vs. Putaran.....	35

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mendapatkan optimalisasi kinerja mesin diesel dipengaruhi oleh banyak faktor, yang pada dasarnya adalah bagaimana mendapatkan pembakaran dalam silinder terjadi secara sempurna. Ketidaksempurnaan pembakaran dalam silinder disebabkan oleh kurang baiknya campuran bahan bakar dengan udara akibatnya pertikel-pertikel bahan bakar banyak yang tidak terbakar dan terbang bersama gas sisa pembakaran melalui saluran buang. Dengan demikian akan meningkatkan pemakaian bahan bakar spesifik dan kandungan emisi Nitrogen Oksida (NOx) Gas Buang.

Banyak usaha yang telah dilakukan untuk mendapatkan pencampuran yang sempurna antara bahan bakar solar dengan udara, diantaranya adalah: dengan melengkapi saluran pemasukan udara dengan turbo cyclone atau dengan desain ruang bakar khusus, menaikkan tekanan udara yang masuk ke dalam silinder, memberikan efek medan magnet terhadap bahan bakar seperti car booster, dan melakukan penambahan atau pengurangan zat aditif di dalam bahan bakar.

Dengan turbo cyclone atau dengan desain ruang bakar khusus, proses pencampuran udara dan bahan bakar dapat dipercepat dengan jalan memusarkan udara masuk ke dalam silinder. Namun demikian jika pusaran udara begitu besar ada kemungkinan terjadi kesukaran pada waktu



menghidupkan mesin dalam keadaan dingin. Hal ini disebabkan karena proses pemindahan panas dari udara ke dinding silinder yang masih dalam keadaan dingin menjadi lebih besar, sehingga udara tersebut menjadi dingin. Keadaan optimal baru bisa diperoleh jika mesin sudah mencapai temperatur kerjanya.

Sedangkan dengan menaikkan tekanan udara yang masuk ke dalam silinder akan mempengaruhi kerapatan dan berat udara yang masuk kedalam ruang bakar, sehingga akan membantu campuran mencapai kondisi pembakaran dengan cepat. Dengan demikian keterlambatan pembakaran, terutama pada kondisi kecepatan putaran tinggi dapat dihindari. Menurut beberapa hasil penelitian yang dikutip oleh Tirtaotmadjo, R (2000) kondisi optimal dapat dicapai pada suhu 50°C dan tekanan 3 bar.

Adapun dengan car booster menggunakan prinsip teknik magnetisasi, sehingga dapat memecah mata rantai hidrocarbon yang terdapat dalam bahan bakar sehingga memberikan waktu yang cukup kepada oksigen agar beraksi dengan cepat.

Sedangkan untuk mengurangi kandungan emisi gas buang dengan mengatur konsentrasi gas Nitrogen Oksigen (NO) dalam gas buang kendaraan dengan menggunakan Exhaust Gas Recirculation (EGR) dan memasang catalytic converter pada knalpot kendaraan.

Berdasarkan pengalaman sehari-hari kinerja motor diesel lebih optimal jika mesinnya sudah cukup panas. Apakah suhu yang panas itu disebabkan oleh

teperatur mesin naik atau mungkin saja temperatur bahan bakarnya yang naik. Untuk menjawab permasalahan ini perlu dilakukan penelitian.

B. Identifikasi Masalah

Upaya untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna sehingga diperoleh penurunan pemakaian bahan bakar dan mengurangi kandungan emisi gas buang motor diesel adalah:

- a. Meningkatkan turbolensi udara ke dalam silinder.
- b. Menaikan tekanan udara yang masuk ke dalam silinder.
- c. Memutus mata rantai hidrokarbon bahan bakar sehingga mempercepat reaksinya dengan oksigen.
- d. Menggunakan zat-zat yang bersifat katalis dimana zat tersebut diharapkan dapat membantu atau mempercepat terjadinya reaksi kimia sehingga emisi gas buang yang membahayakan dapat ditekan.
- e. Memberikan perlakuan panas terhadap bahan bakar sehingga diperoleh kinerja mesin yang optimal.

C. Pembatasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan permasalahan, dan terbatasnya waktu, dana serta kemampuan penulis, maka penelitian ini dilakukan pada motor diesel putaran rendah yang dibatasi pada perlakuan terhadap bahan bakar yang meliputi:



- a. Pengaruh temperatur bahan bakar solar terhadap penggunaan bahan bakar spesifik.
- b. Perlakuan terhadap peningkatan temperatur bahan bakar solar dilakukan sampai daya mesin tidak lagi mengalami kenaikan dan bahkan mulai menurun.

D. Perumusan Masalah

Rumusan penelitian ini adalah:

- a. Bagaimanakah pengaruh pemanasan bahan bakar solar terhadap penggunaan bahan bakar spesifik pada motor diesel putaran rendah.
- b. Berapakah besar pengaruh pemanasan bahan bakar solar terhadap penggunaan bahan bakar spesifik pada motor diesel putaran rendah..

E. Asumsi

- a. Mesin yang digunakan sebagai objek penelitian berada pada kondisi yang standar.
- b. Perbedaan suhu ruangan saat pengujian tidak berpengaruh terhadap proses pembakaran yang terjadi di dalam silinder.
- c. Bahan bakar yang digunakan adalah solar produksi pertamina yang dijual dipasaran.

F. Defenisi Operasional

a. Temperatur Bahan Bakar.Solar

Temperatur bahan bakar.solar dinaikan dengan menggunakan sebuah alat pemanas elemen listrik arus bolak balik yang langsung dipasangkan pada sumber tegangan dan pengontrolan panasnya dilakukan secara manual.

b. Penggunaan Bahan Bakar Spesifik

Penggunaan bahan bakar spesifik adalah banyaknya bahan bakar yang terpakai perjam untuk menghasilkan setiap satuan daya.

c. Motor Diesel Putaran Rendah

Motor diesel putaran rendah adalah motor diesel yang menggunakan siklus diesel sebagai siklus idealnya, bukan siklus sabathe yang digunakan untuk motor diesel putaran tinggi.

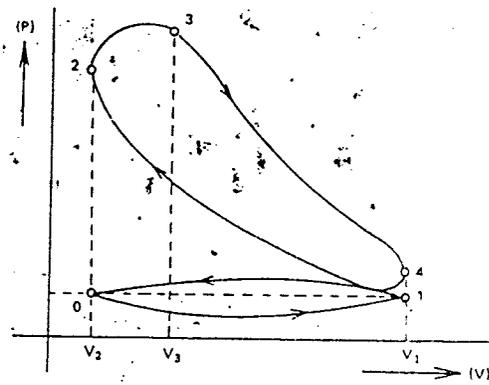
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Proses Kerja Motor Diesel

Proses kerja motor diesel untuk putaran rendah berlangsung pada siklus diesel sedangkan untuk motor diesel putaran tinggi berlangsung pada siklus asabetha. Untuk memahami proses kerja motor diesel putaran rendah, dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 2.1. Diagram Aktual Siklus Diesel

Motor diesel hanya menghisap udara murni ke dalam silinder, peristiwa ini berlangsung sepanjang grafik 0-1. Pada waktu piston bergerak dari TMA ke TMB tekanan gas sisa pembakaran di dalam silinder turun dan ini terjadi karena silinder diisi dengan udara segar. Pada kejadian ini tekanan udara segar menjadi lebih kecil daripada tekanan atmosfer disebabkan oleh tahanan hidrolis dalam sistem pembuangan. Pada waktu

mencapai akhir pemasukan tekanan mengalami kenaikan sedikit yang disebut *velocity head* yang ditimbulkan oleh gaya inersia udara murni yang masuk ke dalam silinder. Sewaktu terjadi proses pengisian mula-mula temperaturnya turun karena terjadi pengembunan pada dinding silinder (kondisi mesin dingin), pada saat kondisi mesin sudah panas muatan segar yang masuk ke dalam silinder akan panas karena berhubungan dengan bagian-bagian yang panas dan bercampur dengan gas sisa pembakaran. Akibat pemanasan dan perubahan kerapatan muatan segar, jumlah aktual yang masuk ke dalam silinder selalu kurang dari jumlah muatan segar yang masuk ke dalam silinder pada tekanan dan temperatur normal yang diistilahkan dengan *koefisien pemasukan*. atau *efisiensi pengisian*.

