

Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara Masuk Terhadap Kinerja Motor Diesel Tipe 4 JA 1

Philip Kristanto

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Rahardjo Tirtoatmodjo

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Salah satu faktor yang mempengaruhi optimalisasi kinerja pada motor diesel adalah pembakaran kurang sempurna di dalam ruang bakar. Untuk mengoptimalkan kinerja dari motor bakar tersebut dilakukan modifikasi dengan jalan meningkatkan suhu dan tekanan udara masuk ke ruang bakar.

Perubahan suhu udara masuk ruang bakar akan berpengaruh terhadap kerapatan udara, sehingga akan mempengaruhi jumlah udara yang masuk ke ruang bakar. Penambahan tekanan pada udara yang masuk ke ruang bakar akan membantu campuran mencapai kondisi pembakaran dengan lebih cepat, sehingga keterlambatan pembakaran, terutama pada kondisi kecepatan putaran yang tinggi dapat dihindari.

Hasil penelitian melalui percobaan menunjukkan bahwa kondisi optimal melalui peningkatan suhu dan udara masuk ruang bakar akan dicapai pada 50°C dan tekanan 3 bar.

Kata kunci : Modifikasi Motor Diesel

Abstract

One of the factor that influences optimization of performance of diesel engine is an imperfect combustion in the combustion chamber. To optimize performance of this engine it is necessary to do modification by increasing air temperature and air pressure into combustion chamber.

A change of inlet air temperature in the combustion chamber will effect the air density, so will influence the amount of air in the combustion chamber. The increasing air pressure into the combustion chamber will help the mixture to reach its combustion condition faster. So that combustion deceleration, specially in the high rotation speed condition can be avoided.

The result of the research showed that the optimal condition can be achieved at the temperature 50°C and the pressure 3 bars.

Keywords : Diesel Engine Modification

1. Pendahuluan

Motor diesel sebagai motor pembakaran dalam (*internal combustion engines*) yang disebut juga dengan *Compression Ignition Engines* mengalami proses penyalaan bahan bakar bukan melalui loncatan bunga api listrik dari busi sebagaimana pada motor bensin, melainkan akibat adanya suhu dan tekanan yang tinggi di ruang bakar pada saat berlangsungnya langkah kompresi.

Langkah kompresi diawali dengan langkah hisap dimana udara segar dihisap masuk ke dalam silinder sampai berakhirnya langkah

tersebut dimana torak berada di Titik Mati Bawah (TMB). Setelah berakhirnya langkah hisap dilanjutkan dengan langkah kompresi dimana torak bergerak ke atas menuju ke Titik Mati Atas (TMA). Pada saat torak hampir mencapai TMA, bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder untuk bercampur dengan udara bertekanan tinggi akibat adanya kompresi dari torak. Campuran udara dan bahan bakar yang bertekanan tinggi ini juga akan memiliki suhu yang tinggi pula, sehingga memudahkan proses penyalaan untuk pembakaran.

Hasil dari pembakaran campuran udara dan bahan bakar ini berupa tenaga mekanis. Langkah ini disebut dengan langkah kerja.

Permasalahan akan muncul jika proses pembakaran tersebut tidak berlangsung dengan sempurna karena beberapa hal sebagai berikut:

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2000. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 2 Nomor 2 Oktober 2000.

kuantitas dan kualitas bahan bakar tidak sesuai dengan kebutuhan, proses penginjeksian bahan bakar yang kurang sempurna, kurangnya udara yang akan digunakan untuk proses pembakaran serta antara udara dan bahan bakar tidak bercampur secara homogen. Dampak yang ditimbulkan dari permasalahan di atas adalah kinerja dari motor secara keseluruhan kurang optimal, dan dampak yang kasat mata terhadap lingkungan adalah adanya asap hitam yang keluar dari saluran buang.

Guna mengatasi berbagai permasalahan di atas dilakukan perubahan terhadap parameter-parameter suhu dan tekanan udara yang akan masuk ke ruang bakar. Penurunan suhu udara masuk akan berpengaruh terhadap kerapatan udara, sehingga kuantitas udara yang masuk ke ruang bakar akan meningkat. Peningkatan suhu udara masuk ke ruang bakar akan membantu mempersingkat waktu bagi campuran udara dan bahan bakar untuk mencapai titik nyalanya. Demikian pula peningkatan tekanan udara masuk akan membantu mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan ledakan di ruang bakar.

