

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN SOAL	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTI SARI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR/GRAFIK	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI/LAMBANG	xviii
DAFTAR FAKTOR KONVERSI	xxix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Klasifikasi Mesin	2
1.2.1 Klasifikasi Dasar	2
1.2.2 Klasifikasi Subkategori	2
1.3 Prinsip Kerja Motor 4-Langkah	8
1.4 Kecepatan dan Kontrol Beban pada Motor Bensin	11
1.5 Siklus Motor Bensin	12
1.5.1 Siklus Ideal Motor Bensin	13
1.5.2 Siklus Aktual Motor Bensin	15
1.6 Kerja Motor Bensin	17



BAB II DASAR – DASAR PERENCANAAN	20
2.1 Parameter-Parameter Perencanaan	20
2.2 Penambahan Kalor Pada Volume Konstan	23
2.3 Reaksi Kimia Pembakaran Udara-Bahan Bakar	25
2.3.1 Nilai Kalor Pembakaran	30
2.3.2 Perubahan Volume Pembakaran	32
2.4 Kerja Tiap Siklus	34
2.4.1 Langkah Isap	37
2.4.2 Langkah Kompresi	42
2.4.3 Proses pembakaran	44
2.4.4 Proses Ekspansi dan Pembuangan	51
2.5 Karakteristik Daya dan Kerja Siklus	52
BAB III DIMENSI UTAMA DAN SPESIFIKASI MESIN	58
3.1 Dimensi Utama Mesin	58
3.2 Spesifikasi Mesin	59
BAB IV PISTON DAN PERLENGKAPANNYA	60
4.1 Piston	60
4.1.1 Dimensi Piston	61
4.1.2 Tegangan yang Bekerja pada Piston	63
4.1.3 Bahan Piston	68
4.2 Cincin Kompresi dan Cincin Pengatur Minyak Pelumas (oli)	68
4.2.1 Dimensi Cincin Kompresi dan Cincin Pengatur Minyak Pelumas (oli)	69
4.2.2 Tegangan yang Bekerja pada Cincin Kompresi dan Cincin Pengatur Minyak Pelumas (oli)	71
4.2.3 Bahan Cincin Kompresi dan Cincin Pengatur Minyak Pelumas (oli)	76
4.3 Pena Piston	77
4.3.1 Dimensi Pena Piston	77



4.3.2	Tegangan yang Bekerja pada Pena Piston	78
4.3.3	Bahan Pena Piston	80
4.4	Silinder dan Kepala Silinder	81
4.4.1	Dimensi Silinder dan Kepala Silinder	82
4.4.2	Tegangan yang Bekerja pada Silinder dan Kepala Silinder	84
4.4.3	Bahan Silinder dan Perlengkapannya	84
BAB V BATANG PENGHUBUNG (CONNECTING ROD)		85
5.1	Dimensi Batang Penghubung	85
5.1.1	Ujung Kecil Batang Penghubung (Connecting Rod Small End)	85
5.1.2	Rangka Batang Penghubung (Connecting Rod Shell)	87
5.1.3	Ujung Besar Batang Penghubung (Connecting Rod Big End)	88
5.1.4	Baut Batang Penghubung (Connecting Rod Bolts)	89
5.2	Kekuatan Bagian-bagian Batang Penghubung	90
5.2.1	Ujung Kecil Batang Penghubung	90
5.2.2	Rangka Batang Penghubung	96
5.2.3	Baut Batang Penghubung	100
5.3	Bahan Bagian-bagian Batang Penghubung	101
BAB VI POROS ENKOL		103
6.1	Ukuran Utama dan Konstruksi Poros Engkol	103
6.2	Gaya dan Tegangan yang Bekerja pada Poros Engkol	106
6.2.1	Kinematika dan Dinamika Putaran Engkol	107
6.2.2	Gaya dan Tegangan yang Bekerja pada Engkol	113
6.2.3	Gaya dan Tegangan yang Bekerja pada Journal Utama	118
6.2.4	Gaya dan Tegangan yang Bekerja pada Pena Engkol	120
6.2.5	Gaya dan Tegangan yang Bekerja pada Webs	123
6.3	Roda Gaya (Fly Wheel)	126
6.3.1	Dimensi Utama Roda Gaya	126



6.3.2	Gaya dan Tegangan yang Bekerja pada Roda Gaya	127
6.4	Bahan Poros Engkol	129
6.5	Getaran Torsional Sistem Poros Engkol	130
BAB VII KATUP DAN MEKANISMENYA		132
7.1	Konstruksi dan Dimensi Utama Mekanisme Katup	132
7.1.1	Konstruksi	132
7.1.2	Dimensi Utama Mekanisme Katup	135
7.2	Luas Lahan Katup Isap dan Kecepatan Isap	138
7.3	Kinematika Mekanisme Katup	140
7.3.1	Poros Cam	140
7.3.2	Tappet	142
7.3.3	Pegas Katup	144
7.4	Bahan Mekanisme Katup	149
BAB VIII KARBURATOR		150
8.1	Dimensi Utama dan Konstruksi Karburator	151
8.1.1	Aliran Udara Sepanjang Saluran Isap	151
8.1.2	Aliran keluar bahan Bakar	154
8.2	Alat-alat Bantu dan Sistem Karburator	155
8.2.1	Sistem Idle	155
8.2.2	Economizer	157
8.2.3	Pompa Percepatan	158
8.2.4	Starting System (Sistem Pengawalan)	160
BAB IX PELUMASAN DAN BANTALAN		162
9.1	Estimasi Beban pada Bantalan	162
9.2	Sistem Pelumasan	167
9.3	Pompa Oli	170



