

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh orang lain, yaitu:

- a. Puji Saksono dan Pandu Prastiyo Utomo, 2017, Analisis pengaruh pembebanan *engine* terhadap emisi gas buang dan *fuel consumption* menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel b10 pada *engine cummins qsk 45 c*, *Jurnal Teknik Mesin Universitas Balikpapan Vol. 15 No. 2, November 2017: 136-141*, Balikpapan.
- b. Darmawansyah, 2015, Pengaruh pembebanan dan putaran mesin terhadap torsi dan daya yang dihasilkan mesin MATARI MGX200/SL, *Skripsi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak*, 2015.

2.2 Teori Pendukung Penelitian

2.2.1 Motor Bakar

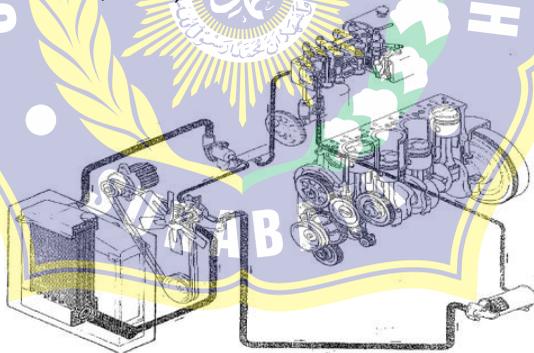
Motor adalah gabungan dari alat-alat yang bergerak yang bila bekerja dapat menimbulkan tenaga/energi. Sedangkan pengertian motor bakar adalah suatu mesin kalor dimana tenaga/energi dari hasil pembakaran bahan bakar didalam silinder akan diubah menjadi energi mekanik.

Pada mulanya perkembangan motor bakar ditemukan oleh Nichollus Otto pada tahun 1876 dengan bentuk yang kecil dan tenaga yang dihasilkan besar. Motor bakar dibagi menjadi dua yaitu, motor pembakaran luar (*external combustion engine*) dan motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*), sedangkan mesin diesel merupakan motor pembakaran dalam. Tenaga yang dihasilkan oleh motor berasal dari adanya pembakaran gas didalam ruang bakar. Karena adanya pembakaran gas, maka timbulah panas. Panas ini mengakibatkan gas mengembang atau ekspansi.

Pembakaran dan pengembangan gas ini terjadi didalam ruang bakar yang sempit dan tertutup (tidak bocor) dimana bagian atas dan samping kiri kanan dari ruang bakar adalah statis atau tidak bisa bergerak, sedangkan yang dinamis atau bisa bergerak adalah bagian bawah, yakni piston sehingga piston dengan sendirinya akan terdorong kebawah oleh gaya dari gas yang terbakar dan mengembang tadi. Pada saat piston terdorong kebawah ini akan menghasilkan tenaga yang sangat besar dan tenaga inilah yang disebut dengan tenaga motor.

2.2.2 Motor Diesel

Motor diesel adalah motor bakar torak yang proses penyalanyaannya bukan menggunakan loncatan bunga api melainkan ketika torak hampir mencapai titik mati atas (TMA) bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar melalui nozzle sehingga terjadilah pembakaran pada ruang bakar dan udara dalam silinder sudah mencapai temperatur tinggi. Syarat ini dapat terpenuhi apabila perbandingan kompresi yang digunakan cukup tinggi, yaitu berkisar 16-25. (Arismunandar.W,1988)



Gambar 2.1 Motor Diesel
(Sumber : tneutron.net)

Motor diesel adalah salah satu dari *internal combustion engine* (motor dengan pembakaran didalam silinder), dimana energi kimia dari bahan bakar langsung diubah menjadi tenaga

kerja mekanik. Pembakaran pada motor diesel akan lebih sempurna pada saat unsur karbon (C) dan hidrogen (H) dari bahan bakar diubah menjadi air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2), sedangkan gas karbon monoksida (CO) yang terbentuk lebih sedikit dibanding dengan motor bensin. (Mulyoto Harjosentono, 1981)

Dalam sejarah perkembangannya kurang lebih seratus tahun sejak dibuat untuk pertama kalinya, motor bakar torak adalah penggerak mula yang ringan dan kompak. Meskipun mesin pancar menempati posisi yang terbaik sebagai mesin propulsi pesawat terbang, namun motor bakar masih unggul dipakai sebagai penggerak kendaraan bermotor, kereta api, kapal mesin konstruksi (alat-alat besar), mesin pertanian, pompa, generator listrik dan sebagainya.