2. Landasan Teori

2.1 Siklus Kerja Motor Diesel

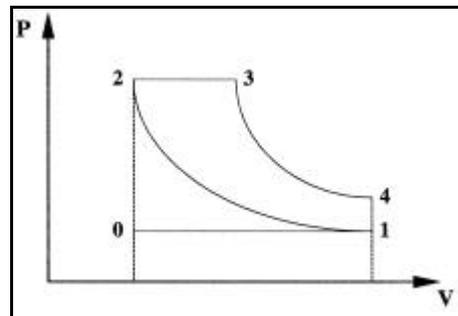
Motor Diesel dibedakan menjadi motor 2-langkah dan motor 4-langkah. Motor diesel yang digunakan sebagai sarana transportasi pada dewasa ini adalah motor diesel 4-langkah. Disebut 4-langkah karena untuk melengkapi satu siklus kerjanya dibutuhkan 4 langkah gerakan torak atau 2 kali putaran poros engkol yaitu :

1. Langkah hisap (*intake stroke*), dimana torak bergerak dari TMA ke TMB. Pada saat ini katup masuk terbuka sedangkan katup buang tertutup, sehingga terjadi pemasukan udara segar dari atmosfer.
2. Langkah kompresi (*compression stroke*). Pada langkah ini torak bergerak dari TMB ke TMA sementara kedua katup dalam kondisi tertutup, sehingga udara dalam silinder dikompresikan sampai suhu dan tekanannya naik cukup tinggi. Menjelang proses kompresi berakhir, bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder melalui injektor. Karena suhu udara di dalam silinder melampaui titik nyala bahan bakar, maka bahan bakar akan segera terbakar.
3. Langkah ekspansi/tenaga (*power stroke*). Pada langkah ini torak bergerak dari TMA

ke TMB, sementara kedua katup masih dalam kondisi tertutup. Pada awal langkah ini sebagai akibat dari tekanan dalam silinder yang cukup tinggi, maka akan mendorong torak bergerak ke TMB. terjadilah proses tenaga, yaitu perubahan energi termal menjadi energi mekanis.

4. Langkah buang (*exhaust stroke*). Torak bergerak dari TMB ke TMA, dimana pada saat ini katup masuk dalam kondisi tertutup sedangkan katup buang terbuka, sehingga gas buang yang tidak termanfaatkan akan terdorong keluar melalui katup buang. Pada saat torak mencapai TMA, katup buang tertutup dan katup masuk mulai terbuka. Selanjutnya proses kembali terulang.

Secara lengkap keempat langkah tersebut dapat dinyatakan dalam P-V diagram yang ditunjukkan dalam gambar 1.



Gambar 1. Siklus Kerja Motor Diesel 4 Langkah

2.2 Proses Pembakaran Pada Motor Diesel

Proses pembakaran pada motor diesel tidak berlangsung sekaligus melainkan membutuhkan waktu dan berlangsung dalam beberapa tahapan. Disamping itu penyemprotan bahan bakar juga tidak dapat dilaksanakan sekaligus, tetapi berlangsung antara 30 - 40 derajat sudut engkol. Dalam hal ini tekanan udara akan naik selama langkah kompresi berlangsung.

Beberapa derajat sebelum torak mencapai TMA, bahan bakar mulai disemprotkan. Bahan bakar segera menguap dan bercampur dengan udara yang sudah bersuhu tinggi (karena naiknya tekanan). Karena suhunya sudah melampaui suhu penyalaan bahan bakar, maka bahan bakar akan terbakar sendiri dengan cepat. Waktu yang dibutuhkan antara saat bahan bakar mulai disemprotkan dengan saat mulai berlangsungnya pembakaran disebut dengan periode persiapan pembakaran.

Waktu persiapan pembakaran ini tergantung pada beberapa faktor, antara lain gerakan udara dan bahan bakar, derajat pengabutan

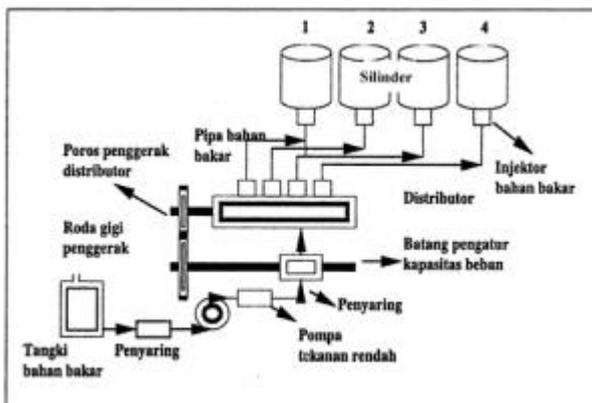
bahan bakar, serta perbandingan udara-bahan bakar lokal. Setelah melampaui periode persiapan pembakaran, bahan bakar akan terbakar dengan cepat.