9.4	Saringan Oli (Oil Filter)	174
BAB X SISTEM PENDINGINAN		
10.1	Sistem Pendinginan Air	176
10.2	Radiator dan Panas Terbuang	179
10.3	Pompa air Pendingin	186
10.4	Kipas	188
BAB XI SISTEM PENGAPIAN DAN BATERAI		
11.1	Sistem Pengawalan (Starting System)	191
11.2	Komponen Sistem Baterai	192
11.2.1	Spark Coil	193
11.2.2	Ballast Coil	194
11.2.3	Interruptor atau Breaker	196
11.2.4	Distributor	197
11.2.5	Condensor	197
BAB XII PENUTUP		
DAFTAR PUSTAKA		200
LAMPIRAN		201

DAFTAR GAMBAR/GRAFIK

- Gbr. 1-1 : Klasifikasi mesin berdasarkan pengaturan silinder
Gbr. 1-2 : Overhead (I-head) valve engine
Gbr. 1-3 : Underhead L-head) valve engine
Gbr. 1-4 : Jenis-jenis mesin menurut letak saluran
Gbr. 1-5 : Siklus motor bensin 4-langkah
Gbr. 1-6 : Geometri dasar dari mesin torak pembakaran dalam
Gbr. 1-7 : Bagian-bagian dari sebuah karburator
Gbr. 1-8 : Diagram $P-V$ dari siklus ideal motor bensin dengan pembakaran pada volume konstan
Gbr. 1-9 : Grafik $P-V$ perbandingan antara siklus dengan siklus udara-bahan bakar
Gbr. 1-10 : Urutan pada siklus pada mesin bensin 4-langkah
Gbr. 2-1 : Siklus sebuah mesin torak dengan penambahan kalor pada Volume konstan
Gbr. 2-2 : Hubungan tekanan rata-rata siklus (P_{cyc}) dengan kenaikan tekanan (λ) untuk rasio kompresi (rc) yang berbeda
Gbr. 2-3 : Batas koefisien udara berlebih (α) dihubungkan dengan beban
Gbr. 2-4 : Diagram indikator motor bensin 4-langkah dalam koordinat $P-V$
Gbr. 2-5 : Proses pertukaran gas pada motor bensin 4-langkah
Gbr. 2-6 : Garis pembakaran pada diagram indikator motor bensin
Gbr. 2-7 : Proses ekspansi pada motor bensin
Gbr. 4-1 : Bentuk piston dari motor bensin
Gbr. 4-2 : Dimensi piston
Gbr. 4-3 : Gaya pada mahkota piston
Gbr. 4-4 : Tekanan piston pada posisi TDC
Gbr. 4-5 : Rancangan cincin piston dan cincin pengatur oli
Gbr. 4-6 : Distribusi tekanan radial dari cincin piston serta bentuk ring piston pada kondisi operasi
Gbr. 4-7 : Wet liner
Gbr. 5-1 : Rancangan ujung kecil batang penghubung
Gbr. 5-2 : Rancangan batang penghubung
Gbr. 5-3 : Rancangan baut batang penghubung
Gbr. 5-4 : Diagram beban tarik, tegangan tarik, beban kompresi, dan tegangan kompresi
Gbr. 5-5 : Selisih perbedaan jarak garis sumbu (e'_2 dan e'_1) pada batang penghubung
Gbr. 6-1 : Poros engkol
Gbr. 6-2 : Diagram engkol
Gbr. 6-3 : Gaya akibat tekanan gas; gaya inersia yang bekerja pada mekanisme engkol
Gbr. 6-4 : sistem reduksi mekanisme engkol



- Gbr. 7-1 : Tappet silindris tipe *mushroom*
- Gbr. 7-2 : Desain mekanisme katup
- Gbr. 7-3 : Dimensi katup dan kedudukan katup
- Gbr. 7-4 : Profil cam
- Gbr. 7-5 : Langkah pengangkatan *flat-faced tappet*.
- Gbr. 7-6 : Gerakan mekanisme katup

- Gbr. 8-1 : Diagram bagian-bagian karburator
- Gbr. 8-2 : Diagram perubahan tekanan sepanjang saluran udara masuk dan saluran masuk, serta diagram formasi lapis campuran.
- Gbr. 8-3 : Aliran bahan bakar melalui karburator
- Gbr. 8-4 : Diagram hubungan antara koefisien *discharged* μ_d dan μ_j dengan perubahan Δp_d di dalam *diffuser*
- Gbr. 8-5 : Diagram sistem idle dan karakteristik karburator dengan kompensasi komposisi campuran menurut operasi karakteristik beban.
- Gbr. 8-6 : Economizer sistem penggerak mekanis
- Gbr. 8-7 : Diagram pompa percepatan dengan penggerak mekanis
- Gbr. 8-8 : Diagram choke dari karburator, choke open (a) dan choke closed (b)
- Gbr. 9-1 : Perubahan tekanan hidrodinamika pada lapisan pelumas untuk tekanan rata-rata bervariasi.
- Gbr. 9-2 : Diagram tekanan hidrodinamika lapisan pelumas dalam bantalan
- Gbr. 9-3 : Wet-sumps Lubrication System
- Gbr. 9-4 : Pompa oli (gear pump single section)
- Gbr. 9-5 : Papers surface action filters
- Gbr. 10-1 : Sistem pendinginan
- Gbr. 10-2 : Diagram sistem pendinginan
- Gbr. 10-3 : Desain radiator
- Gbr. 10-4 : Grafik antara koefisien perpindahan panas (C_h) dengan kecepatan massa udara (kecepatan air = $0,4 \text{ m/dt}$) untuk radiator dengan pengaturan tabung bervariasi
- Gbr. 10-5 : Pompa air sentrifugal
- Gbr. 11-1 : Diagram sistem baterai
- Gbr. 11-2 : Impuls arus primer dan sekunder