Proses kompresi berlangsung pada grafik 1-3, proses ini membentuk kondisi yang cocok untuk penyalaan dan pembakaran muatan segar dan menaikkan temperatur serta perbandingan ekspansi produk pembakaran dalam siklus, karena akan mempengaruhi efisiensi mesin. Untuk itu supaya bahan bakar dan udara dapat bercampur secara homogen, maka gerakan udara di dalam silinder harus merupakan aliran turbulen.

Dalam siklus aktual proses kompresi terjadi dalam kondisi pertukaran panas antara muatan segar dengan bagian-bagian mesin secara adiabatik. Sifat kompleks dari pertukaran panas ini tidak dapat dirumuskan dengan akurat secara termodinamika, oleh karena itu dianggap bahwa proses kompresi menimbulkan politropis dengan eksponen n_1 yang merupakan nilai rata-rata selama proses kompresi secara keseluruhan.

Pada permulaan kompresi temperatur muatan segar lebih rendah dari temperatur sekelilingnya, dengan demikian aliran panas dari bagian-bagian yang panas ke muatan segar, berarti ekspansi politropis lebih besar dari ekspansi adiabatik. Pada kondisi berikutnya temperatur muatan segar naik dan melebihi temperatur bagian-bagian sekelilingnya dan panas ditransfer ke bagian-bagian tersebut, pada kondisi ini ekspansi politropis lebih kecil dari ekspansi adiabatik.

Proses pembakaran berlangsung mulai beberapa derajat akhir langkah kompresi sampai akhir fase pembakaran lanjut. Untuk membahas proses pembakaran dan ekspansi dapat dilihat khusus pada pembahasan proses pembakaran.

Proses usaha berlangsung sepanjang grafik 3-4, yang terjadi secara adiabatik. Apabila dianggap tekanan dan temperatur pada akhir proses ekspansi berlangsung dalam siklus tekanan konstan maka ekspansi terjadi dari TMA ke TMB. Pada awal ekspansi aliran panas menuju ke arah gas muatan baru yang disebabkan oleh pembakaran intensif yang lebih besar dari pada perpindahan panas ke sekeliling. Hal ini disebabkan oleh eksponen pembakaran politropis lebih kecil dari eksponen ekspansi adiabatik. Disebabkan pembakaran akan berkurang nilai eksponen politropis akan bertambah, karena gas pembakaran terus berekspansi kerugian ke dinding silinder lebih besar dari pada aliran panas dari pembakaran dan nilai eksponen politropis akan bertambah.



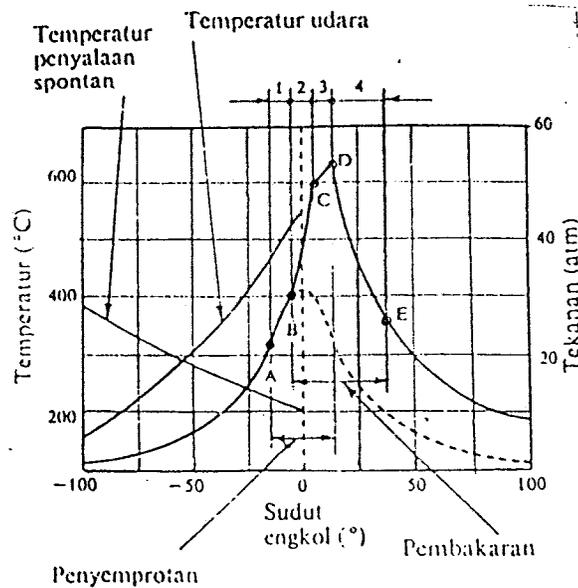
Proses pembuangan berlangsung sepanjang grafik 4-0. Proses pembuangan akan menyebabkan tekanan rata-rata dari gas sisa pembakaran turun sampai minimum pada akhir langkah buang. Tekanan gas dalam silinder tidak pernah konstan sebab oskilasi gas yang elastis terjadi karena sifat periodik dari proses. Oskilasi gas selama pembuangan tidak dapat dihitung secara teoritis sehingga tekanannya biasanya dianggap konstan untuk menentukan nilai rata-rata selama politropis secara keseluruhan. Tekanan pembuangan rata-rata tergantung pada kecepatan sudut engkol, disain dan dimensi sistem pembuangan menurut M.D. Artamonov (1976) berkisar $0,105-0,120 \text{ MN/m}^2$.

2. Pembakaran pada Motor Diesel

Sumber energi motor diesel berasal dari energi pembakaran yang terjadi di dalam ruang pembakaran. Secara umum ada tiga syarat agar terjadi proses pembakaran, yaitu: bahan bakar yang akan dibakar, udara (oksigen) media pembakar (suhu oksigen yang cukup tinggi).

Pembakaran adalah reaksi kimia secara cepat antara bahan bakar dengan oksigen sehingga menghasilkan sejumlah energi panas. Peristiwa berlangsungnya proses pembakaran tersebut merupakan oksidasi antara unsur-unsur kimia bahan bakar dengan oksigen pada saat bahan bakar sudah mencapai titik nyala, sehingga prosesnya berlangsung secara kimia dan fisika yang begitu kompleks sebagai langkah awalnya dan proses selanjutnya kualitas pembakaran ditentukan oleh kandungan dan kecepatan

reaksi-reaksi kimia, kondisi panas, penambahan massa dalam daerah nyala api dan perpindahan panas ke dinding silinder (M. Khovakh 1979). Gambar 2 menjelaskan proses pembakaran pada motor diesel.



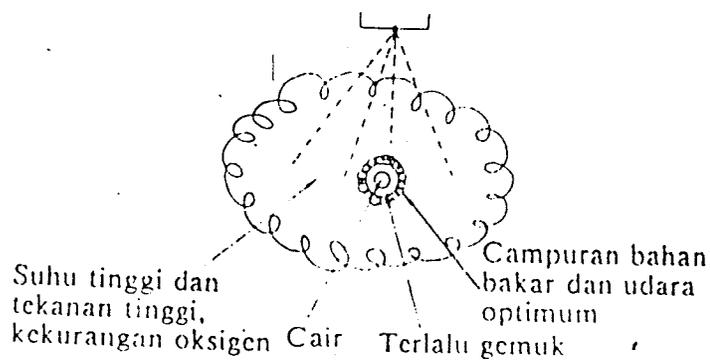
Gambar 2.2. Proses Pembakaran pada Motor Diesel

Proses pembakaran motor diesel berlangsung empat fase, yaitu: fase pembakaran tertunda, pembakaran spontan/eksplosip, pembakaran terkendali dan pembakaran lanjut.

Fase pembakaran tertunda dimulai pada titik A, yaitu mulai terjadi penginjeksian bahan bakar (injection timing), maka terjadilah proses fisik dan kimiawi (persiapan pembakaran). Proses fisik (fenomena fisik) meliputi perpindahan panas, penguapan dan defusi.

