

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Langkah Kerja Motor 4 Tak

Menurut Hery Sunaryo (1998 : 1) memberikan penjelasan tentang motor empat langkah, adalah sebagai berikut: Motor bantu empat langkah (4 tak) yang bekerja dengan kompresi yang berat, akan lebih cocok untuk mesin putaran tinggi dan banyak dipakai pada mesin berukuran kecil, karena pertambahan ukuran dan berat mesinnya begitu dipermasalahkan. Keuntungan lain sistem empat langkah kerja untuk mesin dengan putaran tinggi. Berbagai jenis mesin *diesel* yang ada sekarang ini telah mengalami penyempurnaan dari jenis sebelumnya sehingga dapat digunakan sebagai tenaga penggerak kapal.

Dalam buku motor *diesel* kapal P. Van Maanen (1983:1,3), menjelaskan cara kerja motor adalah sebagai berikut: Pada kedudukan torak terendah pintu bilas dan katub buang dalam keadaan terbuka. Udara bilas dan udara pembakaran dimasukan dalam silinder *liner* dengan tekanan lebih kecil melalui sebuah pompa bilas yang digerakan oleh motor sendiri. Udara yang dimasukan tersebut mendesak gas bakar yang tersisa dari proses kerja sebelumnya, melalui katup pintu bilas dan katup buang secara bersamaan. Pada sisa langkah keatas (langkah kompresi) udara dalam silinder *liner* di kompresikan . Penyemprotan bahan bakar, penyalaan dan pembakaran berlangsung seperti motor 4 tak. Menjelang akhir langkah kerja, sebelum torak membuka pintu bilas, katup buang terbuka sehingga gas pembakaran untuk sebagian besar keluar ke atmosfer sebelum pintu bilas terbuka. Pada saat pintu terbuka oleh torak proses pembilasan berlangsung lagi, seluruh proses terjadi selama sebuah putaran poros engkol atau dua langkah torak dan dibandingkan dengan proses 4 tak nampak bahwa langkah masuk dan langkah buang tidak ada.

Dalam buku motor diesel dan turbin gas I, Aslang (2000 : 29) menjelaskan mesin 4 tak ialah mesin yang cara kerjanya membutuhkan 4

kali langkah torak yaitu langkah torak dari TMA ke TMB untuk dapat menghasilkan usaha 1 kali, usaha dalam 2 kali putaran poros engkolnya.



Gambar 1: Langkah kerja motor 4 tak.

Sumber: www.teknik.otomotif.com

a. Langkah Hisap

Pada langkah ini , torak bergerak dari TMA ke TMB, katub hisap terbuka sehingga gas (campuran bahan bakar dan udara) terhisap masuk ke silinder. Katup hisap kemudian tertutup ketika torak mencapai TMB.

b. Langkah Kompresi

Pada langkah ini torak bergerak dari TMB ke TMA, katup hisap dan katub buang tertutup sehingga gas termampatkan (terkompresikan). Akibat kompresi ini suhu dan tekanan gas naik, sehingga akan terbakar sesaat torak mencapai TMA, *injector* memberi loncatan bunga api dan terjadilah pembakaran.

c. Langkah Kerja

Pada langkah ini torak terdorong dari TMA ke TMB oleh kekuatan tekanan gas hasil pembakarangerakan torak pada langkah ini disebut melakukan langkah kerja, yang selanjutnya dijadikan sebagai tenaga gerak dari mesin.

d. Langkah Buang

Pada langkah ini torak bergerak dari TMB ke TMA, katub buang terbuka sehingga gas sisa pembakaran terdorong keluar dari silinder melalui lubang katub buang dan saluran pembuangan. Setelah torak mencapai TMA dari sini akan dimulai lagi siklus yang berikutnya yang diawali lagi dengan proses penghisapan bahan bakar baru.

2.2 Silinder Liner

Silinder *Liner* merupakan tempat untuk Bergeraknya *piston* dari titik mati atas ke titik mati bawah yang berbentuk seperti tabung serta, silinder *liner* juga sebagai tempat untuk berlangsungnya proses kerja dari suatu mesin dimana langkah hisap, kompresi, usaha dan langkah buang bekerja didalamnya. Silinder *liner* juga merupakan salah satu bagian dari beberapa komponen yang terdapat pada blok mesin. Adapun fungsi dari silinder *liner* yaitu antara lain: Sebagai ruang dimana proses pembakaran di dalam mesin induk, sehingga terjadinya gesekan antara *piston* dengan *ring piston* yang selanjutnya poros engkol akan berputar. Melindungi bagian dalam silinder blok dari gesekan secara langsung dengan *ring piston* tersebut, sebagai rumah untuk *piston* dimana *piston* bergerak dari titik mati atas (TMA) kemudian ke titik mati bawah (TMA) begitu pula sebaliknya, sehingga dapat meneruskan panas dari *piston* yang kemudian akan di dinginkan oleh air tawar sebagai media pendingin. Sumandi (1979:65).