DAFTAR TABEL

- Tabel 2-1 : Tipe desain dan data operasi untuk mesin pembakaran dalam
Tabel 2-2 : Komposisi elementer dan karakteristik bahan bakar petrol dan diesel
Tabel 2-3 : Parameter-parameter dari proses kompresi motor bakar
Tabel 2-4 : Kapasitas kalor molar rata-rata gas (μ_{C_v}) pada volume konstan
Tabel 2-5 : Energi dalam dari hasil pembakaran (U)
Tabel 2-6 : Energi dalam dari beberapa gas (U)
Tabel 2-7 : Koefisien A dan B untuk berbagai tipe mesin
Tabel 4-1 : Parameter perancangan cincin piston motor bensin
Tabel 4-2 : Hasil perhitungan tekanan yang terdistribusi melalui sekeliling kedua cincin kompresi dan cincin pengatur minyak pelumas (diambil sudut ϕ tertentu)
Tabel 4-3 : Harga vector-radius variabel cincin kompresi (ρ_{com}) dan cincin oli (ρ_{oli})
Tabel 5-1 : Hasil perhitungan harga-harga $M_1, N_1, M_2, N_2, \sigma_{ex.i}$ dan $\sigma_{int.i}$
Tabel 5-2 : Hasil perhitungan harga-harga $M_1, N_1, M_2, N_2, \sigma_{ex.com}$ dan $\sigma_{int.com}$
Tabel 6-1 : Dimensi relatif pena engkol dan journal utama
Tabel 6-2 : Spesifikasi bahan poros engkol
Tabel 6-3 : Posisi perjalanan piston dalam persentase langkah piston untuk $\lambda = 0,25$
Tabel 6-4 : Nilai-nilai sinus, cosinus dan $\tan \phi$ dan β untuk $\lambda = 0,25$
Tabel 6-5 : Hasil perhitungan $v_p, a_p, \omega_{rod}, \varepsilon$ ($n = 5000 \text{ rpm}$), $\lambda = 0,25$, $\omega = 522,5 \text{ 1/dt}$, $k = 0$, firing order 1-3-4-2
Tabel 6-6 : Desain massa bagian-bagian engkol untuk tiap unit luas piston (A_p)
Tabel 6-7 : Hasil perhitungan gaya dan tegangan mekanisme engkol untuk tiap unit luasan piston dihitung pada kondisi daya maksimum 67 kW ($n = 5000 \text{ rpm}$), $\lambda = 0,25$, $\omega = 522,5 \text{ 1/dt}$, firing order 1-3-4-2.
Tabel 6-8 : Hasil perhitungan torsi pada journal utama dan pena engkol untuk tiap unit luasan piston dihitung pada kondisi daya maksimum 67 kW ($n = 5000 \text{ rpm}$), $\lambda = 0,25$, $\omega = 522,5 \text{ 1/dt}$, firing order 1-3-4-2.
Tabel 6-9 : Hasil perhitungan gaya dan moment yang bekerja pada webs untuk tiap unit luasan piston dihitung pada kondisi daya maksimum 67 kW ($n = 5000 \text{ rpm}$), $\lambda = 0,25$, $\omega = 522,5 \text{ 1/dt}$, firing order 1-3-4-2.
Tabel 7-1 : Harga k untuk nilai nilai $\frac{d_{spr}}{\delta}$ tertentu
Tabel 9-1 : Tekanan maksimum dan rata-rata pena engkol pada motor bensin
Tabel 9-2 : Kapasitas spesifik untuk mesin-mesin tertentu
Tabel 9-3 : Jumlah oli yang dipompa untuk tipe-tipe mesin tertentu
Tabel 9-4 : Dimensi *external gear* pada pompa oli
Tabel 10-1 : Kuantitas panas q_w yang dibuang oleh sistem pendinginan air
Tabel 10-2 : Parameter desain kipas aliran aksial

DAFTAR NOTASI/LAMBANG

BAB I

- C_p : Panas jenis pada tekanan konstan
 C_v : Panas jenis pada volume konstan
 P : Tekanan
 Q_{in} : Masukan kalor
 Q_{out} : Keluaran kalor
 rc : Perbandingan kompresi (compression ratio)
 T : Temperatur
 V : Volume
 V_c : Volume sisa (Clearance volume)
 V_d : Volume sapuan (displacement)
 W_c : Kerja kompresi
 W_e : Kerja ekspansi
 γ : Rasio panas jenis
 η_t : Efisiensi Thermal