UNIVERSITAS SEBELAH
JANUARI 2010

Perpindahan panas terjadi ketika oksigen di dalam silinder sebagai gas pembakar mencapai suhu 1200-1300⁰C, bahan bakar dengan tekanan tinggi diinjeksikan oleh injektor ke dalam silinder sehingga konsentrasi oksigen sebagai gas pembakar di dalam silinder berkurang. Dengan demikian bahan bakar menetrasi ke dalam udara panas (oksigen) akibatnya butiran-butiran halus bahan bakar tersebut dikelilingi oleh udara panas. Berikutnya terjadilah penguapan dimana butiran-butiran halus bahan bakar berubah menjadi uap yang dimulai dari bagian kulit luar (yang terpanas), seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2.3. Peristiwa Pemindahan Panas dan Penguapan

Berikutnya terjadilah difusi, dimana uap bahan bakar tersebut bercampur dengan udara yang ada di sekelilingnya, proses penguapan dan pencampuran dengan udara ini terjadi secara beransur-ansur dan terus menerus selama temperatur sekitarnya mencukupi.

Waktu terbaik yang dibutuhkan untuk proses pembakaran tertunda adalah 0,001 detik. Adapun faktor penentu lama atau pendeknya fase pembakaran tertunda ini adalah: pola aliran udara dalam ruang bakar (turbulen), temperatur dan tekanan udara, tekanan injeksi bahan bakar, pola semprotan, kebocoran kedudukan katup jarum (idle valve), sifat fisik dan kimiawi bahan bakar (jenis bahan bakar yang digunakan), dan kondisi mesin yang meliputi: kompresi rendah, tekanan dan temperatur udara rendah dan mesin dingin (M. Khovakh 1979).

Fase kedua yaitu grafik B-C (Pembakaran Spontan/Eksplosip), fase ini terdiri atas dua tingkat. Tingkat pertama menyala dan terbakar, saat ini penginjeksian bahan bakar tetap berlangsung secara spontan langsung terjadi penyalaan dan pembakaran eksplosip sepanjang grafik B-C. Proses pembakaran terjadi secara beransur-ansur, pembakaran awal terjadi pada temperatur yang relatif rendah sehingga laju pembakaran bertambah cepat, sedangkan pembakaran berikutnya terjadi pada temperatur lebih tinggi. Setiap butir bahan bakar mengalami proses tersebut yang terjadi sekaligus pada banyak tempat sehingga makin banyak bahan bakar yang terbakar. Tingkat kedua kenaikan tekanan dan temperatur, saat ini tekanan dan temperatur naik secara drastis karena volume masih kecil dan kompresi makin panas akibat pembakaran. Peristiwa ini terjadi dekat menjelang piston mencapai TMA tepatnya pada titik C 4-6 derajat sebelum sebelum TMA (M.D, Artamonov, 1976). Adapun faktor yang menentukan kenaikan tekanan dan temperatur adalah: penundaan waktu penyalaan, nilai

pemberian bahan bakar, kualitas atomisasi bahan bakar dan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan pada fase pertama dan fase kedua.

Fase ketiga yaitu grafik C-D (pembakaran terkendali), pada fase ini masih terjadi penginjeksian bahan bakar yang berakhir pada titik D dan terjadinya tekanan dan temperatur maksimum dalam proses pembakaran yang merupakan perubahan tekanan berlanjut minor, dimana bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar oleh injektor langsung menyala. Keadaan pembakaran dan temperatur maksimum ini diperoleh jika kondisi pemberian bahan bakar optimal, sehingga akan memberikan tenaga mekanik terbesar ke poros engkol. Peristiwa ini terjadi 20-35° setelah TMA untuk mesin yang menggunakan pompa injeksi Inline (M.D, Artamonov, 1976). Selama proses ekspansi, panas dikonversikan ke dalam kerja mekanik yang bermanfaat dan ditandai dengan pertukaran panas yang intensif antara gas dengan dinding silinder, ruang bakar, kepala piston dan kebocoran-kebocoran pada sambungan cincin-cincin piston. Durasi fase ketiga ini dipengaruhi oleh: karakteristik bahan bakar, perbandingan turbulensi muatan, koefisien kelebihan udara dan saat penginjeksian (M. Khovakh 1979).

Fase keempat yaitu grafik D-E (pembakaran lanjut), fase ini berawal dari akhir penginjeksian bahan bakar ke dalam silinder dan berakhir bersamaan waktunya dengan proses ekspansi, temperatur dan tekanan mulai turun karena piston terdorong ke bawah, namun masih terjadi pembakaran yang intensif selama ekspansi sehingga meningkatkan temperatur gas

buang. Akibatnya kalor lebih banyak dipindahkan ke media yang dingin, inilah yang memperburuk ekonomis bahan bakar. Untuk mengatasi kondisi ini dengan jalan mengintensifkan turbulensi udara segar. Diakhir fase ini saat katup masuk mulai membuka sehingga terjadi *scavenging*.

Fase keempat ini sangat dipengaruhi oleh sudut saat penginjeksian, jika sudut saat penginjeksian terlalu besar delivery bahan bakar terjadi pada kondisi tekanan dan temperatur yang rendah, maka terjadi peningkatan waktu penundaan penyalaan (fase pertama) dan pada fase kedua banyak mengandung bahan bakar, akibatnya terjadi pembakaran maksimum meningkat (kekuatan yang berlebihan) dan waktu scavenging lebih cepat. Inilah yang menyebabkan terjadinya putaran balik pada motor diesel.

Jika sudut saat penginjeksian terlalu kecil kebanyakan bahan bakar terbakar pada waktu ekspansi sehingga menimbulkan: overheating pada mesin, menaikkan temperatur gas buang, mengurangi kenaikan selama pembakaran dan menurunkan daya serta karakteristik ekonomi mesin.

3. Bahan Bakar Solar

Pada umumnya bahan bakar yang digunakan oleh motor diesel adalah solar dengan rumus kimia $C_{12}H_{24}$ hingga $C_{16}H_{34}$ yang diperoleh dari penyulingan minyak bumi crude oil (Arismunandar, W. 1988).

a. Sifat-Sifat Bahan Bakar Solar

Menurut Agarwal, AK (2001) ada tiga kelompok sifat bahan bakar motor diesel, yaitu: sifat fisik (physical properties), sifat kimia (chemical properties) dan sifat termal (thermal properties).

Sifat fisik bahan bakar meliputi densitas, viskositas, titik beku, titik didih, dan indeks refraktif. Adapun sifat kimia meliputi kandungan sulfur, kandungan abu, residu oksida, dan kemampuan nyala (ignitability). Sedangkan sifat termal terdiri dari kandungan panas spesifik, konduktivitas panas dan suhu distilasi.

Adapun untuk mendapatkan hasil pembakaran yang optimal solar harus memiliki syarat-syarat sebagai berikut:

- 1). Kualitas penyalaan, yaitu kecenderungan bahan bakar solar untuk menyala dengan sendirinya. Solar yang dipakai sebaiknya adalah solar yang dapat segera terbakar dengan sendirinya dengan arti kata kualitas penyalaannya baik, dengan demikian periode persiapan pembakaran (delay period)nya makin kecil. Kualitas bahan bakar solar diukur dengan nilai cetane. Angka cetane menentukan titik bakar dari bahan bakar dan berpengaruh terhadap kandungan emisi gas buang Nitrogen Oksida (NO_x). Bahan bakar dengan angka cetane rendah akan mengakibatkan mesin sukar untuk dihidupkan karena memiliki delay periode yang panjang yang menyebabkan terjadinya detonasi.