Periode pembakaran, saat terjadi kenaikan tekanan yang berlangsung sangat cepat disebut dengan periode pembakaran cepat. Periode pembakaran saat masih terjadi kenaikan tekanan sampai melampaui tekanan yang maksimum pada tahap berikutnya disebut periode pembakaran terkendali. Dalam hal ini jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam silinder sudah berkurang, bahkan mungkin suplai sudah dihentikan. Selanjutnya dalam periode pembakaran lanjut terjadi proses penyempurnaan pembakaran dan pembakaran dari bahan bakar yang belum sempat terbakar.

Agar dihasilkan efisiensi yang maksimal, pada umumnya diusahakan agar tekanan gas maksimum terjadi pada saat torak berada antara 15 - 20 derajat sudut engkol sesudah TMA. Hal ini dapat dilaksanakan dengan jalan mengatur saat penyempotan dengan tepat.

2.3 Sistem Pengaturan Bahan Bakar

Sistem pengaturan bahan bakar pada motor diesel merk Isuzu tipe 4 JA 1, yaitu menggunakan sistem distribusi (gambar 2). Pada sistem distribusi masing-masing hanya menggunakan sebuah pompa tekanan tinggi untuk melayani semua injektor yang ada di setiap silindernya. Pada sistem distribusi pompa tersebut mengalirkan bahan bakar bertekanan tinggi masuk ke dalam distributor. Distributor, adalah alat untuk membagi bahan bakar ke dalam setiap injektor sesuai dengan urutan yang telah ditentukan, jadi, fungsinya ekuivalen dengan fungsi distributor pada motor bensin. Pompa tekanan tinggi pada sistem distributor juga dilengkapi dengan alat pengatur kapasitas.



Gambar 2. Skema Sistem Distribusi

2.4 Bahan Bakar Dan Komponen Suplai Bahan Bakar

Bahan bakar untuk motor dapat dibagi dalam dua kelompok utama yaitu bahan bakar gas dan bahan bakar cair. Bahan bakar pada umumnya terdiri dari berbagai unsur dan persenyawaan dari unsur-unsur tersebut. Unsur-unsur terpenting pada bahan bakar adalah karbon dan hidrogen.

Bahan bakar yang digunakan pada motor diesel digolongkan dalam bahan bakar cair yang biasa dikenal dengan solar merupakan hasil distilasi minyak bumi dan memiliki titik didih antara 180°C sampai 360°C.

Beberapa karakteristik dari solar yang perlu diperhatikan adalah :

- ❑ Nilai Cetana. Bahan bakar solar dikatakan memiliki nilai cetana x jika solar tersebut mempunyai keterlambatan penyalan yang sama dengan campuran x bagian normal cetana dan $(1-x)$ bagian *alpha-metyl naphthalene*. Dimana semakin tinggi nilai cetana semakin mempermudah solar tersebut dinyalakan. Pada umumnya bahan bakar solar dengan nilai cetana 50 sudah cukup baik untuk digunakan pada motor diesel.
- ❑ Titik Nyala (*Flash Point*). Menyatakan suhu pada tekanan tertentu dimana bahan bakar akan membentuk uap dalam jumlah cukup yang bercampur dengan udara di sekitarnya, sehingga akan terbakar bila berada di dekat sumber penyalan. *Flash point* solar pada umumnya berkisar antara 55°C.
- ❑ Kekentalan (Viskositas). Menyatakan ukuran kekentalan dari bahan bakar. Bahan bakar yang memiliki viskositas terlalu tinggi akan berpengaruh buruk terhadap suplai bahan bakarnya mengingat semakin besarnya hambatan untuk mengalir. Demikian pula halnya jika viskositas bahan bakar terlalu rendah juga akan berpengaruh buruk, terutama karena berkurangnya kemampuan bahan bakar tersebut sebagai fungsi pelumasan, sehingga dapat berakibat terjadinya keausan pada komponen injektor bahan bakar.
- ❑ Kerapatan (*density*). Density dari solar berpengaruh terhadap nilai kalor solar tersebut, dimana solar dengan *density* tinggi, semakin tinggi pula nilai kalornya.
- ❑ Nilai Kalor. Nilai kalor bahan bakar dibedakan menjadi:
 - Kalor Pembakaran Atas atau *High Heating Value (HHV)*. Merupakan kalor yang dihasilkan pada pembakaran bahan bakar termasuk juga kalor yang diguna-

kan untuk menguapkan air, dan secara matematis dinyatakan dengan:

$$HHV = 18650 + 40(^{\circ}\text{API} - 10) \text{ Btu/lb} \quad 2.1$$

dimana :

HHV = Kalor Pembakaran Atas.