BAB II

- v_{is} : Kecepatan rata-rata selama proses isap pada katup atau saluran pembilasan
 v_{in} : Kecepatan udara menuju sistem pengisapan
 ξ_z : Koefisien pemanfaatan kalor
 a_{is} : Luas laluan katup
 ψ_{sc} : Bagian volume yang hilang untuk pertukaran gas
 ρ_a : Densitas campuran di dalam silinder
 ρ_m : Densitas campuran pada saat pemasukan
 τ : Jumlah stroke dalam satu siklus
 $v_{p\max}$: Kecepatan maksimum piston
 v_{cyl} : Kecepatan rata-rata udara melintasi silinder
 H_a : Ketinggian datum dari sumbu katup isap
 H_m : Ketinggian datum dari sumbu sistem isap
 ξ_{is} : Koefisien tahanan sistem isap
 γ : Eksponen rata-rata adiabatik untuk hasil pembakaran campuran udara-bahan bakar
 ω : Kecepatan sudut
 λ : Koefisien peningkatan tekanan dengan penambahan kalor pada volume konstan
 β : Koefisien penurunan kecepatan campuran pada saat melintasi silinder
 λ : Perbandingan radius engkol R dengan panjang batang penghubung l_{rod}



- β : Karakteristik bahan bakar
 μ : Koefisien aktual perubahan molar
 χ : Koefisien perubahan molekul teoritis
 φ : Koefisien temperatur akhir pengisapan
 α : Koefisien udara berlebih
 $(\Delta H)_{chem}$: Kalor pembakaran kimia berlangsung tidak sempurna
 μ_f : Massa molekuler rata-rata bahan bakar
 ΔM : Kenaikan volume pembakaran
 η_r : Efisiensi relatif
 η_{sc} : Koefisien pembilasan
 η_t : Efisiensi siklus teoritis
 ΔT : Perubahan temperatur
 η_v : Koefisien pengisapan (efisiensi masukan)
 R : Konstanta udara
 $(\mu_{cv})_{com}$: Kalor jenis campuran baru pada temperatur t_{com}
 $(\mu_{cv})'_{com}$: Kalor jenis hasil pembakaran dihitung pada akhir proses kompresi
 A : Koefisien
 a, A : Jumlah udara yang ikut terbakar bersama bahan bakar dalam kg dan kmole
 A_p : Luas area piston
 a_{th} : Jumlah udara teoritis (kg)
 A_{th} : Jumlah udara teoritis (kmole)
 D : Diameter silinder
 G_1 : Besar massa campuran
 G_2 : Jumlah hasil pembakaran
 g_b : Konsumsi bahan bakar spesifik efektif
 g_h : Konsumsi bahan bakar per jam
 g_i : Konsumsi bahan bakar spesifik indikasi
 H_h : Higher Heating Value
 H_l : Lower Heating Value
 H_{mix} : Nilai kalor pembakaran keseluruhan campuran udara-bahan bakar
 K : Rasio antara jumlah mol H_2 dengan jumlah mol CO
 M_1 : Jumlah total campuran yang dapat terbakar yang mengandung uap bahan bakar dan udara
 M_2 : Jumlah total hasil pembakaran
 M_{res} : Sisa hasil pembakaran di dalam silinder
 M_{res} : Jumlah gas sisa pembakaran
 n : Kecepatan putaran
 n_1 : Eksponen politropik rata-rata
 n_2 : Diasumsikan eksponen politropik ekspansi
 N_b : Daya efektif (brake power)
 N_i : Daya Indikasi



- N_I : Daya efektif (brake power) per liter volume kerja silinder
 N_{mech} : Daya yang dikeluarkan untuk rugi-rugi mekanis
 P_a : Tekanan akhir proses isap
 P_a : Tekanan mula-mula siklus (tekanan masuk)
 P_{com} : Tekanan akhir kompresi
 P_{cyc} : Tekanan rata-rata siklus
 P_{in} : Tekanan pemasukan
 P_o : Tekanan atmosfer
 P_{res} : Tegangan gas sisa
 R : Radius engkol
 rc : Rasio kompresi actual
 R_u : Konstanta gas universal
 r_{vap} : Panas laten penguapan
 S : Piston stroke
 T_a : Temperatur akhir proses isap
 T_b : Torsi efektif (brake power)
 T_{com} : Temperatur akhir kompresi
 T_i : Torsi indikasi
 T_{in} : Temperatur pemasukan
 T_{mech} : Torsi rugi-rugi mekanis
 T_o : Temperatur udara atmosfer
 T_{res} : Temperatur gas sisa
 U'_{com} : Energi dalam hasil pembakaran dihitung pada akhir langkah kompresi
 U_{com} : Energi dalam untuk campuran baru pada akhir proses kompresi
 V_h : Volume sapuan (displacement)
 V_h' : Volume kerja tertentu
 v_p : Kecepatan rata-rata piston
 V_{sc} : Volume pembilasan
 W : Kadar kelembapan
 W_i : Kerja mekanis
 γ_{res} : Koefisien gas sisa
 η_i : Efisiensi indikasi
 μ_{ih} : Koefisien perubahan molar teoritis