- 2). Sifat nyala (flash point) yang baik (Mathur, M.L; Sharma, R.P 1980), solar harus terbakar habis pada waktu kompresi sehingga dapat mencegah terjadinya detonasi yang pada akhirnya akan menurunkan kinerja mesin.
- 3). Viskositas yang tepat (Mathur, M.L; Sharma, R.P 1980), Viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan kerja pompa injeksi menjadi berat khususnya pompa injeksi model distributor dan bahan bakar akan sukar terbakar karena butiran-butirannya akan lebih kasar, derajat pengabutan jelek dan pembakaran menjadi tidak sempurna. Jika viskositas terlalu rendah dapat menyebabkan sifat lumas solar rendah, akibatnya pompa injeksi cepat rusak sebab pada pompa injeksi model distributor bahan bakar sekaligus berfungsi sebagai pelumas elemen pompa injeksi.
- 4). Kecepatan menguap, yaitu suhu dimana 90 % bahan bakar sudah menguap. Lebih rendah titik penguapan maka kecepatan menguapnya akan lebih tinggi. Penguapan yang tepat, yaitu titik penguapan yang tinggi dengan sisa karbon yang kecil. Bila bagian yang menguap sedikit meskipun tidak berpengaruh terhadap mesin akan tetapi menyebabkan gas buang menjadi bau dan hitam, sehingga deposit yang menumpuk disekeliling injektor menyebabkan tersumbatnya nozzle dan akan merusak pola pengabutan.
- 5). Kadar sulfur, kadar sulfur yang dikandung bahan bakar mempunyai dampak yang buruk pada motor, karena gas SO_2 dalam gas bekas

dapat merusak logam-logam dan menambah kadar deposit pada ruang bakar, yang mempercepat rusaknya silinder, piston, cincin piston dan katup. Hal ini juga dapat menimbulkan terjadinya detonasi.

6).Kadar air dan sedimen, air dan sedimen dapat menyebabkan kerusakan dan karat pada sistem bahan bakar, terutama elemen pompa injeksi dan injektor. Hal ini akan mengganggu proses pembakaran, kadar air yang dikandung bahan bakar tidak boleh lebih dari 0,5% (Lechty, L.C, 1951).

4. Pemanasan Terhadap Bahan Bakar Solar

Berdasarkan sifat yang dimiliki bahan bakar solar yang ada dipasaran tidak memenuhi semua persyaratan di atas, maka perlu ada usaha mengkompensasi untuk mengatasi masalah tersebut, sebab hanya dengan bahan bakar yang memenuhi persyaratan di ataslah dapat meningkatkan kinerja mesin dan mengurangi emisi gas buang motor disel. Ada beberapa usaha yang telah dilakukan seperti penambahan aditif untuk mencegah getah (gum), inhibitor karat, anti beku, meningkatkan sifat lumas, anti asap, dan memecah rantai hidrokarbon (prinsip magnetisasi) bahan bakar (Cevron, 1998, Everbest, 2003, Fuel Max, 2004).

Dalam penelitian ini akan dicoba perlakuan termal terhadap bahan bakar, dengan memberikan pemanasan akan menyebabkan terjadinya perubahan fisik pada bahan bakar. Perubahan fisik tersebut meliputi volatilitas, tegangan permukaan, viskositas, panas spesifik dan



mempengaruhi ikatan senyawa hidrokarbon bahan bakar (Culp, A.W, 1991, Arismunandar, W, 2002, Sukaplan, B.;Girindra F.H, 2003, Eagle Research, 2004).

Semakin meningkatnya suhu, volatilitas bahan bakar akan semakin meningkat. Bahan bakar dengan volatilitas yang tinggi memberikan prestasi pembakaran yang baik, mudah dinyalakan, suhu gas buang rendah, asap minimum dan efisiensi pembakarannya yang tinggi. Namun volatilitas yang terlalu tinggi akan menyulitkan pemompaan pada pompa injeksi (Mathur, M.L.; Sharma, R.P., 1980:261, Maleev, V.L., 1986:152).

Viskositas akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya suhu bahan bakar. Turunya viskositas bahan bakar akan mempermudah proses pengabutan dan pemompaan bahan bakar (Arismunandar,W., 2002:485, Eagle Research, 2004).

Meningkatnya suhu bahan bakar akan menyebabkan ikatan senyawa hidrokarbon terpecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih ringan, dan akhirnya akan menjadi unsur dasar, yaitu karbon (C) dan hidrogen (H). Hal ini akan mempermudah proses pencampuran dengan oksigen untuk membentuk CO_2 dan H_2O ketika terjadi pembakaran (Culp, Archie W., 1991:119, FuelMax, 2004).

Sifat bahan bakar yang juga mempengaruhi proses pengabutan, adalah tegangan permukaan (*surface tension*), di mana semakin rendah tegangan permukaan, bahan bakar lebih mudah dikabutkan (Mathur , M.L.; Sharman,

Sifat bahan bakar yang juga mempengaruhi proses pengabutan, adalah tegangan permukaan (*surface tension*), di mana semakin rendah tegangan permukaan, bahan bakar lebih mudah dikabutkan (Mathur , M.L.; Sharman, R.P., 1980:194). Dengan meningkatkan suhu, akan menurunkan tegangan permukaan bahan bakar (Arismunandar, W., 2002:488).

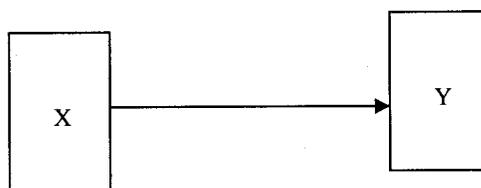
5. Penggunaan Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Penggunaan bahan bakar spesifik (SFC) didefenisikan sebagai banyaknya bahan bakar yang terpakai perjam untuk menghasilkan setiap satuan daya selama satu jam. Bila dalam pengujian digunakan bahan bakar m kg, dalam waktu 1 jam dan daya yang dihasilkan adalah:

$$SFC = \frac{\text{Massa..Bahan..Bakar..Terpakai..Tiap..Jam}}{\text{Tenaga..yang..Dihasilkan}} \dots\dots\dots (\text{kg / KWh})$$

B. Kerangka Konseptual

Berdasarkan latar belakang masalah dan kajian teoritis serta untuk lebih memahami secara sederhana penelitian ini, maka kerangka konseptual penelitian ini sebagai pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kerangka Konseptual

Dimana:

X = Perlakuan pemanasan bahan bakar sebagai variable bebas

Y = Penggunaan bahan bakar spesifik sebagai variable terikat

C. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan uraian dalam kajian teoritis, maka pertanyaan penelitian ini disusun sebagai berikut.

1. Bagaimanakah pengaruh pemanasan bahan bakar solar terhadap penggunaan bahan bakar spesifik pada motor diesel putaran rendah?
2. Berapakah besar pengaruh pemanasan bahan bakar solar terhadap penggunaan bahan bakar spesifik pada motor diesel putaran rendah?

BAB IV

METODE PENELITIAN

A. Wilayah Penelitian dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Mekanika Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Sedangkan waktu pelaksanaan penelitian ini mulai dari persiapan penelitian hingga selesai penulisan laporan penelitian direncanakan minimal 6 bulan.

B. Objek Penelitian

Topik penelitian ini adalah Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Solar Terhadap Penggunaan Bahan Bakar Spesifik Pada Motor Diesel Putaran Rendah, yang menjadi objek dalam penelitian adalah motor diesel empat langkah putaran rendah yang temperatur bahan bakarnya dapat diatur sedemikian rupa.