$^{\circ}\text{API}$ = API gravity, merupakan satuan berat jenis yang dikeluarkan oleh *American Petroleum Institute* dan biasa digunakan di Amerika.

- Kalor Pembakaran Bawah atau *Low Heating Value (LHV)*. Menyatakan nilai kalor yang dihasilkan pada pembakaran bahan bakar tidak termasuk kalor yang digunakan untuk menguapkan air, dan dinyatakan secara matematis dengan :

$$LHV = 16610 + 40 \cdot ^{\circ}\text{API} \text{ Btu/lb} \quad 2.2$$

dimana :

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\text{SG}_{\text{solar}} (60^{\circ}\text{F})} - 131,5 \quad 2.3$$

dengan $\text{SG} = \text{Spesific gravity}$, dan untuk solar = 0,815.

Secara umum sistim suplai bahan bakar yang digunakan pada motor diesel terdiri dari beberapa komponen utama sebagai berikut :

1. Tangki penyimpan bahan bakar.
2. Saringan bahan bakar, sebagai sarana untuk mencegah masuknya kotoran-kotoran yang terdapat dalam solar ke dalam pompa suplai, pompa tekanan tinggi, dan injektor.
3. Pompa suplai tekanan rendah. Pompa ini digunakan untuk mengalirkan bahan bakardari tangki ke pompa tekanan tinggi agar pompa tekanan tinggi selalu terisi bahan bakar. Tekanan alirannya harus selalu lebih tinggi dari tekanan udara atmosfer, hal ini bertujuan agar jika terjadi kebocoran gelembung udara tidak dapat masuk ke saluran bahan bakar, karena adanya gelembung udara ini akan mengganggu sistim suplai bahan bakar.
4. Pompa tekanan tinggi. Berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar ke injektor untuk selanjutnya dimasukkan ke dalam ruang bakar pada saat yang telah ditentukan dan dengan jumlah yang sesuai dengan kebutuhan motor.
5. Injektor. Berfungsi sebagai komponen untuk memasukkan bahan bakar ke ruang bakar sesuai dengan kebutuhan, untuk mengabutkan bahan bakar dengan derajat pengabutan yang sesuai, mendistribusikan bahan bakar.

2.5 Kinerja Motor

Beberapa parameter yang dapat digunakan sebagai acuan dasar untuk dapat menentukan kinerja dari motor adalah :

- Daya Motor (*Brake Horse Power = BHP*).

Menyatakan daya yang diberikan ke poros penggerak oleh motor (kerja per satuan waktu) dan biasanya dinyatakan dengan daya kuda (HP).

$$N = \text{BHP} = \frac{2\pi N_d P R}{60} \text{ Watt} \quad 2.4$$

dimana :

$N = \text{BHP} = \text{Brake Horse Power}$ (Watt).

$P = \text{Gaya aksi dinamometer}$ (Newton)

$R = 0,9549 = \text{Panjang lengan dinamometer}$ (meter)

$N_d = \text{Putaran motor}$ (Rpm).

Atau dapat juga dinyatakan dengan :

$$N = \text{BHP} = \frac{N_d P}{10000} \text{ Kwatt} \quad 2.5$$

karena 1 HP = 746 Watt, maka :

$$N = \text{BHP} = \frac{N_d P}{7460} \text{ HP} \quad 2.6$$

- Torsi (momen Puntir).

Torsi yang dihasilkan oleh motor dinyatakan dengan :

$$T = P \cdot R \text{ (N.m)} \quad 2.7$$

- Tekanan Efektif Rata-rata (*Brake Mean Effective Pressure, BMEP*).

Pada proses pembakaran campuran udara-bahan bakar menghasilkan tekanan yang bekerja pada piston, sehingga menghasilkan langkah kerja. Besaran tekanan yang terjadi berubah-ubah sepanjang langkah piston tersebut. Jika diambil suatu nilai tekanan yang konstan yang bekerja pada piston dan menghasilkan kerja yang sama, maka tekanan tersebut disebut dengan tekanan efektif rata-rata, yang didefinisikan sebagai kerja per siklus per volume langkah torak.

$$\text{BMEP} = \frac{75 \cdot N}{A \cdot L \left[\frac{N_d}{Z \cdot 60} \right] \cdot i} \text{ kg/m}^2 \quad 2.8$$

atau :

$$\text{BMEP} = \frac{0,45 \cdot N \cdot Z}{A \cdot L \cdot i \cdot N_d} \text{ kg/cm}^2 \quad 2.9$$

dimana :

$A = \text{Luas penampang piston}$ (m^2)

$L = \text{Panjang langkah piston}$ (m)

$i = \text{Jumlah silinder}$

Z = Jumlah putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus kerja
 = 1 untuk motor dua langkah dan 2 untuk motor empat langkah.