Menurut putarannya, motor diesel dikelompokkan menjadi 3 yaitu :

- Motor diesel putaran tinggi (kecepatan putarnya diatas 1000 rpm)
- Motor diesel putaran sedang (kecepatan putarnya antara 500-1000 rpm)
- Motor diesel putaran rendah (kecepatan putarnya dibawah 500 rpm)

Pada motor diesel, solar dibakar untuk memperoleh energi termal. Energi ini selanjutnya digunakan untuk melakukan gerakan mekanik. Prinsip kerja motordiesel secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut, yaitu solar dari *boost pump* dihisap masuk ke dalam silinder, udara murni dihisap dan dikompresikan pada 8° - 12° sebelum piston mencapai titik mati atas kemudian bahan bakar dikabutkan maka terjadilah pembakaran. Bila piston bergerak naik turun didalam silinder dan menerima tekanan tinggi akibat pembakaran, maka tenaga pada piston akan mengakibatkan piston terdorong ke bawah. Gerakan naik turun pada torak diubah menjadi gerak putar pada poros engkol oleh *connecting*

rod. Selanjutnya gas-gas sisa pembakaran dibuang dan campuran udara bahan bakar tersedia pada saat-saat yang tepat untuk menjaga agar piston dapat bergerak secara periodik dan melakukan kerja tetap.

Adapun karakteristik daripada mesin diesel yang membedakan dengan jenis mesin lain adalah Sistem penyalan bahan bakarnya, puntiran mesin, dan efisiensi panas.

a. Sistem penyalan bahan bakar

Saat proses pembakaran, bahan bakar yang masuk ke dalam silinder terlebih dahulu harus disemprotkan dalam bentuk kabut halus sedungkan untuk panasnya didapat dari pemampatan/kompresi udara didalam silinder (udara bertekanan tinggi). Selama kompresi udara dalam silinder maka suhu udara akan semakin meningkat, ketika bahan bakar yang berbentuk kabut bersinggungan dengan udara panas maka akan terjadi pembakaran. Dengan adanya proses seperti ini maka motor diesel dikenal juga mesin penyalan kompresi.

b. Puntiran yang dihasilkan mesin tidak bergantung pada kecepatan

Hal ini disebabkan banyaknya udara yang masuk kedalam silinder sehingga bahan bakar yang terbakar akan menimbulkan aksi torak.

c. Efisiensi panas yang dihasilkan lebih tinggi dari pada mesin lain. Serta pemakaian bahan bakar yang lebih sedikit untuk penyediaan daya yang sama.

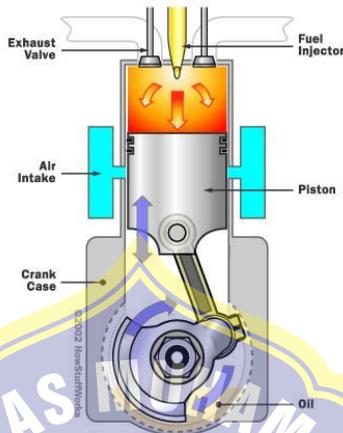
Mesin diesel dapat beroperasi pada daur tekanan konstan dan beroperasi pada daur kombinasi. Mesin dengan tekanan konstan adalah mesin besar injeksi udara kecepatan rendah. Sedangkan mesin yang beroperasi pada daur kombinasi adalah saat pertama tekanan menanjak sampai pada puncaknya selama bagian pertama dari pembakaran, kemudian tetap atau konstan, dan mulai turun menuju akhir dari proses pembakaran, daur

ini khusus untuk mesin injeksi tanpa udara kecepatan menengah atau tinggi.