Menurut Tri Tjahjono, (2005), Silinder *Liner* adalah komponen mesin yang dipasang pada komponen blok silinder yang berfungsi sebagai tempat piston dan ruang bakar pada mesin. Pada saat langkah kompresi dan pembakaran akan dihasilkan tekanan dan *temperature* gas yang tinggi, sehingga untuk mencegah kebocoran kompresi ini maka pada piston dipasang cincin untuk memperkecil celah antara dinding silinder *liner* dengan *piston*. *Piston* yang bergerak bolak balik menyebabkan keausan pada dinding silinder *liner* bagian dalam, hal ini dapat mengakibatkan keretakan pada silinder *liner*, sehingga dapat menyebabkan kebocoran gas, tekanan,

kompresi dan tenaga yang dihasilkan juga berkurang. Agar keausan silinder tidak terlalu banyak maka diupayakan bahan yang di gunakan tahan aus dan juga tahan terhadap panas.



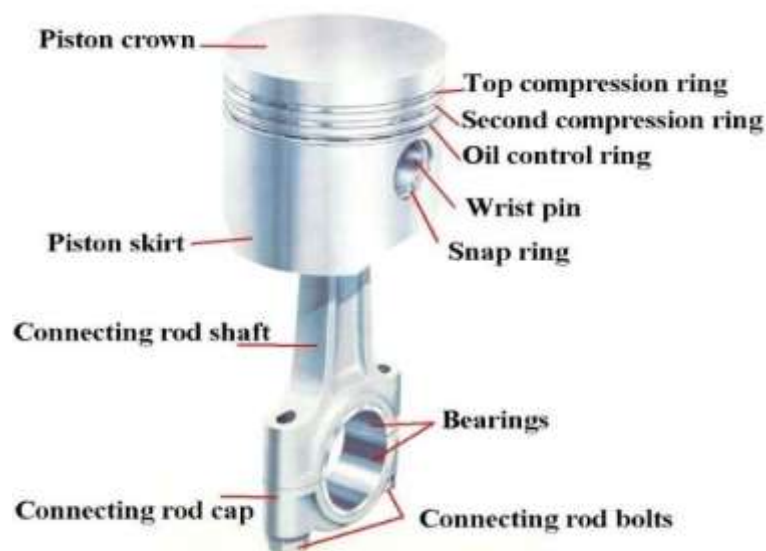
Gambar 2: Silinder Liner

Sumber: www.teknik.otomotif.com

Dalam bukunya Hery Sunaryo (1998:32) memberikan penjelasan mengenai keretakan yang terjadi pada blok silinder *liner*, yaitu sebagai berikut; Keretakan pada blok silinder *liner* atau pada tabung silinder liner (untuk motor *diesel* yang menggunakan tabung silinder) terjadi karena lelehnya material. Kelelahan material terjadi karena pada material tersebut bekerja tekanan yang berubah-ubah pada temperature yang cukup tinggi. *Temperature* kerja dari blok silinder liner dapat berubah tinggi bila saluran pendingin atau pelumasnya mengalami gangguan. Untuk memperbaikinya, dilakukan pengelasan pada blok silinder *liner* bila retak yang terjadi tidak terlalu dalam. Setelah dilakukannya penyekrapan kembali seperti kontruksi semula. Terhadap tabung silinder *liner* dapat juga dilakukan pengelasan bila retak yang terjadi tidak terlalu dalam dan tidak terlalu luas pada blok silinder. Pekerjaan berikutnya adalah retak yang terlalu dalam dan luas, sebaiknya komponen tersebut diganti dengan yang baru.

2.3 Piston

Menurut Maleev V.I, (1998). *Piston* adalah komponen mesin yang membentuk ruang bakar bersama-sama dengan silinder blok dan silinder *liner*. *Piston* jugalah yang melakukan gerakan naik turun untuk melakukan siklus kerja, mesin, serta *piston* harus mampu meneruskan tenaga hasil pembakaran ke *crankshaft*. Jadi dapat kita lihat bahwa *piston* memiliki fungsi yang sangat penting dalam melakukan siklus kerja mesin dan dalam menghasilkan tenaga pembakaran. Dengan fungsi tersebut, maka piston harus terpasang rapat dalam silinder. Satu atau beberapa *ring* (cincin) dipasang pada *piston* agar sangat rapat dalam dengan silinder. Pada silinder dengan temperature kerja menengah ke atas, bahan *ring* terbuat dari logam, disebut dengan ring piston (*piston ring*). Sedangkan pada silinder dengan temperature kerja rendah, umumnya bahan ring terbuat dari karet disebut dengan ring sil (*seal ring*).



Gambar 3: Piston

Sumber: www.teknik.otomotif.com

Torak (*piston*) berfungsi untuk memindahkan tenaga yang diperoleh dari hasil pembakaran ke poros engkol. Pada piston terdapat komponen-komponen pelengkap, yaitu:

1. Batang Penghubung (*connecting rod*)

Untuk menghubungkan *piston* dengan poros engkol.

2. Pena Torak (*piston pin*)

Untuk mengikat *piston* dengan batang penghubung melalui lubang bushing.

3. Cincin Torak (*ring piston*)

Untuk membentuk perepatan ke atas terhadap kebocoran gas antara celah torak dan silinder mengatur pelumasan torak dan dinding silinder.