□ **Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Specific Fuel Consumption = sfc).**

Menyatakan ukuran penggunaan bahan bakar oleh motor, pada umumnya dinyatakan dalam satuan massa bahan bakar per satuan keluaran daya. Atau dapat juga didefinisikan dengan jumlah bahan bakar yang digunakan oleh motor untuk menghasilkan tenaga 1 HP dalam satu jam. Besar konsumsi bahan bakar spesifik dinyatakan dengan :

$$sfc = \frac{3600 \cdot m}{BHP \cdot t} \left[\frac{\text{kg Bahan bakar}}{\text{HP} \cdot \text{jam}} \right] \quad 2.10$$

dimana:

m = massa bahan bakar yang dikonsumsi (kg)
 = $\rho \cdot V$

t = waktu yang dibutuhkan oleh motor untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak m kg. (detik).

□ **Efisiensi Thermis.**

Didefinisikan sebagai efisiensi pemanfaatan kalor dari bahan bakar untuk diubah menjadi kerjamekanis dan dinyatakan dengan :

$$\eta_{th} = \frac{\text{tenaga yang dihasilkan}}{\text{kalor yang diberikan}} \times 100\%$$

Jika 1 kalori = 4,186 Joule dan 1 HP = 746 W = 746 Joule/detik, maka :

$$1 \text{ HP} = 746 \times \frac{1}{4,186} \times 3600 \times \frac{1}{1000} \frac{\text{kcal}}{\text{jam}} \\ \approx 641,567 \text{ kkal / jam}$$

Jika untuk menghasilkan daya (BHP) sebesar N (HP) jumlah bahan bakar yang digunakan adalah G_{bb} (kg/jam) dan LHV bahan bakar adalah H_b (kkal/kg), maka efisiensi termis motor tersebut adalah :

$$\eta_{th} = \frac{N \times 641,567}{G_{bb} \times H_b} \quad 2.11$$

atau dapat juga dinyatakan dengan :

$$\eta_{th} = \frac{641,567}{sfc \cdot LHV} \times 100\% \quad 2.12$$

karena 1 Btu = 1054 Joule ; 1 kalori = 4,184 Joule dan 1 lb = 0,4536 kg, maka:

$$\frac{1 \text{ Btu}}{\text{lb}} \times \frac{1054 \text{ J}}{1 \text{ Btu}} \times \frac{1 \text{ kkal}}{4,186 \text{ J}} \times \frac{1 \text{ lb}}{0,4536 \text{ kg}} = 555,361552 \frac{\text{kal}}{\text{kg}}$$

sehingga persamaan 2.2 dapat dituliskan kembali sebagai :

$$LHV = (16610 + 40 \cdot \text{API}) \cdot 555,361552 \frac{\text{kal}}{\text{kg}} \quad 2.13$$

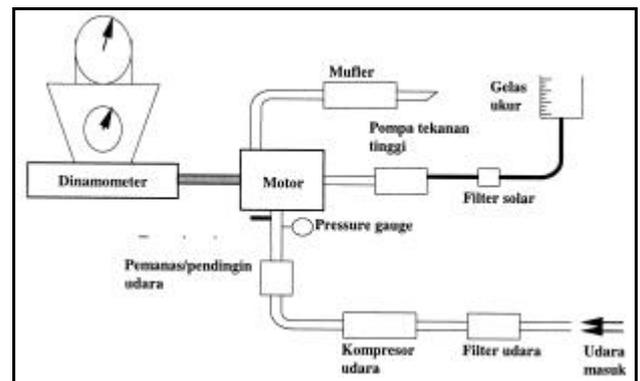
3. Pengujian

3.1 Peralatan Uji

Pengambilan data hasil uji dilaksanakan di Laboratorium Motor Bakar, Universitas Kristen Petra dengan peralatan uji sebagai berikut :

- Motor diesel Izusu , type : 4 JA 1
- Water Brake Dynamometer, merk Zollner, tipe 3 n 19 A
- Pendingin Udara masuk
- Pemanas Udara masuk
- Kompresor yang dilengkapi regulator tekanan
- Termokopel
- Pressure gauge