C. Disain Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian dan membuktikan kebenaran hipotesis yang diajukan, maka dilakukan beberapa langkah antara lain; percobaan pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data.

Adapun yang menjadi variabel kontrol dalam penelitian ini adalah bahan bakar yang digunakan, temperatur ruangan, temperatur kerja mesin dan spesifikasi mesin, dan yang menjadi variabel terikat adalah pemakaian bahan

bakar spesifik serta yang menjadi variabel bebas adalah pemanasan bahan bakar.

Pengambilan data dilaksanakan setelah diberikan beban pada dinamometer sebesar 30% dan dibiarkan sampai konstan, dimulai dari kecepatan mesin 750 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm. Untuk masing-masing kecepatan dengan menaikkan temperatur 10°C. sampai terlihat adanya penurunan daya.

D. Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Motor diesel putaran rendah empat langkah Petter Diesel Type AA1.
- b. Engine Analysis Dinamometer brake Jenis Hidrolik Merek GO Power Systems Palo-Alto Type DY-7D dengan keakurasian 0,05 lb.ft
- c. Thermocouple.
- d. Stop watch.
- e. Gelas ukur.
- f. Pemanas bahan bakar elemen listrik dan trafo.
- g. Bahan bakar yang yang dijual di pasaran umumnya jenis bahan bakar diesel No. 2 (No. 2-D, *light duty diesel fuel*).

E. Analisis Data

Data penelitian yang terkumpul akan dianalisis dengan teknik analisis deskriptif, dimana untuk mendapatkan penggunaan bahan bakar spesifik (SFC) mesin dengan rumus:

$$SFC = \frac{FC}{Ne}, \text{ untuk menentukan pemakaian bahan bakar spesifik tiap jam}$$

$$\text{maka; } FC = \frac{3600.m}{t}, \text{ sehingga } SFC = \frac{3600.m}{Net},$$

dimana;

FC = banyaknya bahan bakar yang digunakan tiap detik.....(kg/dt)

SFC = bahan bakar yang digunakan tiap jam.....(kg/HP.jam)

Ne = daya efektif mesin.....(HP)

m = masa bahan bakar yang digunakan.....(kg)

Adapun untuk menentukan besarnya daya efektif mesin digunakan rumus konversi torsi ke daya efektif yang tertera langsung pada manometer

“Engine Analisis Dynamometer” yaitu ;

$$Ne = \frac{T.n}{5252}, \text{ dimana;}$$

T = torsi.....(lb.ft)

n = putaran mesin.....(rpm)

dan untuk menentukan m adalah;

$$m = V.\rho,$$

dimana;

V = volume bahan bakar.....(cc)

ρ = masa jenis bahan bakar solar.....(0,87 g/cm²)

Untuk menentukan daya motor efektif digunakan rumus konversi torsi ke daya efektif yang tertera langsung pada manometer "Engine Analysis Dynamometer GO Power Systems Palo-Alto Type DY-7D" yaitu ;

$$Ne = \frac{T.n}{5252}, \text{ dimana;}$$

T = torsi.....(*lb.ft*)

n = putaran mesin.....(rpm)

Adapun untuk menentukan tekanan efektif rata-rata (Pm) dengan rumus;

$$Pm = \frac{Ne.4500.n}{l.A.N}, \text{ dimana } n \text{ adalah jumlah putaran poros engkol setiap}$$

kali usaha, jadi untuk mesin 4 tak $n = 2$ dan untuk mesin 2 tak $n = 1$.

Dimana;

Ne = daya efektif motor.....(HP)

N = putaran mesin.....(rpm)

l = panjang langkah piston.....(cm)

A = penampang piston.....(cm²)

Sedangkan untuk menentukan Effisiensi Thermis (η_t) dapat ditentukan dengan rumus;

$$\eta_t = \frac{\text{Tenaga..yang..dihasilkan}}{\text{Energi..kimia..bahan..bakar}} (\%)$$

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik

Untuk menentukan pemakaian bahan bakar spesifik (SFC) digunakan rumus;

$$SFC = \frac{FC}{Ne}, \text{ untuk menentukan pemakaian bahan bakar spesifik tiap jam}$$

$$\text{maka; } FC = \frac{3600.m}{t}, \text{ sehingga } SFC = \frac{3600.m}{Ne.t},$$

dimana;

FC = banyaknya bahan bakar yang digunakan tiap detik.....(kg/dt)

SFC = bahan bakar yang digunakan tiap jam.....(kg/HP.jam)

Ne = daya efektif mesin.....(HP)

m = masa bahan bakar yang digunakan.....(kg)

Adapun untuk menentukan besarnya daya efektif mesin digunakan rumus konversi torsi ke daya efektif yang tertera langsung pada manometer "Engine Analysis Dynamometer" yaitu ;

$$Ne = \frac{T.n}{5252}, \text{ dimana;}$$

T = torsi.....(lb.ft)

n = putaran mesin.....(rpm)

dan untuk menentukan m adalah;

$$m = V \cdot \rho,$$

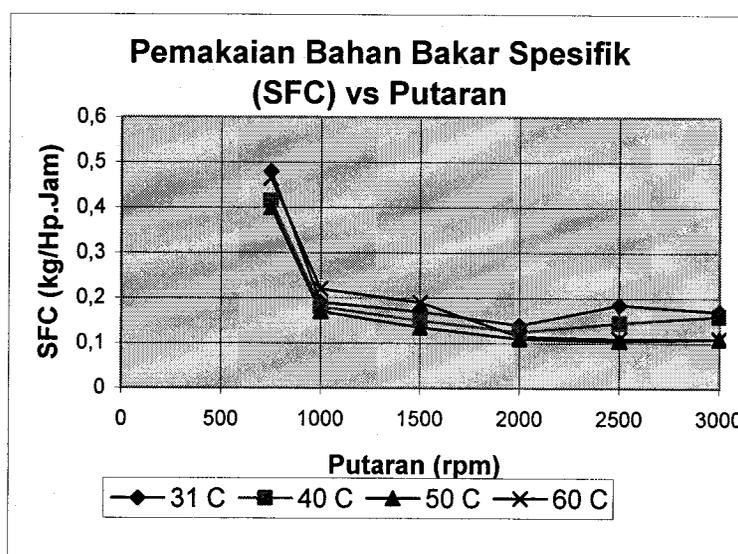
dimana;

V = volume bahan bakar.....(cc)

ρ = masa jenis bahan bakar solar.....(0,87 g/cm²)

Dengan menggunakan formulasi di atas, maka dianalisislah data pengujian tosi pada berbagai suhu pengujian dan data pengujian pemakaian bahan bakar pada berbagai suhu pengujian untuk mendapatkan pemakaian bahan bakar spesifik (SFC) yang hasilnya seperti terlihat pada lampiran III.A hasil pengolahan data pengujian.

Berdasarkan data olahan pemakaian bahan bakar spesifik maka dibuatlah grafik pemakaian bahan bahan bakar spesifik vs putaran.



Gambar 5.1. Grafik Pemakaian Bahan Bakar Spesifik vs. Putaran

Variasi putaran mesin akan mempengaruhi pemakaian bahan bakar spesifik, karena semakin tinggi putaran mesin maka waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar semakin besar. Selain hal tersebut, Kusuma, I.G.B.W (2003:92) menjelaskan bahwa pemakaian bahan bakar spesifik berbanding lurus dengan pemakaian bahan bakar per jam dan berbanding terbalik dengan daya efektif motor.