BAB IV

- a : Jarak dari titik pusat gravitasi sampai titik pusat mahkota
 a : Panjang permukaan *bearing* di dalam batang penghubung ujung kecil
 b : Lebar cincin
 bb : Jarak antara *boss*
 D_1 : Diameter dalam *liner*
 D_1 : Diameter mahkota piston atau diameter *skirt*
 D_2 : Diameter pengecilan oleh ΔD dan D
 d_{ex} : Diameter luar pena



- D_i : Diameter rata-rata mahkota piston
 d_{int} : Diameter dalam pena
 e : Angka keseimbangan relatif (eksentrisitas)
 E : Modulus elastisitas bahan
 f : Faktor koreksi
 F_{cg} : Gaya yang terkonsentrasi pada pusat gravitasi pada permukaan luasan mahkota
 F_i : Gaya inersia
 F_l : Gaya lateral
 F_p : Gaya yang bekerja pada permukaan mahkota piston
 F_s : Gaya maksimum yang bekerja di dalam silinder
 h : Tinggi *top land*
 H : Tinggi piston
 H_1 : Jarak antara dasar piston dengan sumbu pena
 h_1 : Tinggi dinding antara dua ring piston pertama
 H_2 : Tinggi *skirt*
 h_{cr} : Tebal mahkota piston
 L_{cent} : Jarak antara titik pusat silinder
 l_{pp} : Panjang pena
 m : Masa konstruksi
 m : Koefisien yang tergantung pada kesesuaian cincin terhadap piston
 M'_b : Moment reaksi yang timbul pada titik pusat gravitasi
 M'_b : Moment lengkung akibat gaya F_{cg}
 M_b : Resultant momen lengkung
 n : Faktor keselamatan baut
 n_c : Faktor keselamatan siklus
 P_{av} : Tekanan cincin rata-rata
 $P_{max.}$: Tekanan cincin pada celah
 $q_{max.}$: Tekanan maksimum relatif pada celah
 R_1 : Radius dalam *liner*
 R_2 : Radius luar *liner*
 r_m : Radius rata-rata cincin
 s : Lebar celah cincin
 t : Ketebalan radial cincin
 t_h : Tebal dinding penyangga (dasar kepala silinder)
 t_{wj} : Tebal dinding selubung pendingin air
 W : Modulus penampang
 X, Y : Koefisien
 α : Koefisien ekspansi linier
 Δd_{max} : Deformasi diametrik dengan ovalisasi pada bagian tengah pena
 ρ : Vektor-radius variabel
 σ_1 : Besarnya tegangan maksimum cincin ke silinder
 σ_2 : Besarnya tegangan maksimum cincin ke piston



- σ_b : Tegangan lengkung
 $\sigma_c = \sigma_t$: tegangan termal
 σ_{max} : Tegangan maksimum
 σ_{pr} : Tegangan pretensi akibat gas pembakaran
 σ_{sum} : Tegangan total
 σ_t : Tegangan karena beban thermal

BAB V

- a : Panjang ujung kecil
 A_0 : Luas penampang melintang minimum baut
 A_{0th} : Luas penampang melintang minimum dengan diameter ulir dalam
 A_{bush} : Luas penampang melintang bushing
 A_{end} : Luas penampang melintang ujung kecil
 A_{min} : Luas penampang melintang pada bagian rangka batang penghubung terkecil
 A_p : Luasan piston
 d : Diameter nominal pena
 d_1 : Diameter dalam bushing, diameter luar pena
 d_{cp} : Diameter pena engkol
 D_{end} : Diameter luar ujung kecil
 E_{bush} : Modulus elastisitas bushing
 E_{rod} : Modulus elastisitas batang penghubung
 f' : Koefisien ketidakseragaman tegangan kompresi
 f'' : Koefisien ketidakseragaman tegangan tarik
 F_i : Gaya inersia bagian yang bergerak maju mundur
 F_{ip} : Gaya inersia piston
 h : Tebal dinding ujung kecil
 k_f : Kedalaman flens
 l_f : Lebar flens
 M, N : Moment dan gaya normal
 M_1 : Moment lengkung
 M_o : Moment
 $n_{ir.max}$: Kecepatan idle maksimum
 N_o : Gaya normal
 r : Lebar rangka terkecil
 t : Tebal rangka
 t : Temperatur batang penghubung dan bushing
 t_b : Tebal radial dinding bushing
 t_{cr} : Tebal dinding rangka batang penghubung
 x : Rasio
 y : Tebal dinding flens
 α_{bush} : Koefisien ekspansi linier bahan bushing
 α_{rod} : Koefisien ekspansi linier bahan ujung kecil
 Δ : Clearance antara pena dan bushing



- Δ_{cp} : Clearance diametris pada bearing ujung besar
 μ : Poisson ratio
 σ_d : Tegangan dinamik
 σ_m : Tegangan rata-rata siklus
 σ_v : Tegangan variabel
 χ : Koefisien penentuan beban dasar sambungan ulir

