

ANALISIS KEAUSAN PADA DINDING SILINDER

Samsudi Raharjo, Rubiyanto,JP

ABSTRAKSI

Gerakan naik turunnya suatu piston pada dinding silinder sebuah motor bakar lama – kelamaan menjadi lebih longgar yang mengakibatkan kemampuan mesin menurun, perubahan ukuran dimensi akibat gesekan disebut keausan.

Keausan dalam motor bakar adalah bagian ruang bakar mesin motor bakar yang penting karena silinder merupakan tempat terjadinya pembakaran bahan bakar dengan udara dan juga alur gerak bolak – balik piston. Akibat gerakan tersebut akan terjadi gesekan antara silinder dan cincin piston yang menyebabkan keausan pada dinding silinder.

Keausan tersebut mengakibatkan ukuran silinder menjadi besar sehingga penyekatan ruang bakar menjadi kurang bahkan menjadi bocor. Adapun yang menyebabkan keausan tersebut adalah karena gesekan, panas dan tekanan.

Oleh karena itu seorang mekanik motor bakar harus selalu mengadakan perawatan yang teratur dan disesuaikan kemampuan jam kerja agar hal – hal yang dikhawatirkan tidak akan terjadi, dengan demikian umur mesin akan lebih awet.

Kata kunci : silinder, gesekan, panas dan tekanan.

PENDAHULUAN

Silinder adalah bagian dari ruang bakar yang digunakan untuk proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara. Pada saat kompresi dan pembakaran akan menghasilkan tekanan gas yang tinggi, maka diusahakan tidak terjadi kebocoran pada ruang bakar tersebut, sehingga dapat menghasilkan tenaga gerak mesin yang optimal. Bila mesin digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama, dinding silinder sedikit demi sedikit akan mengalami keausan. Hal ini akan menimbulkan penambahan kelonggaran antara torak dan silinder, serta menyebabkan kebocoran gas, tekanan kompresi berkurang dan tenaga yang dihasilkan juga berkurang. Agar keausan silinder tidak terlalu banyak maka diupayakan bahan yang digunakan tahan aus dan juga tahan terhadap panas. Juga diusahakan perawatan yang teratur menyangkut pelumasan dan pendinginan menggunakan media yang sesuai.

DASAR TEORI

Proses pembakaran pada motor bakar terjadi akibat pemampatan bahan bakar di dalam silinder sehingga menaikkan suhu bahan bakar tekan dalam ruang bakar, kemudian disemprotkan bahan bakar ke dalam silinder yang bertekanan tinggi dan udara panas. Setelah bahan bakar bersentuhan dengan udara udara panas atau loncatan bunga api maka terjadilah proses pembakaran. Proses pembakaran bahan bakar ini menimbulkan temperatur dan tekanan di dalam silinder menjadi sangat tinggi dan gas pembakaran mampu

mendorong piston dengan tenaga yang besar sehingga terjadi gesekan pada dinding silinder oleh cincin pada piston. Pemasangan cincin piston pada silinder harus selalu menekan dinding silinder dengan gaya pegasnya. Hal ini menambah besarnya gaya gesek cincin terhadap dinding silinder. Peningkatan temperatur yang terjadi pada ruang bakar menyebabkan terjadinya pemuaian material cincin – piston dan lebih lanjut mengadakan tekanan ke dinding silinder. Hal ini juga menyumbang besarnya gaya gesek terhadap dinding silinder.

Kekasaran permukaan bidang kontak antara dinding piston dengan silinder dan dengan adanya gaya gesek yang besar, menyebabkan keausan pada dinding silinder semakin mudah. Material silinder memiliki sifat getas, lunak dan tidak tahan panas akan mudah keausan dinding silinder. Pemilihan bahan silinder sangat diawasi karena silinder memegang peranan penting lancarnya gerakan piston.