2.2.3 Prinsip Kerja Mesin Diesel 2 Langkah

Mesin diesel dua langkah atau dikenal juga dengan dua tak sangat dipengaruhi oleh proses pertukaran gas di dalam silinder yang disebut juga proses pembilasan (*scavenging*). Proses pembilasan adalah proses pembersihan silinder dari gas buang dan menggantikannya dengan udara pada mesin diesel atau campuran udara dan bahan bakar pada mesin bensin. Mesin dua langkah mempunyai siklus hanya dalam dua gerakan piston (TMB-TMA-TMB) atau dalam satu putaran poros engkol (*crankshaft*). Langkah isap dan langkah buang terjadi pada saat yang hampir bersamaan, yaitu ketika piston berada di sekitar TMB. Proses pemasukan udara atau campuran udara dan bahan bakar segar ke dalam silinder tidak dilakukan oleh gerakan isap piston seperti pada mesin 4 langkah, tetapi bisa melalui mekanisme di ruang engkol atau dengan bantuan *blower* atau *compressor* pada sistem yang terpisah.

Selanjutnya gas buang didesak keluar silinder oleh udara atau campuran udara-bahan bakar yang bertekanan. Tentunya sebagian udara atau campuran udara-bahan bakar segar ada yang ikut keluar bersama gas buang, inilah sebabnya mengapa mesin 2 langkah lebih boros dibanding mesin 4 langkah, khususnya untuk mesin bensin. Pada mesin diesel hanya udara saja yang digunakan untuk melakukan pembilasan, sehingga hanya ada kerugian daya pembilasan. Sebaliknya secara teoritis mesin 2 langkah bisa menghasilkan daya dua kali mesin 4 langkah untuk putaran, ukuran, serta kondisi operasi yang sama, karena mesin 2 langkah bekerja dengan siklus dua kali mesin 4 langkah. Berdasarkan hal di atas mesin 2 langkah lebih menguntungkan dipakai pada mesin diesel ukuran besar atau pada mesin bensin ukuran kecil.

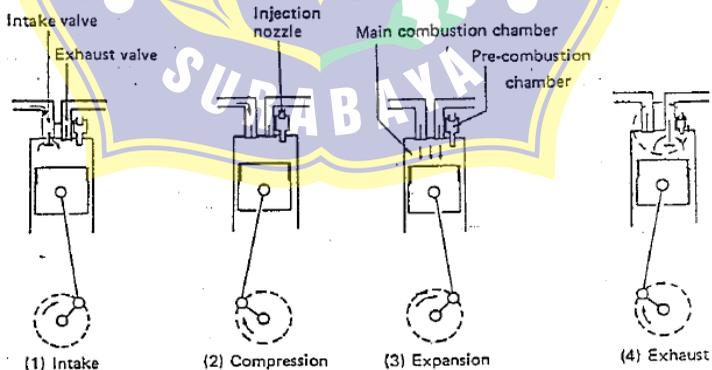


Sistem kerja mesin diesel dua langkah langkah

Gambar 2.2 Sistem Kerja Mesin Diesel 2 Langkah
(Sumber : mesinpokok.blogspot.com)

2.2.4 Prinsip Kerja Mesin Diesel 4 Langkah

Siklus 4 langkah pada dasarnya adalah piston melakukan 4 kali langkah dan crankshaft melakukan 2 kali langkah untuk menghasilkan satu kali tenaga atau satu kali pembakaran. Untuk lebih jelasnya, gambar berikut adalah prinsip kerja motor diesel 4 langkah.



Gambar 2.3 Prinsip kerja motor diesel 4 langkah
(Sumber : tneutron.net)

1. Langkah Hisap

Pada langkah hisap, udara dimasukkan ke dalam silinder. Piston membentuk kevakuman didalam silinder seperti pada mesin bensin, piston bergerak kebawah dari TMA menuju TMB. Terjadinya vakum ini menyebabkan katup hisap terbuka dan memungkinkan udara segar masuk kedalam silinder. Sedangkan katup buang menutup selama melakukan langkah hisap.