Skema dari sistem ditunjukkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Skema Percobaan

3.2 Prosedur Pengujian :

- Merakit perangkat pemanas/pendingin udara dan kompresor udara beserta beberapa asesorisnya.
- Mengisolasi perangkat pendingin udara, agar udara luar yang bersuhu lebih tinggi tidak masuk ke dalam perangkat pendingin udara yang dilengkapi dengan termokopel untuk membaca data suhu udara masuk. Sebagai media bantu pendingin udara digunakan es kering (*dry ice*).
- Menyalakan motor dengan putaran 3000 Rpm, dan dilakukan pembebanan secara bertahap.
- Mencatat penurunan putaran, beban yang ditunjukkan pada dynamometer, suhu dan

tekanan udara masuk, waktu yang dibutuhkan untuk mengkomsumsi 50 ml bahan bakar.

- Motor dimatikan.
- Menggantikan perangkat pendingin udara dengan pemanas udara yang dilengkapi dengan potensiometer untuk mengatur suhu udara masuk yang dikehendaki.
- Prosedur pengambilan data diulang sebagaimana dilakukan pada penggunaan perangkat pendingin udara.

4. Hasil Percobaan

4.1 Data Pengukuran dan Perhitungan

Tabel 1. Daya (HP) pada berbagai variasi suhu dan tekanan udara

Putaran (Rpm)	Normal	23°C; 2 bar	30°C; 3 bar	40°C; 2 bar	50°C; 3 bar
3000	14.88	14.88	14.88	14,88	15,69
2800	25.90	26.65	28.90	25,9	27,51
2600	30.76	32.41	35,83	32,06	36,20
2400	37.00	39.08	39,38	40,88	41,29
2200	40.39	38.93	41,01	45,24	46,10
2000	41.21	36.60	39,41	42,71	43,42
1800	35.21	36.21	37,95	40,82	41,73
1600	28.53	29.38	28,55	30,97	29,85
1400	24.40	25.34	27,21	26,63	27,01

Tabel 2. Torsi (N.m) pada berbagai variasi suhu dan tekanan udara

Putaran (Rpm)	Normal	23°C; 2 bar	30°C; 3 bar	40°C; 2 bar	50°C; 3 bar
3000	34.38	35.33	35.33	35.33	37.24
2800	65.89	67.80	73.53	65.89	68.75
2600	85.94	88.81	94.54	87.85	96.45
2400	109.81	113.63	119.36	116.5	120.32
2200	136.55	126.05	130.68	136.46	137.46
2000	134.23	124.14	133.68	138.46	139.62
1800	135.6	139.42	142.28	139.48	141.27
1600	127.0	130.82	135.6	133.69	133.71
1400	124.14	128.91	133.68	130.82	134.21

Tabel 3. Konsumsi bahan bakar spesifik pada berbagai suhu dan tekanan udara

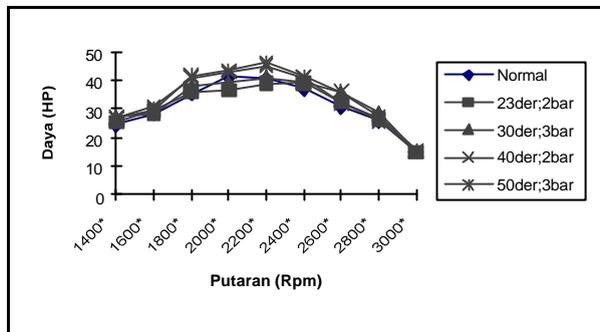
Putaran (Rpm)	Normal	23°C; 2 bar	30°C; 3 bar	40°C; 2 bar	50°C; 3 bar
3000	0.301	0.304	0.359	0.301	0.260
2800	0.235	0.228	0.246	0.184	0.168
2600	0.224	0.218	0.209	0.190	0.182
2400	0.24	0.210	0.169	0.174	0.170
2200	0.204	0.213	0.205	0.172	0.165
2000	0.215	0.221	0.201	0.169	0.163
1800	0.226	0.212	0.187	0.162	0.158
1600	0.212	0.208	0.180	0.212	0.154
1400	0.241	0.231	0.210	0.241	0.172

Tabel 4. Data Efisiensi Termis (%) pada berbagai variasi suhu dan tekanan udara

Putaran (Rpm)	Normal	23°C; 2 bar	30°C; 3 bar	40°C; 2 bar	50°C; 3 bar
3000	14.89	16.88	18.27	20.93	21.28
2800	26.84	25.72	25.69	29.26	31.61
2600	28.21	28.99	31.54	33.25	33.74
2400	33.22	31.21	34.23	36.23	37.29
2200	35.25	35.77	39.59	40.98	41.72
2000	33.94	35.21	37.14	39.67	41.22
1800	33.06	34.73	36.09	37.82	40.14
1600	32.32	32.35	35.11	36.77	38.08
1400	30.12	31.17	34.09	36.23	37.23

4.2 Analisa Data

- Pengaruh suhu dan tekanan udara masuk terhadap daya motor.