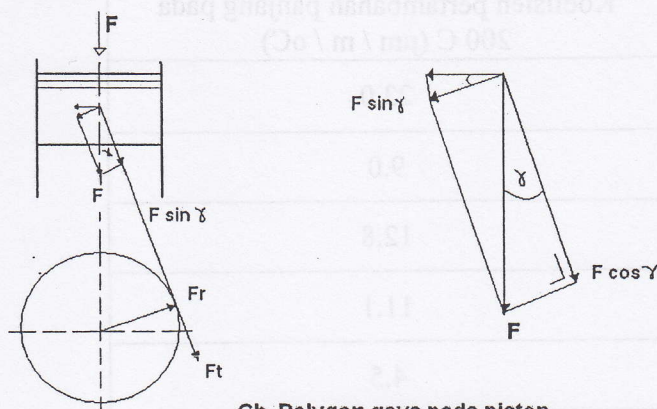
Analisis Gaya

a) Gaya yang terjadi akibat adanya pembakaran dalam ruang bakar (F)

Tekanan hasil pembakaran pada ruang bakar akan mendorong piston dengan gaya (F). Besar gaya adalah hasil kali tekanan (P_z) akibat pembakaran yang kemudian mendorong penampang piston (A). Gaya ini akan terurai menjadi gaya keliling (F_t) pada poros engkol dan gaya yang menekan dinding ($F \sin \gamma$) sebagaimana pada gambar 3. gaya tekan dinding yang diuraikan tegak lurus sumbu silinder sebesar $F \cdot \sin \gamma \cos \gamma$, gaya ini akan direaksi oleh dinding silinder dengan besar yang sama dan arahnya berlawanan, kemudian disebut gaya normal.

$$F_N = F_x \sin \alpha \times \cos \alpha$$

Gaya normal ini sebagai penentu besarnya gaya gesek pada dinding silinder.



Gb. Polygon gaya pada piston

b) Gaya Akibat Pemasangan Awal

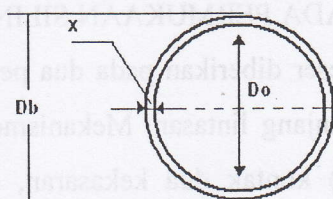
Pada pemasangan awal cincin – piston terjadi pengecilan diameter cincin piston bebas (D_b), kemudian cincin piston berusaha untuk kembali ke posisi cincin – piston bebas. Hal ini cincin – piston berusaha menekan dinding silinder sebagai perapat gas dalam ruang bakar. Besarnya perubahan pegas dari kondisi bebas ke kondisi terpasang (x) sebagai,

$$x = \frac{(D_b - D_s)}{2} \dots\dots\dots [2]$$

dimana, D_b merupakan diameter bebas cincin piston dan D_s adalah diameter silinder. Gaya tekan (F_s) cincin – piston kedinidng silinder akibat pemasangan awal adalah $F_s = k_p \cdot x$, dimana k_p nilai konstanta pegas dari cincin-piston.

c) Gaya Akibat Pengaruh Panas

Material cincin-piston yang terkena panas akan terjadi pemuaian yang dominan kearah memanjang (melingkar). Pertambahan panjang cincin-piston adalah $\Delta l = l_0 \lambda \Delta t$, dimana l_0 panjang awal cincin-piston, λ koefisien pertambahan panjang dan Δt perubahan temperatur.



Gb. Cincin bebas dan terpasang

Logam	Koefisien pertambahan panjang pada 200 C ($\mu\text{m} / \text{m} / \text{oC}$)
Aluminium	23.0
Cast Iron	9.0
Nikel	12.8
Steel C15	11.1
Tungsten	4.5

Besarnya gaya akibat termal dapat dicari dari rumus tegangan yaitu,

$$\sigma = E \cdot \epsilon \dots\dots\dots[3]$$

$$\frac{F_t}{A} = E \cdot \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \dots\dots\dots[4]$$

$$F_t = \frac{E \ell_0 \lambda \Delta t}{\ell_0} = E \cdot \lambda \cdot \Delta t \dots\dots\dots[5]$$

Dimana, E modulus elastis bahan cincin-piston.

d) Gaya gesek pada cincin dengan dinding silinder (F_{gesek})

Kekasaran permukaan antara bidang kontak dinding silinder dengan cincin-piston merupakan penghambat gerakan piston, gaya penghambat pada cincin piston ini dinamakan gaya gesek (F_{gesek}).

$$F_{\text{gesek}} = \mu \times N \dots\dots\dots[6]$$

Dimana gaya tekan dinding merupakan penjumlahan akibat pembakaran bahan bakar, pemasangan awal dan perubahan temperatur cincin-piston ($N = F_N + F_s + F_t$).