2. Langkah Kompresi

Pada langkah kompresi, piston bergerak dari TMB menuju TMA. Pada saat ini kedua katup hisap dan buang tertutup. Udara yang dihisap selama langkah hisap kemudian ditekan pada 8° - 12° sebelum piston mencapai titik TMA bahan bakar dikabutkan maka terjadilah pembakaran.

3. Langkah Kerja

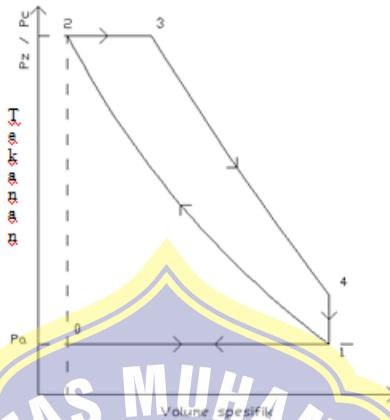
Energi pembakaran mengekspansikan dengan cepat sehingga piston terdorong kebawah. Gaya yang mendorong piston kebawah diteruskan ke poros engkol dan diubah menjadi gerak putar untuk memberi tenaga pada mesin.

4. Langkah Buang

Pada saat piston menuju TMB, katup buang terbuka dan gas sisa hasil pembakaran dikeluarkan melalui katup buang pada saat piston bergerak ke atas lagi. Gas akan terbuang habis pada saat piston mencapai TMA.

2.2.5 Diagram P-V Teoritis Motor Diesel 4 Langkah

Pada saat proses kerja motor berlangsung, akan terjadi perubahan tekanan, temperatur dan volume yang ada didalam silinder. Perubahan-perubahan tersebut dapat digambarkan dalam diagram P-V sebagai berikut:



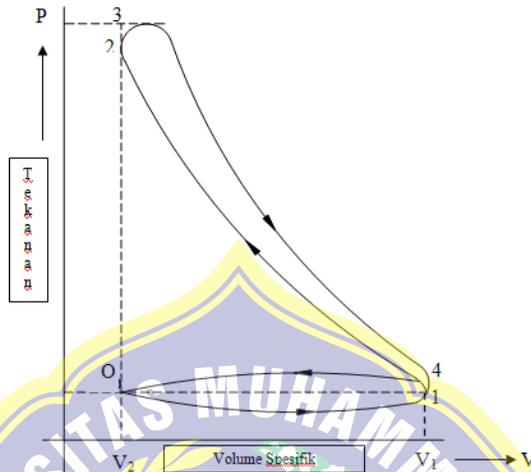
Gambar 2.4 Diagram P-V teoritis motor diesel 4 langkah
(Sumber : mytermodinamika.com)

Keterangan :

- 0 – 1 = Langkah hisap
- 1 – 2 = Langkah kompresi
- 2 – 3 = Langkah pembakaran
- 3 – 4 = Langkah ekspansi
- 4 – 1 = Pembuangan pendahuluan
- 1 – 0 = Langkah buang

2.2.6 Diagram P-V Sebenarnya Motor Diesel 4 Langkah

Proses ini sering disebut dengan proses otto yaitu proses yang sering terjadi dalam motor diesel 4 langkah, dimana proses pembakarannya menggunakan *nozzle* dan proses pembakaran terjadi dengan volume tetap.



Gambar 2.5 Diagram P-V sebenarnya motor diesel 4 langkah (Sumber : mytermodinamika.com)

1. Langkah Hisap (0-1)

Pada waktu piston bergerak ke kanan, udara masuk ke dalam silinder. Karena piston dalam keadaan bergerak, maka tekanannya turun sehingga lebih kecil daripada tekanan udara luar, begitu juga suhunya. Garis langkah hisap dapat dilihat pada diagram di atas. Penurunan tekanan ini bergantung pada kecepatan aliran. Pada motor yang tidak menggunakan *supercharge* tekanan terletak antara 0,85-0,9 atm terhadap tekanan udara luar.