Berdasarkan rumusan tersebut, semakin tinggi putaran mesin maka pemakaian bahan bakar spesifiknya akan semakin turun, tetapi penurunan pemakaian bahan bakar spesifik ini akan mencapai suatu titik minimum, setelah titik minimum terlewati maka pemakaian bahan bakar spesifiknya akan meningkat kembali (Kulshrestha, S.K., 1989:112). Dalam pengujian terlihat titik minimum pemakaian bahan bakar sebesar 0,105 kg/HP.jam pada putaran 2500 rpm dengan temperature pemanasan bahan bakar solar 50°C dan meningkat lagi pada putaran yang lebih besar.

Grafik memperlihatkan adanya pemakaian bahan bakar yang begitu tinggi pada putaran rendah (stasioner) dan putaran semakin tinggi. Pada putaran rendah akan memperbesar kerugian kalor ke dinding ruang bakar dan menurunkan efisiensi pembakaran, sedangkan pada putaran yang tinggi meningkatkan gesekan dan menyebabkan kenaikan daya menjadi lambat disbanding dengan penambahan kebutuhan bahan bakar (Kulshrestha, S.K., 1989:112).

Dari sisi temperature bahan bakar, grafik menunjukkan bahwa adanya pemakaian bahan bakar spesifik bila bahan bakar solar dipanaskan dan mencapai

penurunan optimal pada suhu 50°C yaitu sebesar 24,13%. Selain itu ada kecendrungan pada temperature bahan bakar solar yang terlalu tinggi pemakaian bahan bakar spesifiknya juga meningkat. Hal ini disebabkan pada temperature yang tinggi *delay periode* pembakarannya akan semakin singkat, sehingga tekanan pembakaran maksimum terjadi sebelum 20-35 sebelum TMA (M. Khovakh, 1979) atau bisa jadi sebelum piston mencapai TMA, akibatnya tenaga hasil pembakaran menjadi berkurang dan akan meningkatkan pemakaian bahan bakar spesifik.

B. Daya Motor Efektif

Data hasil pengujian torsi motor pada berbagai suhu pengujian (lampiran II.A) diolah untuk menentukan besarnya daya efektif mesin, dengan menggunakan rumus konversi torsi ke daya efektif yang tertera langsung pada manometer "Engine Analysis Dynamometer GO Power Systems Palo-Alto Type DY-7D" yaitu ;

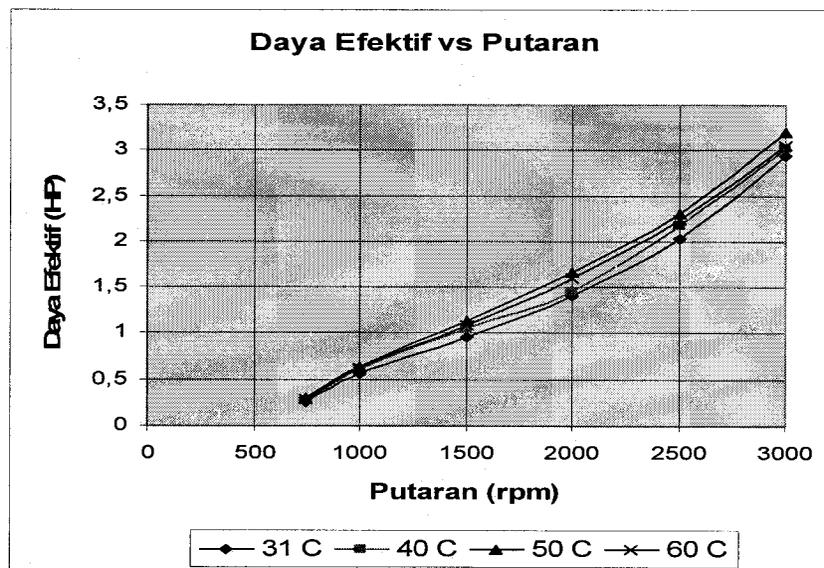
$$Ne = \frac{T.n}{5252}, \text{ dimana;}$$

T = torsi.....(*lb.ft*)

n = putaran mesin.....(rpm)

Sehingga diperoleh data pengolahan daya efektif motor pada berbagai suhu pengujian (lampiran III.B). Berdasarkan data tersebut dibuatlah grafik daya efektif vs. putaran.





Gambar 5.2 Grafik Daya Efektif vs. Putaran

Terlihat pada grafik bahwa meningkatnya suhu bahan bakar solar akan diikuti dengan meningkatnya daya motor (Ne), pemanasan bahan bakar solar akan menyebabkan terjadinya perubahan sifat fisik kimianya. Salah satu perubahan fisik yang dapat terjadi adalah turunnya viskositas bahan bakar solar.

Viskositas merupakan tahanan yang dimiliki fluida, hal ini akan sangat mempengaruhi proses atomisasi bahan bakar saat diinjeksikan oleh injector ke dalam ruang bakar. Viskositas yang tinggi akan membuat bahan bakar membentuk tetesan yang lebih besar diakhir penginjeksian dengan momentum yang tinggi dan memiliki kecenderungan untuk bertumbukan dengan dinding silinder yang relative lebih dingin, sehingga akan terjadi pemadaman nyala api (*flame*) yang menyebabkan tidak terbakarnya butiran-butiran bahan bakar secara sempurna. Viskositas yang rendah akibat pemanasan, menyebabkan bahan bakar

lebih encer, dengan demikian akan mempermudah pengabutan butiran-butiran bahan bakar solar ke dalam ruang bakar dalam bentuk yang lebih halus sehingga pencampuran bahan bakar dengan udara akan menjadi lebih homogen (Sukaplan, B.; Girindra F. H., 2003).

Menurut Culp, A.W., (1991:119) kondisi ini sangat memungkinkan persentase bahan bakar solar yang terbakar akan lebih banyak, apalagi pemanasan bahan bakar solar juga akan menyebabkan senyawa-senyawa hidrokarbon terpecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih ringan sehingga proses pembakaran akan mendekati lebih sempurna yang pada akhirnya akan meningkatkan daya output yang dihasilkan.

Grafik juga memperlihatkan bahwa peningkatan daya efektif tertinggi pada temperatur bahan bakar solar mencapai titik 50°C dimana peningkatannya mencapai 11,71%, dan selanjutnya jika temperatur bahan bakar solar terus dinaikan daya motor akan mengalami penurunan. Penurunan ini dapat terjadi karena dengan meningkatnya temperature solar akan menyebabkan solar menjadi sangat mudah terbakar sehingga *phase ignition delay* menjadi sangat singkat. Dengan demikian, bahan bakar akan terbakar sebelum waktu yang diharapkan. Kejadian ini sangat merugikan karena tekanan optimal pembakaran akan terjadi sebelum piston mencapai TMA, akibatnya tenaga hasil pembakaran yang seharusnya mendorong piston pada langkah usaha akan menjadi berkurang.

Kenaikan temperatur bahan bakar solar akan menurunkan viskositasnya. Viskositas yang terlalu rendah pada saat diinjeksikan ke dalam ruang bakar akan

membentuk *spray* yang terlalu halus, akibatnya butiran-butiran halus bahan bakar tidak dapat masuk terlalu jauh ke ruang silinder. Hal ini cenderung menyebabkan terjadinya penumpukan butiran-butiran halus bahan bakar (*fuel rich zone*) di dekat injektor dan mengakibatkan terjadinya pembakaran tidak merata yang dimulai dengan semakin lamanya phase *premixed flame*.

Jika dihubungkan dengan putaran, maka bahan bakar yang diberikan pemanasan cenderung akan meningkatkan daya mesin pada putaran yang semakin tinggi. Hal ini mungkin karena meningkatnya suhu bahan bakar solar maka akan lebih mudah terbakar sehingga sangat membantu proses pembakaran motor pada putaran tinggi, dimana pada waktu ini ketersediaan waktu pembakaran sangat singkat.