Besarnya gaya gesek juga ditentukan oleh tingkat kekasaran (keausan) permukaan, yang besarnya dapat ditunjukkan seperti pada tabel 2.

VOLUME KEAUSAN PADA PERMUKAAN SILINDER (V)

Bila suatu gaya-geser diberikan pada dua permukaan material akan menyebabkan keausan permukaan sepanjang lintasan. Mekanisme keausan adesif dapat dilihat seperti pada gambar berikut, (a) kontak dua kekasaran, (b) adesi antara dua kekasaran dan (c) pembentukan partikel keausan.

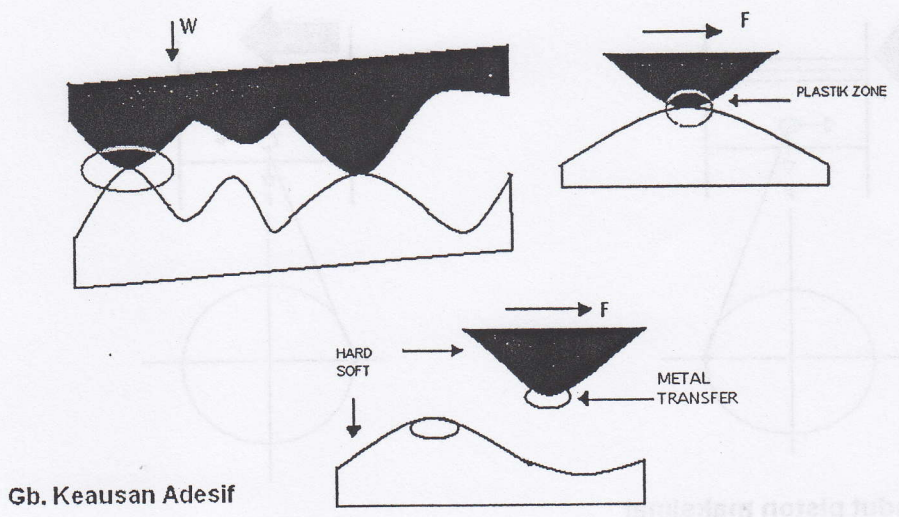
Volume material yang aus dari permukaan (v) adalah,

$$V = K \frac{L \times W}{3 \times P} \dots\dots\dots[7]$$

Dimana, k adalah koefisien keausan seperti pada table 2, L = langkah piston (mm), W = gaya normal (kgf), p = tekanan pada dinding silinder (kg/mm²).

Table 2. Koefisien gesek

Proses Proses	Koefisien Gesek (μ)	
	<i>Cold</i>	<i>Hot</i>
<i>Rolling</i>	0.05÷0.1	0.2÷0.7
<i>Forging</i>	0.05÷0.1	0.1÷0.2
<i>Drawing</i>	0.03÷0.1	-
<i>Sheet-metal Forming</i>	0.05÷0.1	0.1÷0.2
<i>Machining</i>	0.5÷2	



Gb. Keausan Adesif

Mekanisme Friction :