BAB VI

- σ_{Σ} : Tegangan normal total
 a : Jarak pusat pena engkol dengan pusat journal utama
 a : Perlambatan putaran roda gaya
 a : Tebal rim roda gaya
 a : Displacement bidang perjalanan sumbu pena piston dari sumbu poros engkol
 A_{cw} : Luas penampang melintang webs
 a_p : Percepatan piston
 b : Lebar webs
 D : Diameter luar rim roda gaya
 D : Diameter silinder
 d_{cp} : Diameter pena engkol
 d_{ex} : Diameter luar hub
 d_{in} : Diameter dalam hub
 d_{mj} : Diameter journal utama
 d_{mj} : Diameter journal utama
 F : Gaya untuk menimbulkan moment M_b
 F : Gaya mula-mula
 F_c : Gaya sentrifugal
 F_i : Gaya inersia akibat gerak *reciprocating* (maju-mundur)
 F_k : Gaya yang bekerja pada sepanjang sumbu batang penghubung
 F_n : Gaya normal
 F_{nc} : Komponen gaya normal total
 F_r : Gaya inersia akibat rotasi
 F_{Rcr} : Reaksi penyangga pada bidang pena engkol
 F_{Rcr} : Reaksi penyangga pada bidang pena engkol
 F_{RFt} : Gaya reaksi dari F_t
 F_{Rrod} : Gaya sentrifugal batang penghubung terhadap putaran engkol
 F_t : Gaya tangensial
 h : Tebal webs
 i : Jumlah lengan
 k : Angka periodik per putaran
 k : Radius girasi
 l : Piston stroke
 L_{cent} : Jarak antar sumbu silinder
 l_{cp} : Panjang pena engkol



- l_h : Panjang hub
 l_{mj} : Panjang journal utama
 l_{rod} : Panjang batang penghubung
 M : Moment lengkung maksimum
 m_{cr} : Massa engkol pada sisi pena engkol
 M_{cw} : Moment webs
 M_e : Moment elastis
 m_i : Massa inersia
 m_p : Massa piston
 m_r : Massa reduksi engkol
 $m_{rod.cr}$: Massa batang penghubung sebelah engkol
 $m_{rod.pp}$: Massa batang penghubung
 p : Tekanan maksimum gas di dalam piston
 s : Perjalanan piston
 S_{en} : Tegangan lengkung
 S_u : Kekuatan maksimum
 t : Waktu yang dibutuhkan untuk menghentikan putaran mesin
 v : Kecepatan roda gaya
 v : Kecepatan rim roda gaya
 v : Kecepatan poros engkol
 v_p : Kecepatan piston
 w : Berat spesifik rim
 W : Berat rim
 $W_{tor.mj}$: Modulus penampang journal
 W_{ocp} : Modulus penampang pena engkol yang menerima beban lengkung.
 W_{ocw} : Modulus penampang webs yang menerima gaya lengkung
 W_{tcp} : Modulus penampang pena engkol yang menerima torsi
 z : Modulus penampang lengan
 β : Sudut antara batang penghubung dengan sumbu silinder
 ϵ : Percepatan sudut batang penghubung
 λ, k : Koefisien atau parameter non-dimensional
 σ_s : Tegangan tarik yang bekerja pada penampang rim
 σ_s : Tegangan yang bekerja pada lengan
 $\tau_{max} \tau_{min}$: Tegangan tangensial maksimum dan minimum
 ϕ : Sudut perjalanan engkol dihitung dari sumbu silinder searah jarum jam rotasi poros engkol
 ω : Kecepatan sudut rotasi poros engkol
 ω_{rod} : Kecepatan sudut batang penghubung

BAB VII

- δ : Diameter kawat pegas
 A_t : Luas permukaan samping *tappet* yang menerima beban
 a_t : Percepatan angkatan *tappet*
 A_v : Luas laluan bukaan katup
 b : Lebar permukaan bantalan *tappet*
 b : Lebar dudukan katup
 D_2 : Diameter terbesar dudukan katup
 d_1 : Diameter kepala minimum
 d_2 : Diameter kepala maksimum
 $d_{bu.ex}$: Diameter luar *bush* katup buang
 $d_{bu.in}$: Diameter luar *bush* katup isap
 d_{cam} : Diameter poros cam
 D_{ex} : Diameter luar pegas
 d_{ex} : Diameter stem katup buang
 D_{int} : Diameter dalam pegas
 d_{md} : Diameter *disk* (lempengan)
 $d_{si.ex}$: Diameter luar material sisipan
 d_{sin} : Diameter stem katup isap
 d_t : Diameter *tappet*
 $d_{thr.in}$: Diameter relatif leher katup isap
 $d_{thr.out}$: Diameter relatif leher katup buang
 d_{thr} : Diameter relatif leher katup (valve throat)
 E_{cam}, E_i : Modulus elastisitas material cam dan *tappet*
 F_{gt} : Gaya tekanan gas pada *tappet*
 F_{gv} : Gaya tekanan gas pada katup
 F_{it} : Gaya inersia massa *reciprocating* berkurang terhadap sumbu *tappet*
 F_{iv} : Gaya inersia massa *reciprocating* berkurang terhadap sumbu katup
 f_{max} : Deformasi total
 F_R : Gaya reaksi pada *support* (penyangga)
 $\omega_{nat.}$: Frekuensi sudut dari getaran alami pegas
 F_{spr} : Gaya pegas
 F_t, F_{gt} : Gaya pada *tappet*
 h_1 : Tinggi punggung kepala katup
 h_{is} : Tinggi material sisipan
 h_t : angkatan katup
 h_t : Tinggi total kepala katup
 h_v : Pengangkatan katup
 i_{ac} : Jumlah coil yang aktif pada pegas
 i_r : Rasio *double-arm rockers*