C. Tekanan Efektif Rata-Rata

Berdasarkan data daya efektif motor pada berbagai suhu pengujian (lampiran III.B) dan data spesifikasi mesin diesel putaran rendah yang diuji serta bahan bakar solar (lampiran I.A dan I.B) maka diolahlah data tersebut untuk mendapatkan tekanan efektif rata-rata (P_m) dengan rumus;

$$P_m = \frac{N_e \cdot 4500 \cdot n}{L \cdot A \cdot N}, \text{ dimana } n \text{ adalah jumlah putaran poros engkol setiap kali}$$

usaha, jadi untuk mesin 4 tak $n = 2$ dan untuk mesin 2 tak $n = 1$.

Dimana;

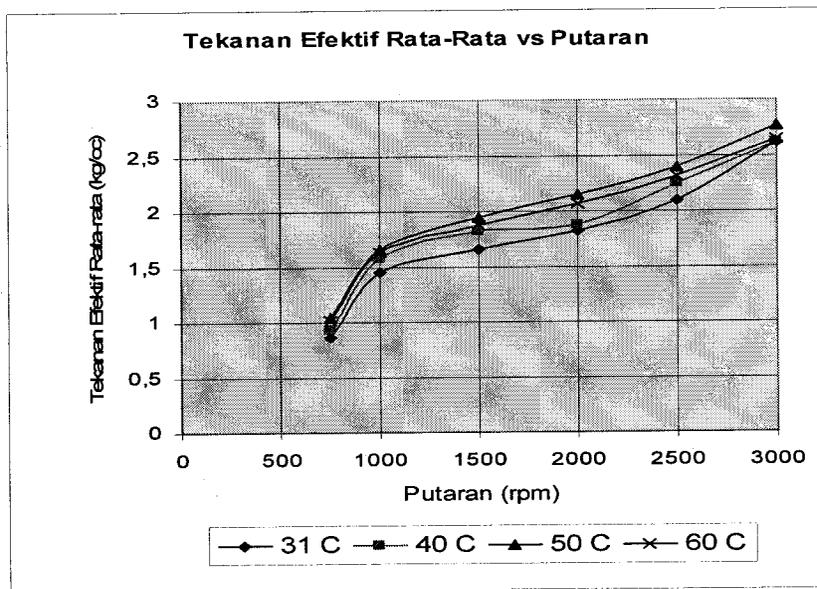
$$N_e = \text{daya efektif motor} \dots \dots \dots \text{(HP)}$$

N = putaran mesin.....(rpm)

l = panjang langkah piston.....(cm)

A = penampang piston.....(cm²)

Setelah dilakukan analisis data maka dibuatlah tabulasi data tekanan efektif rata-rata pada berbagai suhu pengujian (lampiran III.C). Dengan demikian dapat disajikan grafik tekanan efektif rata-rata vs. putaran.



Gambar 5.3. Grafik Tekanan Efektif Rata-Rata vs. Putaran

Tekanan efektif rata-rata didefinisikan sebagai tekanan teoritis yang dapat bekerja selama langkah usaha untuk menghasilkan daya pada poros (Obert, E.F., 1973:45). Pada prinsipnya tekanan efektif rata-rata berbanding lurus dengan kenaikan daya mesin. Hal ini seperti tergambar pada grafik di atas bahwa tekanan efektif rata-rata meningkat sejalan dengan kenaikan daya mesin. Adapaun

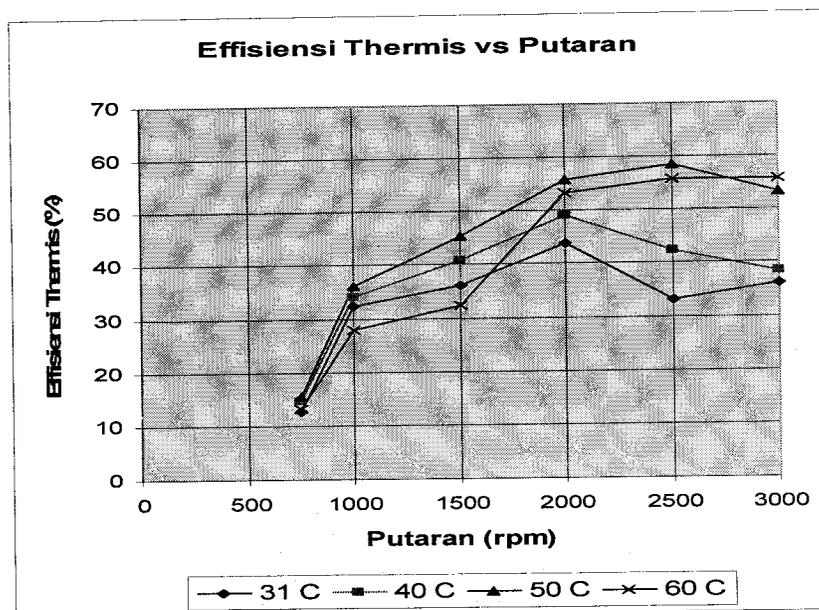
peningkatan tekanan efektif rata-rata optimal pada pengujian adalah sebesar 15,29% yaitu pada temperatur pemanasan bahan bakar solar 50°C.

D. Effisiensi Thermis

Effisiensi thermis merupakan pemanfaatan energi kimia bahan bakar untuk dirubah menjadi energi mekanik. Energi mekanik akan terlihat dari besarnya daya poros yang dihasilkan. Energi kimia bahan bakar yang termanfaatkan ditentukan dari besarnya jumlah bahan bakar yang terpakai persatuan waktu (Arismunandar, W.; Tsuda, K., 1983:24). Dengan demikian dapat ditentukan besarnya effisiensi thermis (η_t)

$$\eta_t = \frac{\text{Tenaga.yang.dihasilkan}}{\text{Energi.kimia.bahan.bakar}} (\%)$$

Berdasarkan data pemakaian bahan bakar spesifik pada berbagai suhu pengujian dan *lower heat value* (LHV) solar (lampiran I.B) maka dapat ditentukan besarnya effisiensi thermis pada berbagai suhu pengujian, seperti terlihat pada lampiran III.D. Dengan demikian dibutlah grafik effiseinsi thermis vs. putaran.



Gambar 5.4. Grafik Effisiensi Thermis vs. Putaran

Berdasarkan pada gambar 5.4 terlihat bahwa nilai efisiensi thermis mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Jika dihubungkan dengan daya poros dan pemakaian bahan bakar maka akan terlihat bahwa semakin tinggi daya yang dihasilkan disertai semakin ekonomis pemakaian bahan bakar spesifik dan efisiensi thermis akan meningkat. Grafik memperlihatkan bahwa efisiensi maksimum terjadi pada temperatur solar 50°C, dengan efisiensi thermis sebesar 34,83%.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