2. Langkah kompresi (1-2)

Dalam proses ini kompresi teoritis berjalan adiabatik.

3. Langkah pembakaran (2-3)

Pembakaran terjadi pada volume tetap sehingga suhu naik.

4. Langkah ekspansi (3-4)

Pada langkah ini terjadi proses adiabatik karena cepatnya gerak torak sehingga dianggap tidak ada panas yang keluar maupun masuk.

5. Pembuangan pendahuluan (4-1)

Terjadi proses isokhorik yaitu panas keluar dari katup pembuangan.

6. Langkah pembuangan (1-0)

Sisa gas pembakaran didesak keluar oleh torak. Karena kecepatan gerak torak, terjadilah kenaikan tekanan sedikit di atas 1 atm.

2.3 Rumus-rumus yang digunakan

2.3.1 Specific Fuel Consumption

Specific fuel consumption (SFC) adalah rasio perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap daya listrik yang dibangkitkan dalam sebuah industri pembangkitan listrik, biasanya digunakan sebagai salah satu cara untuk mengetahui seberapa efisien sebuah pembangkit listrik dan untuk memprediksi nilai kalor bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran. Pengukuran *SFC* sebaiknya dilakukan pada beban yang tetap selama minimum dua jam, kemudian diukur seberapa banyak jumlah pemakaian bahan bakar selama periode dua jam tersebut. Jika periode waktu ini dirasa terlalu lama, maka dapat dipersingkat dengan pengambilan data minimum selama satu jam.

Berikut adalah cara penghitungan pemakaian bahan bakar spesifik untuk menghasilkan tenaga 1 kW selama 1 jam dengan menggunakan formula:

$$sfc = \frac{b}{Ne}$$

Dengan,

- sfc : Specific fuel consumption..... (kg/kW.jam)
 b : Berat bahan bakar..... (kg)
 Ne : Daya efektif mesin (kW)

Dimana,

$$Ne = \eta_m \cdot Ni$$

- η_m : Efisiensi mekanis
 (besaran η_m untuk mesin diesel adalah 0,75-0,95)
 Ni : Daya indikator pada mesin..... (kW)

$$b = \rho \cdot v$$

- ρ : Berat jenis bahan bakar..... (kg/liter)
 v : Volume bahan bakar..... (liter)

(Sumber: Mesin Konversi Energi, 2008, Yogyakarta: Andi)

Cara lainnya dalam menghitung *sfc* yang dikutip dari (Diktat Operasi dan Pemeliharaan PLTD, Jakarta: PLN) sebagai berikut :

$$sfc = \frac{\text{bahan bakar yang terpakai} \quad (\text{liter})}{\text{energi listrik yang dibangkitkan} \quad (\text{kWh})}$$

2.3.2 Momen puntir

Apabila sebuah poros dengan jari – jari R , padanya bekerja gaya keliling F yang menyebabkan poros berputar sebanyak n putaran/menit, maka daya yang bekerja:

$$N = \frac{F \cdot 2\pi \cdot R \cdot n}{60 \cdot 100}$$

$M_p = F \cdot R$, maka:

$$N = \frac{M_p \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 100}$$

Tetapi berhubung adanya kehilangan usaha untuk mengatasi gesekan-gesekan maka didalam teknik telah diambil suatu rumus mengenai hubungan antara momen puntir, daya dan putaran sebagai berikut :

$$M_p = 71620 \frac{N}{n}$$

Dimana,

M_p : Momen puntir..... (kgf.cm)

N : Daya maksimum..... (ps)

n : Putaran poros..... (rpm)

71620 : Konstanta korelasi satuan

(Sumber: Buku Ajar Motor Bakar, 2018, UNLAM)

2.4 Hipotesis

Semakin tinggi pembebanan mesin maka semakin efisien dalam konsumsi bahan bakarnya.