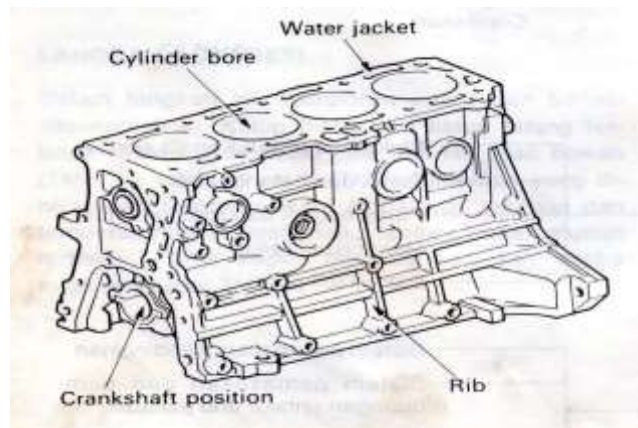
2.4 Blok Silinder Liner

Menurut Hery Sunaryo (1998 : 29) memberikan penjelasan tentang blok silinder liner, yaitu sebagai berikut : Blok silinder liner merupakan rumah tabung-tabung silinder *liner* yang di dalamnya terdapat saluran air pendingin. Air pendingin masuk dari bagian bawah tabung silinder, sedangkan di bagian atas terdapat lubang saluran air pendingin yang menuju kepala silinder *liner* guna memberikan pendingin. Di samping itu terdapat pula saluran-saluran minyak yang berguna untuk memberikan pelumasan. Pada saluran-saluran tersebut terdapat juga rumah poros nok beserta tabung tempat duduk bantalannya, yang dilengkapi dengan lubang-lubang dengan berbagai macam ulir untuk mengikat bagian-bagian lain yang hubungannya dengan blok silinder *liner*.

Blok silinder dan ruang engkol merupakan bagian utama dari motor bakar. Bagian-bagian lain dari motor di pasang di dalam atau pada blok silinder, sehingga terbentuk susunan motor yang lengkap. Pada blok silinder ini terdapat lubang silinder yang berdinding halus, dimana torak bergerak bolak-balik dan pada bagian sisi-sisi blok silinder dibuatkan sirip-sirip maupun lubang-lubang mantel air pendingin yang digunakan untuk pendinginan motor. Silinder bersama-sama dengan kepala silinder

membentuk ruang bakar, yaitu tempat melaksanakan pembakaran bahan bakar. Blok silinder dan ruang engkol dapat dituang menjadi satu bagian atau terpisah satu sama lain, kemudian disatukan dengan baut-baut. Variasi lain dalam konstruksi blok silinder ialah dengan pemasangan tabung silinder ke dalam blok silinder. Tabung ini dibuat dari besi tuang atau baja tuang. Komponen-komponen yang terdapat di blok silinder antara lain sebagai berikut:

1. Silinder *liner*, ini merupakan komponen berbentuk tabung yang dimasukkan ke dalam blok silinder. Fungsinya sebagai lintasan penggerak *piston*.
2. *Engine compartments holder*, adalah berbagai tempat untuk meletakkan komponen mesin. Ini bisa dilihat dari lekukan disisi-sisi blok silinder dan adanya lubang baut.
3. *Water jacket*, merupakan selubung air yang ada terdapat pada sela-sela blok silinder. Selubung air ini akan dihubungkan ke pompa air yang juga diletakan pada blok silinder.
4. *Oil feed*, merupakan saluran oli yang ada dalam blok silinder. Fungsi saluran oli ini adalah sebagai tempat berjalannya oli.
5. *Gasket* adalah pelapis antara blok silinder dengan kepala silinder. Gasket ini berfungsi utamanya untuk mencegah bocor kompresi.
6. *Crankshaft seal* berfungsi untuk mencegah kebocoran oli mesin. Khususnya kebocoran melalui poros engkol. Ada dua buah *crankshaft seal*, yang masing-masing diletakan dibagian depan atau belakang.