1. Perlakuan panas terhadap bahan bakar solar membawa beberapa perubahan terhadap pemakaian bahan bakar spesifik, daya motor, tekanan efektif rata-rata, dan efisiensi thermis pada motor diesel putaran rendah.
2. Pemanasan bahan bakar solar yang optimal, dicapai pada temperatur 50°C, dengan penurunan pemakaian bahan bakar spesifik rata-rata 24,13%, daya motor meningkat rata-rata 11,71%, tekanan efektif rata-rata meningkat sebesar 15,29%, dan efisiensi thermis meningkat rata-rata sebesar 34,83%.
3. Dengan hasil analisis terhadap pemakaian bahan bakar spesifik yaitu rata-rata sebesar 24,13% menunjukkan perbedaan yang berarti dalam penggunaan pemakaian bahan bakar spesifik pada motor diesel putaran rendah jika bahan bakarnya dipanaskan 50°C sebelum diinjeksikan ke dalam silinder.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan lebih memperpendek interval pemanasan bahan bakar, sehingga akan diperoleh hasil yang optimal setiap satuan derajat temperatur Celsius.
2. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan memanfaatkan energi panas yang terbuang untuk memanaskan bahan bakar solar, seperti panas air pendingin dan sisa gas buang.
3. Penelitian yang sama perlu dilakukan untuk motor diesel putaran tinggi, apakah juga dapat menurunkan pemakaian bahan bakar spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- Artamonov, MD. Ilarionov, VA. Morin MM. (1976). *Motor Vehicle Fundamentals and Design*. MR Publisher.
- Aris Munanndar, Wiranto. (1988). *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. ITB: Bandung.
_____ ; Tsuda, Koichi. (1983). *Mesin Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Cevron, (1998). *Diesel Fuel and Driving Performance*. www.cevron.com. Diakses 25 Oktober 2003.
- Culp, Archie W, (1991). *Prinsip-prinsip Konversi Energi*. Terjemahan: Darwin Sitompul. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Douville, Brad; Oullette, Patric; Touchette, Alain; Ursu, Buerebista. 1998. *Performance and Emissions of Natural Gas*. Vancouver: Westport Research, Inc.
- Everbest, (2003). *The Importance of Cetane Number in Diesel Fuel*. Los Angles, California: Everbest Products Inc.
- Fardiaz, Srikandi. (1992). *Polusi air dan udara*. Kanisius: Bogor.
- Kulshrestha, S.K. 1989. *Buku Teks: Termodinamika Terpakai, Teknik Uap dan Panas*. Terjemahan Budiarjo, dkk. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Kusuma, I.G.B. Wijaya. 2003. *Dampak Penggunaan Alat Penurun Emisi Gas Buang CO Terhadap Daya Efektif dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik pada Motor Bensin 4 Langkah dengan Volume Silinder 100cc*, Jurnal Teknologi. Vol. 17 (2): 85-93.
- Mathur, ML dan Sharma, RP. (1980). *Internal Cobustion Engines* Dhanpat Raii & Son: Delhi.
- Obert, Edwar F. 1973. *Internal Combution Engines and Air Polution*. Pensylvania: Internal Textbook Co.
- Perkins, Henry C, et al. (1974). *Air Polution*. Mc. Graw-Hill: London.
- Soenarta, Naoele. (1985). *Motor Serbaguna*, PT. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Sukaplan, Budiadi; Girindra F., Heironimus. 2003. *Menguak Misteri Bensi Panas*. Majalah Otomotif. No.16/XIII, 25 Agustus. www.otomotif-online.com. Diakses 25 Oktober 2003.
- Tirtoatmodjo, Rahardjo; Handoyo, Ekadewi A, (2000). *Peningkatan Performance dengan Pendingin Udara Masuk pada Motor Diesel 4JA1*. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 1 (2).
- Toyota Astra. (1984). *Step 2 Engine Group*. PT. Toyota Astra Motor: Jakarta

Lampiran I. Data Spesifikasi

A. Motor Diesel Petter Type AA1:

Jenis Mesi	: 4 langkah, pendingin udara tekan 1 silinder.
Pompa Injeksi	: helix groove, single body, rack pump.
Injektor	: pintle type.
Bore x Stroke	: 76,2 mm x 76,2 mm.
Volume Silinder	: 345 cc.
Tekanan Injection pump	: 120 ± 5 kg/cc.
Injection Timing	: $23^\circ \pm 2^\circ$ sebelum TMA.
Putaran Stasioner	: 750 rpm.
Daya Keluaran	: 3,5 HP.
Putaran Maksimum	: 3600 rpm.

B. Bahan Bakar Solar No., 2-D, light duty diesel fuel:

Spesific grafity	: 0,87 g/cc.
Lower Calorific Value	: 43.800 Kj/kg atau 10.461 Kkal/kg
Cetane Number	: 45.
Puor Point	: -16°C .
Sulphur Strip	: $<0,5$.
Carbon Residu	: $<0,1$.
Kandungan Air	: $<0,01$.
Ash Content	: $<0,1$.
Flash Point	: $>150^\circ\text{C}$.

Lampiran II. Data Hasil Pengujian

A. Data Torsi Pada Berbagai Suhu Pengujian

Putaran (rpm)	Torsi (lb.ft)			
	31°C	40°C	50°C	60°C
750	1,75	1,9	2,1	2,05
1000	2,95	3,2	3,35	3,3
1500	3,35	3,7	3,95	3,8
2000	3,7	3,8	4,35	4,2
2500	4,25	4,55	4,85	4,7
3000	5,15	5,3	5,6	5,35

B. Data Pemakaian Bahan Bakar Pada Berbagai Suhu Pengujian

Putaran (rpm)	31°C		40°C		50°C		60°C	
	Vol. (cc)	t (dt)	Vol. (cc)	t (dt)	Vol. (cc)	t (dt)	Vol. (cc)	t (dt)
750	20	522	20	557	20	522	20	459,8
1000	20	586,6	20	571,4	20	577,5	20	453,4
1500	20	385	20	395,1	20	411,7	20	303,9
2000	20	317,6	20	346,3	20	343,7	20	340,7
2500	20	167,4	20	199,5	20	258,4	20	254,6
3000	20	125,2	20	129,3	20	170,3	20	186,3

Lampiran III. Hasil Pengolahan Data Pengujian

A. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (SCF) Pada Berbagai Suhu Pengujian

Putaran (rpm)	SCF (kg/Kwh)			
	31°C	40°C	50°C	60°C
750	0,48	0,415	0,4	0,465
1000	0,19	0,18	0,17	0,22
1500	0,17	0,15	0,135	0,19
2000	0,14	0,125	0,11	0,115
2500	0,185	0,145	0,105	0,11
3000	0,17	0,16	0,11	0,11

B. Daya Efektif Motor Pada Berbagai Suhu Pengujian

Putaran (rpm)	Daya Efektif (HP)			
	31°C	40°C	50°C	60°C
750	0,25	0,271	0,3	0,293
1000	0,562	0,609	0,638	0,628
1500	0,957	1,057	1,127	1,085
2000	1,409	1,447	1,657	1,599
2500	2,023	2,166	2,309	2,237
3000	2,942	3,027	3,199	3,056

C. Tekanan Efektif Rata-Rata Pada Berbagai Suhu Pengujian

Putaran (rpm)	Tekanan Efektif Rata-rata (kg/cm ²)			
	31°C	40°C	50°C	60°C
750	0,864	0,936	1,036	1,012
1000	1,456	1,578	1,653	1,627
1500	1,653	1,826	1,947	1,874
2000	1,826	1,875	2,147	2,072
2500	2,097	2,245	2,393	2,319
3000	2,615	2,615	2,763	2,64

D. Effisiensi Thermis Pada Berbagai Suhu Pengujian

Putaran (rpm)	Effisiensi Thermis (%)			
	31°C	40°C	50°C	60°C
750	12,78	14,78	15,34	13,19
1000	32,29	34,08	36,09	27,89
1500	36,09	40,9	45,44	32,29
2000	43,82	49,08	55,77	53,35
2500	33,16	42,31	58,43	55,77
3000	36,09	38,34	53,35	55,77

STAMP: KEMENTERIAN RI PADANG