- I_r : Moment inersia *rockers*
- i_{tot} : Jumlah total coil
- k : Faktor distribusi tegangan tak seragam
-
- v_{in1} : Kecepatan rata-rata gas *incompressible* pada leher katup
-
- v_{in2} : Kecepatan rata-rata pada penampang melintang dudukan katup pada angkatan katup penuh
-
- v_{in3} : Kecepatan rata-rata yang ditentukan melalui area integral melalui dudukan katup
- $l_{bu.ex}$: Panjang *bush* katup buang
- $l_{bu.in}$: Panjang *bush* katup isap
- l_{fr} : Panjang bebas pegas
- l_{min} : Panjang minimum kompresi
- l_i : Panjang *tappet*
- m_{pu} : Massa *push rod*
- m_{spr} : Massa pegas
- m_t : Massa *tappet*
- m_v : Massa katup
- $n_{ir.max}$: Kecepatan *idle* maksimum
- n_{ic} : Kecepatan ketika *tappet* tidak kontak dengan cam
- n_r : Kecepatan rata-rata
- P_a : Tekanan selama langkah isap
- P_{res} : Tegangan gas pada saluran buang
-
- $v_{\mu in3}$: Rata-rata kecepatan isap
- r_{md} : Radius *disk* (lempengan)
- r_{min} : Radius minimum *tappet disk* (lempengan *tappet*)
- v_i : Kecepatan angkatan *tappet*
- θ : Sudut dudukan katup
- ρ : Radius *curvature tappet*
- ρ_l : Radius *curvature cam*
- ρ_1 : Radius busur *flank*
- ρ_{bc} : Radius lingkaran dasar
- ρ_n : Radius busur *cam nose*
- ρ_{rp} : Radius cam
- T : Tegangan tangensial
- φ : Sudut

BAB VIII

- a_d : Percepatan di *diffuser*
 A_x : Luas penampang melintang
 d : Diameter jets
 G_{air} : Jumlah aliran udara melalui saluran isap
 l : Panjang jets
 v_d : Kecepatan masuk *diffuser*
 v_x : Kecepatan udara pada penampang
 μ_d : Koefisien *discharged diffuser*
 μ_j : Koefisien *discharged jets*
 ρ_x : Densitas udara pada penampang

BAB IX

- b : Panjang gigi
 b : Panjang gigi atau tinggi rotor
 C : Koefisien hantaran oli
 d : Diameter journal atau pena engkol
 D : Diameter poros
 D_b : Diameter bearing
 $d_{exl, dintl}$: Diameter addendum dan dedendum roda gigi pompa
 d_{sh} : Diameter poros
 e : Eksentrisitas
 ω : Kecepatan sudut poros
 χ : Eksentrisitas relatif
 f_{br} : Faktor ketahanan bearing
 h : Clearance
 h_{cr} : Ketebalan kritis
 i_b : Total jumlah bantalan pena engkol dan bantalan journal utama
 n_p : Kecepatan poros pompa pada kecepatan poros engkol
 n_r : Kecepatan putaran poros engkol
 ν_d : Viskositas pelumas
 V_p : Keluaran pompa keseluruhan
 η_{p1} : koefisien volumetric hantaran oli

BAB X

- a : Lebar tabung radiator
 A_f : Luas muka radiator
 A_{tot} : Luas permukaan buangan panas radiator
 b : Tebal tabung radiator



- C_h : Koefisien perpindahan kalor
 c_w : Panas jenis air
 D_{bl} : Diameter kipas
 f_{bl} : Faktor bentuk sudu
 G_f : Konsumsi bahan bakar
 H_l : Nilai kalor pembakaran
 l_{rad} : Kedalaman radiator
 n_{fan} : Kecepatan kipas
 N_{fan} : Tenaga untuk menggerakkan kipas
 Q_{des} : Jumlah panas yang dirancang untuk radiator
 Q_f : Jumlah panas yang masuk ke dalam mesin bersama bahan bakar
 Q_{rad} : Panas yang diterima radiator
 Q_w : Jumlah panas yang diterima oleh air pendingin
 $t_{a.in}, t_{a.out}$: Temperatur udara pada saluran masuk dan saluran keluar radiator
 $t_{a,m}$: Temperatur rata-rata udara yang melalui radiator
 t_{amb} : Temperatur ambient
 t_d : Kedalaman pitch radiator
 t_f : Jarak *pitch* radiator
 t_{fin} : Jarak sirip radiator
 t_l : Tebal sirip
 $t_{w.in}, t_{w.out}$: Temperatur air pada saluran masuk dan saluran keluar radiator
 $t_{w,m}$: Temperatur rata-rata air pendingin
 u : Kecepatan rancangan sudu kipas
 v_{air} : Kecepatan rata-rata udara
 v_{air} : Kecepatan aliran udara pada temperatur Δt_a
 V_{fan} : Keluaran kipas
 V_{rad} : Volume radiator
 V_w : Kapasitas sirkulasi air
 α_1 : Koefisien perpindahan kalor dari air pendingin ke dinding tabung
 α_1 : Koefisien perpindahan kalor dari dinding tabung ke udara
 δ : Tebal dinding tabung radiator
 Δp_{path} : Ketahanan laluan aliran udara
 Δt_a : Temperatur udara yang mengalami pemanasan di dalam radiator
 Δt_f : Temperatur udara yang dipanasi ketika melewati pendingin pelumas
 Δt_w : Penurunan temperatur air di dalam radiator
 $\Delta t_{w,a}$: Perbedaan temperatur antara temperatur rata-rata air pendingin yang
 η_{fan} : Efisiensi kipas
 λ : Koefisien konduktivitas panas
 ξ : Koefisien Maka
 ρ_{air} : Panas jenis udara pada permukaan radiator pada temperatur Δt_a
 ρ_w : Densitas air
 ϕ_{rad} : Koefisien kekompakan volumetrik radiator