Gambar, 4: Blok Silinder

Sumber: www.teknik.otomotif.com

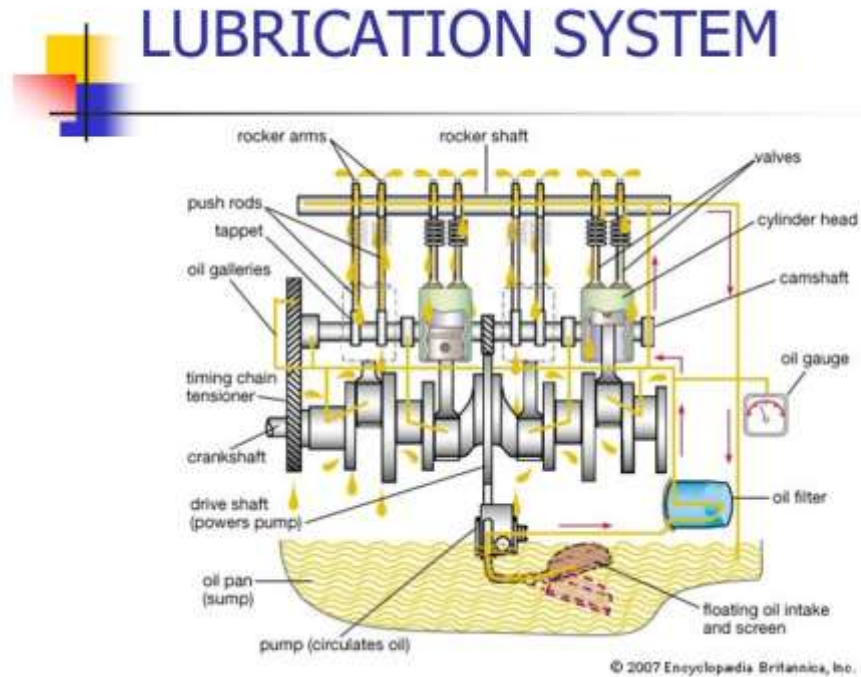
2.5 Sistem Pelumasan Silinder Liner

Menurut P.Van Maanen (1983 : 9,19) dalam bukunya *diesel generator kapal* menjelaskan mengenai sistem pelumasan silinder *liner*, yaitu sebagai berikut :”*Semua motor kepala silang kepala redah dan juga motor torak trank putaran menengah yang besar, dilengkapi dengan sistem pelumasan terpisah untuk pelumasan silinder liner. Oleh karena itu pada motor kepala silang tidak terjadi pencampuran dengan minyak pelumasan penata gerak, maka untuk silnder dapat dipilih minyak pelumasan yang sesuai dengan tujuan tersebut. Sedangkan pada motor torak trank masih harus diperhitungkan dengan pencampuran*”.

Oleh Hans Jensen Maskinfabrik di Kopenhagen telah dibangun alat pelumas silinder *liner* yang dapat memberikan suatu “timing“ tertentu. Tujuan dari timing adalah, dengan sinkronisasi tepat dari gerakan torak dan penyaluran masuk dari minyak pelumas, penyemprotan tepat pada saat pegas teratas dari torak melewati nipel pelumas. Tujuan utama adalah memasukan sebanyak mungkin dosis minyak pelumas di paket pegas. Pada penentuan saat penyemprotan perlu diperhitungkan kelambatan penyemprotan tertentu. Pada motor Yanmar setiap silinder *liner* dilengkapi dengan sebuah ala pelumasan dengan 6 buah pompa kecil. Poros penegak dari alat pelumas silang dihubungkan dengan poros antar, sedangkan penggerak diawali mulai

penggerak poros nok roda antar melalui sebuah penerus rantai. Frekuensi rotari dari poros adalah setengah dari poro engkol. Pada poros penggerak ditempat nok-nok yang menggerakkan plunyer pompa melalui pembatas langkah. Kedudukan dari nok terhadap kedudukan plunyer di stel oleh pabrik motor diesel. Akhir langkah plunyer dengan demikian akan tetap, pada suatu contoh yang diberikan adalah sebesar 77° . Setelah kedudukan terbawah dari engkol. Awal langkah plunyer, berarti hasil per langkah, dapat diatur untuk masing-masing pompa atau secara bersama-sama untuk dapat diatur untuk penyetelan terpisah digunakan sebuah baut penekan, dengan bantuan sebuah mur setel, nila baut setel diputar lebih dalam, maka bagian bawah dari pembatas langkah akan bergerak kekiri, sehingga langkah plunyer diperkecil.

Bila hasil pompa disetal secara bersama-sama misalnya hasil besar pada waktu mengolah gerak , maka poros harus di putar . Poros ditumpu eksentris, berfungsi sebagai titik putar untuk pembatas langkah. Dengan memutar poros maka pembatas langkah akan bergerak ke kiri atau kekanan dan memperkecil atau memperbesar hasil plunyer. Di sebelah luar dari alat tersebut terdapat tanda 1 sampai 5 untuk menyetel dari poros. Pada motor yang tidak berkerja, pompa-pompa dapat digerakan oleh sebuah poros pengantar melalui sebuah engkol yang digerakan dengan tangan. Plunyer pompa dalam rumah Plunyer menghisap melalui katup tekan dan, kaca lihat dan katup tekanan balik ke titik pelumasan dari silinder. Tempat penyimpanan diisi secara otomatis melalui sebuah klep pelampung dari sebuah tangki penyimpanan lain yang lebih tinggi letaknya. Melalui sebuah tutup dan sebuah saringan sebelah dalam tanki tersebut dapat diisi. Di bagian bawah tangki terdapat sebuah elemen pemanas yang dapat menurunkan viskositas dari minyak pelumas.



Gambar. 5: Sistem Pelumasan

Sumber: www.encyclopedia.britannica.com

2.6 Sistem Pendinginan Silinder Liner

Menurut Maleev, (1986), Mengingat sebagian besar sistem yang ada di atas kapal bekerja secara terus menerus sepanjang daerah operasinya maka tak terhindar dari terjadinya keausan-keausan pada komponen-komponen dari sistem tersebut yang akan menurunkan performa atau kinerja sistem bahkan terjadi suatu kegagalan. Sehingga perlu adanya penelusuran pengaruh-pengaruh dari kegagalan komponen atau item-item individu sesuai dengan *level* sistem. Secara kritisal, item-item khusus dapat dinilai dan tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain atau dengan kata lain mengevaluasi desain sistem dengan melihat bermacam-macam mode kegagalan sistem.