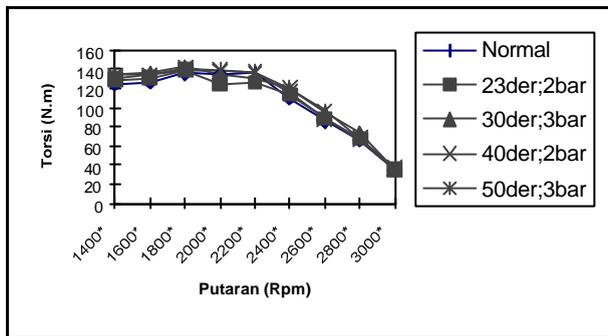


Gambar 4. Grafik Daya (HP) Fungsi Putaran (Rpm)

Pada grafik daya fungsi putaran (gambar 4) ditunjukkan bahwa dengan meningkatkan suhu dan tekanan udara masuk menghasilkan peningkatan daya yang cukup signifikan dimana daya maksimum pada kondisi suhu udara masuk 50°C dengan tekanan 3 bar sebesar 46.1 HP dan pada kondisi suhu udara masuk 40°C dan tekanan 2 bar sebesar 45.24 Hp masing-masing terjadi pada putaran 2200 Rpm. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan hubungan matematis antara suhu, volume dan tekanan yang dinyatakan dengan $PV/T = C$, dimana untuk volume silinder yang konstan berlaku hubungan $P/T = C$. Dengan menggunakan acuan suhu lingkungan 32°C dan tekanan udara 1 bar, dapat dilihat dari hubungan tersebut bahwa jika suhu udara masuk lebih kecil dari suhu lingkungan (32°) maka tekanan udara yang masuk lebih kecil dari 1 bar, sehingga dibutuhkan suplai udara tambahan melalui kompresor yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan udara yang masuk dan secara bersamaan akan diikuti dengan adanya peningkatan suhu. Kondisi ideal akan dihasilkan jika suhu udara sebelum masuk ke silinder ditingkatkan lebih dahulu disertai dengan penambahan suplai udara sebagaimana

ditunjukkan pada gambar 4. Hal ini berdampak mempersingkat waktu yang dibutuhkan pada periode persiapan pembakaran, sehingga memberikan pengaruh terhadap pemajuan saat penyemprotan bahan bakar (*injection timing*) yang lebih kecil dimana pada akhirnya akan menghasilkan kerugian karena kerja negatif yang lebih kecil. Kondisi optimal terjadi pada suhu udara masuk 50°C dengan tekanan 3 bar dimana terjadi peningkatan daya rata-rata pada berbagai tingkat kecepatan serta beban sebesar 10,4%.

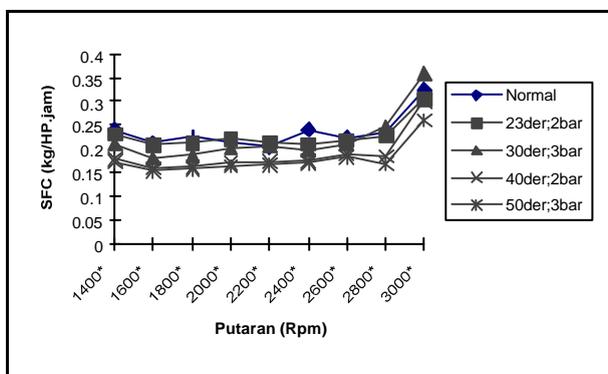
□ Pengaruh suhu dan tekanan udara masuk terhadap Torsi



Gambar 5. Grafik Torsi (N.m) Fungsi Putaran (Rpm)

Pada grafik torsi fungsi putaran ini juga ditunjukkan bahwa dengan meningkatkan suhu dan tekanan udara masuk menghasilkan torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan konfigurasi suhu dan tekanan udara yang lain. Torsi maksimum terjadi pada putaran 1800 rpm. Jika dibandingkan dengan kondisi normal (standar) terjadi peningkatan torsi rata-rata pada berbagai tingkat kecepatan serta beban sebesar 6,3 %.