$$A = W/H$$

$$F = SA$$

$$F = SW/H$$

$$\mu = S/H$$

$$H = \tau \cdot \sigma$$

$$S = \tau_y = \sigma_y/\sqrt{3}$$

$$S = \text{Tegangan geser}$$

$$H = \text{Kekerasan}$$

$$F = SA$$

$$A = W/H$$

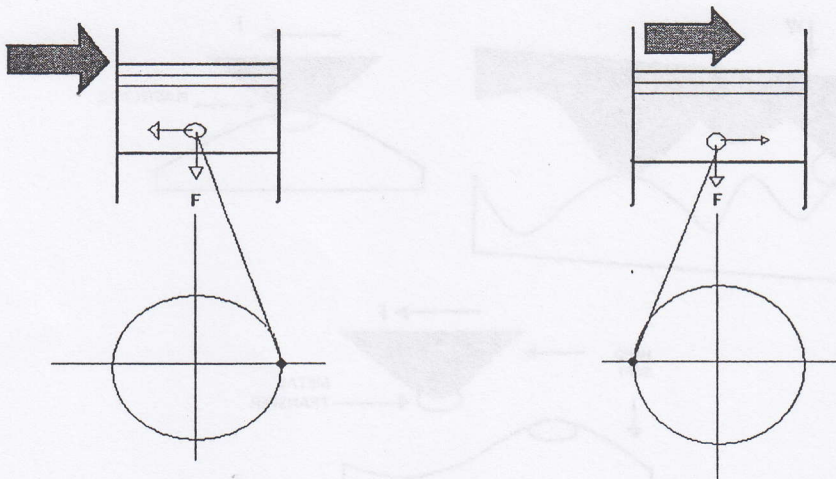
Jadi $F = \tau \cdot A$

Tabel 3. Nilai k Koefisien Keausan Pada Permukaan

Mild steel on mild steel	$10^{-2} \div 10^{-3}$	52100 steel on 52100steel	$10^{-7} \div 10^{-10}$
60-40 brass on hardened tool steel	10^{-3}	Aluminium bronze on hardened steel	10^{-4}
Hardened steel on hardened steel	10^{-4}	Hardened tool steel on hardened tool steel	10^{-5}
Polytetrafluoroethy (PTFE) on tool steel	10^{-5}		
Tungsten carbide on mild steel	10^{-4}		

POSISI KEAUSAN

Keausan yang paling banyak pada dinding silinder oleh cincin torak terjadi di antaranya langkah torak atau $\frac{1}{2}$ langkah torak. Karena besar sudut antara *connecting rod* dan sumbu silinder juga mempengaruhi. Apabila sudut yang dibentuk oleh *connecting rod* dengan sumbu silinder kecil maka keausan yang terjadi pada dinding silinder akan kecil, apabila sudut yang dibentuk besar maka keausan pada dinding silinder besar pula.



Gb. Sudut piston maksimal

PEMILIHAN BAHAN SILINDER LINER

Keausan *silinder liner* diperparah oleh pemakaian material bermutu rendah yaitu jumlah komposisi material tersebut yang memiliki ketahanan aus rendah sangat besar. Dalam penggunaan sebaiknya dipakai bahan besi cor kelabu dimana mengandung unsure

besi (Fe = 92,95%), silicon (Si = 2,339%), karbon (C = 3,108%) dan mangan (Mn = 0,938%) yang merupakan unsure utama pada besi tuang kelabu.

Penambahan silicon pada besi cor akan memperoleh sifat encer (*fluidity*) dan sedikit getas. Mangan yang dipadukan akan menambahkan sifat kekuatan pada besi cor. Besi cor ini memiliki kelebihan agak getas, kekuatan tarik rendah, kekuatannya tekan tinggi dan mempunyai mampu cor sangat baik serta murah dan paling banyak dipergunakan untuk benda – benda coran. Apabila bahan silinder terbuat dari bahan dibawah persyaratan yang ditentukan untuk pemakaian ruang bakar, maka kemungkinan cepat aus besar sekali.

KESIMPULAN

Dari uraian telah dijelaskan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Panas yang berlebihan karena kurangnya perawatan akan mempengaruhi perubahan dimensi.
2. Frekuensi terjadinya tekanan dalam silinder juga mempengaruhi perubahan dimensi pada dinding silinder.
3. Besar koefisien keausan dan gaya normal juga mempengaruhi besarnya volume kerusakan pada permukaan pada dinding silinder.
4. Besar sudut yang dibentuk *connecting rod* dengan sumbu dinding silinder akan mempengaruhi gaya normal pada dinding silinder apabila sudut yang dibentuk kecil gaya normal yang terjadi kecil, apabila sudut yang dibentuk besar maka gaya normalnya juga besar.
5. Gaya F mengakibatkan gaya bidang miring pada sisi silinder yang disebut sisi kerja bergesekan dengan cincin pada piston. Maka pada sisi kerja pada silinder tersebut terjadi kerusakan terbesar.

REFERENSI

- Khovakh M, 1979, *Motor Vehicle Engine*, Moscow
- Khurmi, 1984, *Machine Design*, Eurasia Publishing House Ltd, New Delhi.
- Maleev V.L, 1985, *Internal Combustion*, Mc Graw Hill, California.
- Petrovsky N, 1978, *Marine Internal Combustion Engines*, Mir Publishers, Moscow