Kegagalan dan perbaikan merupakan hal yang penting dalam memprediksi perilaku dari suatu sistem pada masa yang akan datang. Dengan melakukan evaluasi tingkat kegagalan dan keberhasilan suatu sistem, maka kita dapat memprediksi tingkat kegagalan atau keberhasilan pada perawatan

yang akan datang. Dengan demikian maka perlu adanya suatu usaha pemodelan perawatan agar sistem dapat berfungsi sebagaimana mestinya, Salah satu sistem layanan permesinan yang dipandang perlu dilakukan analisa yang mendalam terhadap keandalannya adalah sistem layanan pendinginan mesin utama. Tujuan sistem pendingin adalah untuk mempertahankan *temperatur* operasi mesin yang paling efisien pada setiap kecepatan dalam segala kondisi.

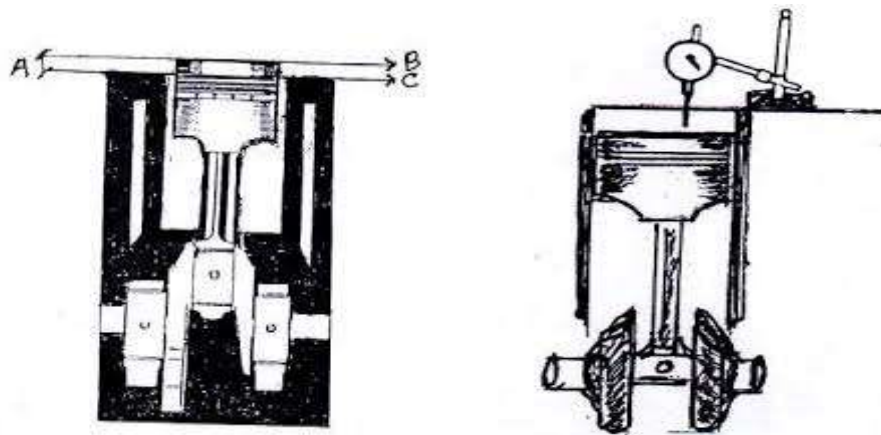
Menurut Maleev(1986) bahwa fluida pendingin menyerap sebagian panas yang dihasilkan oleh pembakaran di dalam silinder sebanyak 15-35%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 25% sampai 35% dari hasil pembakaran merambat ke dalam dinding silinder dan harus dibuang. Oleh sebab itu pembuangan panas melalui sistem pendinginan mesin sangat penting. Namun jika terjadi kegagalan pada sistem pendinginan mesin utama ini, maka akan dikhawatirkan bahwa seluruh kinerja di atas kapal akan mengalami kegagalan dan menurunkan tingkat *efisiensi* dan *availability* dari kapal tersebut.

2.7 Pengukuran Silinder Liner

Pengukuran silinder liner dilakukan bertujuan untuk menganalisa kerusakan pada *Cylinder Block* dengan mekanisme mesin yang terkait. Metode yang digunakan untuk pengukuran adalah metode *Deck Clearance*. Metode ini dikembangkan dari kestabilan nilai *Deck Clearance*, apabila terjadi dari nilai ini. Berdasarkan letak dari ketidak stabilan nilai pengukuran *Deck Clearance* tersebut maka dapat dianalisa komponen mana yang mengalami kerusakan dengan membandingkan data spesifikasi mesin untuk pengecekan yang lebih akurat. Dengan metode pengukuran *Deck Clearance* ini tentunya menghemat waktu analisa kerusakan tanpa harus melakukan pembongkaran mesin terlebih dahulu dan dapat menentukan komponen yang mengalami kerusakan dengan tepat

Istilah dari *Deck Clearance* adalah: Celah antara *Cylinder Top* dengan Mahkota Piston pada saat tepat berada di *Top Dead Center (TDC)* atau disebut juga dengan istilah *Titik Mati Atas (TMA)* . Pergerakan Piston

didalam Cylinder Liner yang ditopang oleh mekanisme Crankshaft dan Connecting Rod yang dimulai dari Cylinder Base dinamakan Bottom Dead Center (BDC) atau disebut juga dengan Titik Mati Bawah (TMB). Pergerakan Piston dari BDC ke TDC dinamakan Stroke atau sebaliknya. Pergerakan mekanisme komponen-komponen mesin didalam Cylinder Block, baik pada saat TDC ke BDC atau sebaliknya dari BDC ke TDC mempunyai nilai ukur yang stabil. Dari kestabilan nilai-nilai itulah yang menjadi dasar dari pengembangan metode pengukuran Deck Clearance untuk menganalisa kerusakan berdasarkan ketidak stabilan dan letak dari ketidak stabilan tersebut. Inilah yang dapat menentukan penyebab dari kerusakan komponen mesin berdasarkan mekanisme kerja mesin, konfigurasi konstruksinya dan data spesifikasi mesin sebagai standart pengukuran komponen mesin.