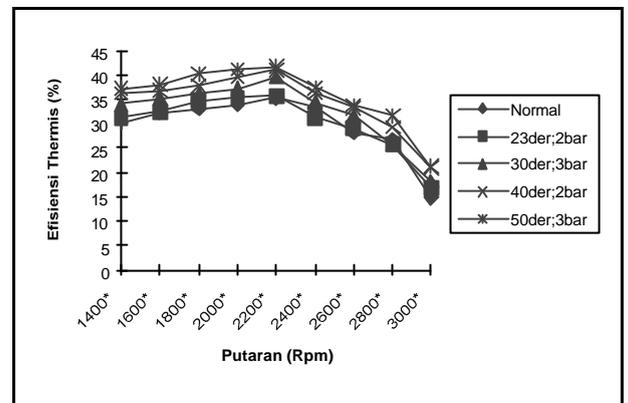
□ Pengaruh Suhu Dan Tekanan Udara Masuk Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik



Gambar 6. Grafik Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Fungsi Putaran

Dengan meningkatkan suhu dan tekanan udara yang masuk ke ruang bakar akan berdampak terhadap penurunan laju pengkonsumsian bahan bakar sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6. Hal ini pada dasarnya diakibatkan karena dengan meningkatkan suhu dan tekanan udara yang masuk ke ruang bakar tersebut maka bahan bakar akan cenderung menjadi lebih mudah untuk terbakar karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi penyalaannya sendiri menjadi lebih singkat. Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata pada berbagai tingkat putaran dan beban dibandingkan kondisi normal (standar) adalah sebesar 24,4 %.

□ Pengaruh Suhu Dan Tekanan Udara Masuk Terhadap Efisiensi Termis



Gambar 7. Grafik Efisiensi Thermis Fungsi Putaran.

Karena efisiensi termis menyatakan besarnya pemanfaatan kalor yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar untuk diubah menjadi kerja mekanis, maka terdapat suatu hubungan yang signifikan antara kerja mekanis yang dinyatakan dengan daya motor yang dihasilkan, laju konsumsi bahan bakar dengan efisiensi termis. Peningkatan daya motor dengan meningkatkan suhu dan tekanan udara masuk (gambar 4) yang disertai dengan penurunan laju konsumsi bahan bakar (gambar 6) akan meningkatkan efisiensi termis dari motor. Atau dengan kata lain dinyatakan bahwa efisiensi termis berbanding terbalik terhadap laju konsumsi bahan bakar spesifik.

Pada kondisi suhu udara masuk 50°C dan tekanan 3 bar, akan meningkatkan efisiensi termis rata-rata pada berbagai tingkat kecepatan dan beban sebesar 17,4 % dibandingkan kondisi normal (standar).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Terdapat pengaruh yang cukup signifikan antara suhu dan tekanan udara yang masuk ke ruang bakar dengan kinerja motor diesel secara keseluruhan.
- Suhu dan tekanan udara yang ideal untuk digunakan sebagai proses modifikasi adalah 50°C dengan tekanan 3 bar, dimana rata-rata pada berbagai tingkat kecepatan serta beban terjadi peningkatan daya sebesar 10,4 %; peningkatan torsi sebesar 6,3 % ; penurunan laju konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 24,4 % serta peningkatan efisiensi termis sebesar 17,4 %.
- Karena waktu yang tersedia untuk periode persiapan pembakaran secara teoritis sangat singkat, maka perlu dilakukan peningkatan suhu dan tekanan udara masuk ruang bakar agar bahan bahan bakar dapat lebih mudah terbakar (terutama untuk motor diesel putaran tinggi).

Daftar Pustaka

1. Arismunandar, W. *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Bandung: Pardnya Paramita, 1975.
2. Bosch. *Diesel Fuel Injection*, Germany: Robert Bosch GmbH, 1994
3. Heywood, J B. *Internal Combustion Engine Fundamental*, Singapore: Mcgraw Hill, 1989.
4. Maleev, V L. *Internal Combustion Engine*, Singapore: Mcgraw Hill, 1985.
5. Obert, E F. *Internal Combustion Engine and Air Polution*, New York: Harper & Row Publisher, 1973.
6. Setyadi, F V. *Pengaruh Temperatur Dan Tekanan Udara Masuk Pada Motor Diesel Tipe 4 JA 1 Terhadap Unjuk Kerja*, Surabaya: Fakultas Teknik Universitas Kristen Petra, 2000.