Gambar 6 : Deck Clearance Negatif dan Positif

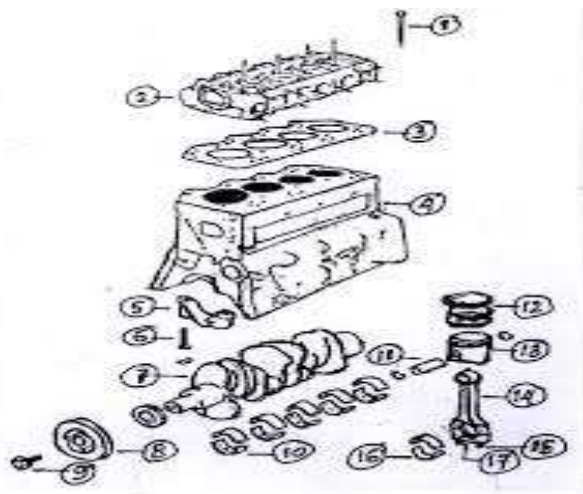
Sumber : Murjadi, Jurnal INTEKNA, hal 212-218 (2013)

Nilai Deck Clearance disini mempunyai angka positif atau negatif tergantung dari konstruksi Combustion Chamber, artinya apabila nilai positif dari Deck Clearance maka posisi Mahkota Piston didalam Cylinder Liner saat TDC, tepat berada dibawah permukaan Top Cylinder sedangkan nilai negatif dari Deck Clearance adalah sebaliknya yaitu Mahkota Piston berada outside dari permukaan Top Cylinder. Konstruksi yang Outside ini jarang ditemui

dalam Internal Combustion Chamber, yang biasa lazim dari nilai Deck Clearance adalah nilai positif atau nilai Nol dimana posisi Mahkota Piston didalam Cylinder liner saat TDC tepat sejajar dengan Top Cylinder.

a. Metode Pengukuran Deck Clearance

Lepas terlebih dahulu Cylinder Head dan lakukan pengecekan kerataan permukaan Cylinder Block kemudian tempatkan Dial Gauge pada permukaan Cylinder Block dengan Magnetic Stand untuk melakukan pengukuran Deck Clearance pada penampang mahkota piston yang berbeda-beda (A-B-C-D). Putar Pulley Bolt searah putaran mesin untuk mendapatkan posisi Piston tepat di TDC dengan pembacaan Dial Gauge, setelah mendapatkan posisi TDC, riset kembali Dial Gauge diangka nol, kemudian berilah penandaan pada Crankshaft Pulley dengan Crankcase mesin sebagai patokan posisi Crankshaft di nol derajat (0°). Untuk mendapatkan nilai Deck Clearance pergunakan Vernier. Caliper dengan ketelitian $1/100\text{mm}$. Pada saat posisi piston tepat di TDC putar kembali Pulley Bolt satu putaran penuh (360°) maka pergerakan Piston dan mekanisme mesin lainnya (Crankshaft-Connecting Rod) bergerak dari TDC ke BDC dan ke TDC kembali untuk mendapatkan kestabilan dari nilai-nilai Deck Clearance.



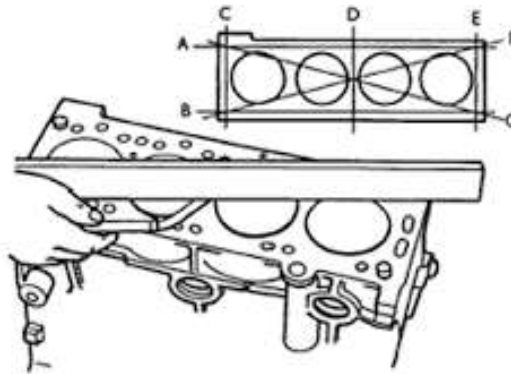
Gambar 7: Kontruksi Mesin DG

Sumber : Murjadi, Jurnal INTEKNA, hal 212-218 (2013)

Keterangan Gambar Komponen Mesin :

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. Cylinder Head Bolt | 10. Crankshaft Bearing |
| 2. Cylinder Head | 11. Piston Pin |
| 3. Cylinder Head Gasket | 12. Piston Ring |
| 4. Cylinder Block | 13. Piston |
| 5. Crankshaft Cap | 14. Connecting Rod |
| 6. Crankshaft Bolt | 15. Connecting Rod Bolt |
| 7. Crankshaft | 16. Connecting Rod Bearing |
| 8. Crankshaft Pulley | 17. Connecting Rod Cap |
| 9. Pulley Bolt | |

Lakukanlan berulang-ulang untuk memastikan kestabilan dari Deck Clearance setelah itu barulah berpindah penempatan pada bidang pengukuran lainnya (A-B-C-D) maka dari hasil pengukuran Deck Clearance tersebut akan didapatkan data kestabilan atau ketidak stabilan dari Deck Clearance berdasarkan penempatan dari Dial Gauge untuk menganalisa kerusakan komponen mesin berdasarkan dari mekanisme kerja mesin dan pengelompokannya. Setelah mendapatkan indikasi dari ketidak stabilan Deck Clearance, barulah dilakukan pembongkaran komponen mesin untuk memastikan kerusakan berdasarkan pembacaan dan penempatan posisi Deck Clearance barulah dilakukan pengukuran komponen-komponen mesin berdasarkan pembanding data spesifikasi komponen mesin. Dari hasil inilah maka didapat analisa kerusakan komponen mesin dengan tepat.

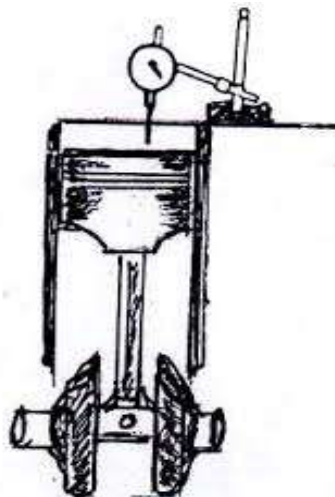


Gambar 8: Kerataan Cylinder Block

Sumber : Murjadi, Jurnal INTEKNA, hal 212-218 (2013)

Pengecekan kerataan permukaan Cylinder Block Bertujuan untuk akurasi penempatan Dial Gauge # Pengecekan dengan Block perata dan Feeler Gauge. Perhatian:

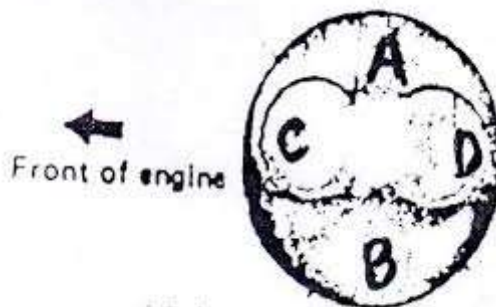
1. Periksa apakah Cylinder Block ada yang retak atau pecah dengan teliti atau gunakan flaw detection. Kalau sudah retak ganti dengan Cylinder Block yang baru.
2. Kalau kelengkungan permukaan Cylinder Block bagian atas melebihi batas yang diperbolehkan maka Cylinder Block harus diganti. # Batas kelengkungan Cylinder Block yang dibolehkan: 0,1mm.



Gambar 9: Pengukuran Deck Clearance Dengan Dial Gauge

Sumber : Murjadi, Jurnal INTEKNA, hal 212-218 (2013)

Dari hasil Percobaan dan Penelitian berbagai kondisi Mesin, baik Normal, mengalami Gangguan maupun mengalami Kerusakan dengan Konfigurasi mesin yang berbeda-beda didapatkan Variabel-variabel data pengukuran Deck Clearance yang Selaras. Toleransi-toleransi pengukuran yang diberikan Sangat kecil sehingga Penyimpangan-penyimpangan yang terjadi dari batasan toleransi Standar Spesifikasi Mekanis mesin yang dikeluarkan oleh Produsen Pabrik pembuat mesin Relative kecil sehingga tidak berpengaruh pada Kinerja mesin dan hal ini dapat diabaikan. Berdasarkan Kerja Mechanical dan Kontruksi yang berbeda maka Analisa kerusakan komponen-komponen mesin mempunyai Factor Kecendrungan Sama pada Kategori Kerusakan, berdasarkan pada Sinyalemen ini maka factor Penempatan Bidang pengukuran Deck Clearance pada permukaan Penampang Mahkota Piston dapat digolongkan pada dua sisi: Melintang (A-B) dan Membujur (C-D). Inilah yang dapat memberikan Indikasi dengan tepat kerusakan Komenen-kompone mesin.



Penempatan Dial Gauge pada Pada penampang Piston (A-B-C-D)

Gambar 10: Penampang Mahkota Piston

Sumber : Murjadi, Jurnal INTEKNA, hal 212-218 (2013)

2.8 Zat Aditif

Zat aditif pada pelumas oli adalah bahan-bahan yang diformulasikan untuk memperbaiki performa oli serta memperpanjang umur mesin dengan

jalan merubah sifat kimia maupun fisika oli (mineral, sintetis, nabati, maupun hewani). Zat aditif menjadi bagian vital bagi pelumas oli terutama dalam penggunaannya pada motor bakar. Tanpa adanya zat aditif ini, pelumas oli akan sangat mudah terkontaminasi, rusak molekulnya, bocor, hingga tidak mampu menjaga mesin untuk bekerja pada rentang temperatur tinggi.

Ada banyak sekali jenis zat aditif dengan fungsi yang berbeda-beda. Berikut adalah zat-zat aditif tersebut yang telah kami kelompokkan berdasarkan fungsi pencampurannya ke dalam pelumas oli.

a. Memperbaiki Koefisien Gesekan

Zat aditif jenis pertama berfungsi untuk memperbaiki nilai koefisien gesekan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar mesin. Struktur kristal zat aditif jenis ini tersusun atas lapisan-lapisan molekul yang sangat mudah bergeser satu sama lain, sehingga akan menghasilkan pelumas dengan koefisien gesek rendah. Zat aditif yang umum digunakan sebagai pengatur koefisien gesek oli antara lain adalah molibdenum desulfida, boron nitrida, tungsten desulfida, serta polytetrafluoroethylene.

b. Aditif Anti Keausan

Aditif anti keausan berfungsi untuk mencegah kontak *metal-to-metal* antara komponen mesin pada saat lapisan film pelumasan rusak. Dengan menggunakan aditif ini akan didapatkan umur mesin yang lebih panjang karena nilai ketahanan aus yang meningkat. Cara kerja aditif ini adalah dengan jalan bereaksi dengan sebagian kecil molekul metal di permukaan komponen untuk membentuk lapisan film yang dapat bergeser dalam permukaan gesek. Zat aditif untuk meningkatkan ketahanan terhadap keausan antara lain adalah *zinc dithiophosphate* (ZDP), *zinc dialkyldithiophosphate* (ZDDP), dan *tricresylphosphate* (TCP)

c. Aditif Extreme-Pressure

Zat aditif extreme pressure (EP) memiliki fungsi yang mirip dengan aditif anti-keausan, yaitu untuk mencegah terjadinya kontak metal-to-metal namun diutamakan pada saat kondisi tekanan tinggi. Mekanismenya adalah dengan jalan membentuk lapisan film dari reaksi antara zat aditif

dengan molekul permukaan komponen mesin. Lapisan film ini bersifat sangat kuat dan tidak mudah rusak pada beban kerja tinggi, sehingga kontak metal-to-metal dapat selalu dihindari. Material yang dapat berfungsi sebagai zat aditif extreme pressure yaitu parafin terklorinasi, lemak tersulfurisasi, ester, zinc dialkyldithiophosphate, dan molibdenum disulfida

d. Aditif Anti Korosi

Aditif dengan fungsi untuk menghambat terjadinya korosi di permukaan komponen ini, dilakukan dengan jalan membentuk lapisan film khusus pada permukaan logam komponen. Lapisan film tersebut juga aktif melindungi komponen dari serangan oksigen (oksidasi), air, serta zat kimia aktif lainnya. Material dengan kemampuan aditif tersebut antara lain adalah senyawa alkalin, asam organik, ester, serta turunan asam amino

e. Anti Oksida

Oli mineral dapat bereaksi dengan oksigen dalam udara dan membentuk asam organik. Produk dari reaksi oksidasi tersebut meningkatkan viskositas oli, membentuk endapan dan vernis, memicu korosi, serta busa. Anti-oksidan bertugas untuk menghambat terjadinya oksidasi oli. Material-material yang dapat dijadikan sebagai anti-oksidan antara lain adalah zinc dithiophosphate, alkyl sulfides, aromatic sulfides, aromatic amines, dan hindered phenols.

f. Deterjen

Oli yang bekerja untuk sebuah mesin motor bakar akan mudah tercemar oleh asam kuat seperti sulfur dan *nitric* sebagai hasil sampingan dari proses pembakaran. Asam-asam kuat tersebut tentu berbahaya terhadap umur mesin jika tidak ditanggulangi dengan baik. Zat aditif deterjen ditambahkan ke dalam oli sebagai penetralisir asam kuat tersebut, dan menyingkirkan hasil netralisasi dari permukaan komponen mesin. Deterjen juga membentuk lapisan film di permukaan komponen untuk mencegah menempelnya kerak di permukaan komponen. Bahan-bahan aditif deterjen antara lain adalah *phenolates*, *sulphonates* dan *phosphonates* dari elemen alkali dan alkali-tanah, seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na) atau barium (Ba).

g. Dispersan

Aditif dispersan ditambahkan ke dalam pelumas oli berfungsi untuk menjaga partikel-partikel asing yang masuk bercampur dengan oli agar terus terpisah satu sama lain sehingga tidak terbentuk endapan pengotor. Partikel-partikel asing tersebut dapat berupa lumpur, vernis, debu, hasil oksidasi, air, dan lain sebagainya. Hidrokarbon rantai panjang suksinimida seperti suksinimida poliisobutilena digunakan sebagai bahan dispersan pelumas oli.

h. Depresan *Pour-Point*

Pour-Point adalah titik temperatur terendah dimana oli masih dapat mengalir. Kristal lilin terbentuk dari oli mineral pada temperatur rendah, dan menurunkan fluiditas oli. Depresan *pour-point* menghalangi terbentuknya serta terkumpulnya partikel lilin sehingga dapat menjaga “kecairan” oli pada temperatur rendah. Zat aditif ini didapatkan dari ko-polimer polialkil metakrilat.

i. Aditif untuk Memperbaiki Indeks Viskositas

Viskositas oli secara drastis akan turun pada temperatur tinggi. Viskositas rendah akan menurunkan kemampuan oli untuk melubrikasi sistem yang ada. Zat aditif khusus ditambahkan untuk menjaga viskositas oli di level yang diijinkan oleh mesin, sehingga lapisan film oli tetap terjaga sekalipun berada pada temperatur ekstrim. Aditif khusus ini mampu menjaga viskositas oli, terutama oli *multigrade*, untuk menghadapi temperatur rendah maupun tinggi. Polimer akrilat menjadi bahan yang paling umum digunakan sebagai aditif khusus ini.

j. *Anti-Foaming Agent*

Pelumas oli yang bekerja pada mesin seperti motor bakar, kompresor, *gearbox*, tidak akan luput dari gerakan mengaduk. Secara alami gerakan mengaduk ini akan mengaerasi oli pelumas, sehingga dapat menimbulkan gelembung-gelembung udara dan bahkan busa. Busa tersebut tidak hanya akan memicu oksidasi oli, namun juga akan menurunkan efek lubrikasi oli. Dimetilsilikon menjadi bahan yang paling umum digunakan sebagai zat aditif *anti-foaming agent*.