DAFTAR FAKTOR KONVERSI

PANJANG

$$1 \text{ m} = 3,280840 \text{ ft} = 39,37008 \text{ in.} = 10^{10} \text{ angstrom}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m} = 12 \text{ in.}$$

$$1 \text{ in.} = 0,0254 \text{ m}$$

$$1 \text{ U.S.mile} = 1609,344 \text{ m} = 5280 \text{ ft}$$

MASSA

$$1 \text{ kg} = 2,204623 \text{ lb} = 0,06852177 \text{ slug} = 10^{-3} \text{ metric ton}$$

$$1 \text{ lb} = 453,59237 \text{ gr} = 16 \text{ oz} = 7000 \text{ grain}$$

$$1 \text{ slug} = 14,59390 \text{ kg} = 32,1740 \text{ lb}$$

$$1 \text{ ton} = 2000 \text{ lb} = 0,9071847 \text{ metric ton}$$

WAKTU

$$1 \text{ hr} = 3600 \text{ s} = 60 \text{ min.}$$

PERCEPATAN

$$g = 9,80665 \text{ m/s}^2 = 32,17405 \text{ ft/s}^2$$

$$1 \text{ ft/s}^2 = 0,3048 \text{ m/s}^2$$

GAYA

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyne} = 0,1019716 \text{ kgf} = 0,2248089 \text{ lbf}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,80665 \text{ N} = 1 \text{ kilopond force} = 2,204623 \text{ lbf}$$

$$1 \text{ lbf} = 4,4482216152605 \text{ N} = 16 \text{ oz} = 10^{-3} \text{ kip}$$

TEKANAN

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2 = 1,01325 \text{ bar} = 14,69595 \text{ lbf/in}^2 = 1,033227 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ atm} = 29,92129 \text{ inHg} (32^\circ\text{F}) = 76 \text{ cmHg} (0^\circ\text{C}) = 33,93615 \text{ ft H}_2\text{O} (60^\circ\text{F})$$

$$1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dyne/cm}^2 = 14,50377 \text{ lbf/in}^2 = 1,019716 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 14,22334 \text{ lbf/in}^2 = 735,5592 \text{ mmHg} (0^\circ\text{C}) (\text{torr})$$

$$1 \text{ lbf/in}^2 = 2,036023 \text{ inHg} (32^\circ\text{F}) = 2,309218 \text{ ftH}_2\text{O} (60^\circ\text{F})$$

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg} (0^\circ\text{C})$$

TEMPERATUR

$$^\circ\text{K} = ^\circ\text{C} + 273,15$$

$$^\circ\text{R} = ^\circ\text{F} + 459,67$$

$$^\circ\text{F} = 1,8^\circ\text{C} + 32$$

$$^\circ\text{R} = 1,8^\circ\text{K}$$



ENERGI

$$1 \text{ J} = 1 \text{ mN} = 10^7 \text{ erg} = 0,999835 \text{ int J} = 0,1019716 \text{ mkgf} = 0,7375622 \text{ ftlbf}$$

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J} = 0,9993312 \text{ IT cal} = 0,003965667 \text{ IT Btu} = 3,08596 \text{ ftlbf}$$

$$1 \text{ IT cal} = 4,1868 \text{ J} = 1,000669 \text{ cal} = 0,003968321 \text{ IT Btu} = 3,088025 \text{ ftlbf}$$

$$1 \text{ IT Btu} = 1055,056 \text{ J} = 251,9958 \text{ IT cal} = 252,1644 \text{ cal} = 778,1693 \text{ ftlbf}$$

$$= 10,41259 \text{ lt. Atm}$$

$$1 \text{ ft lbf} = 1,355818 \text{ J} = 0,3240483 \text{ cal} = 0,001285067 \text{ IT Btu} = 0,1382549 \text{ kgfm}$$

$$1 \text{ kWhr} = 3600000 \text{ J} = 3412,142 \text{ IT Btu} = 1,341022 \text{ HP hr} = 2655224 \text{ ft lbf}$$

$$1 \text{ HP hr} = 1980000 \text{ ft lbf} = 2684519 \text{ J} = 2544,433 \text{ IT Btu}$$

TENAGA

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ mN/s} = 10^7 \text{ erg/s}$$

$$1 \text{ cal/s} = 4,184 \text{ W} = 3,08596 \text{ ft lbf/s} = 0,426649 \text{ m kgf/s}$$

$$1 \text{ m kgf/s} = 9,80665 \text{ W} = 7,23298 \text{ ft lbf/s}$$

$$1 \text{ HP (mech)} = 745,69987 \text{ W} = 550 \text{ ft lbf/s} = 33000 \text{ ft lbf/min}$$

$$= 2544,433 \text{ IT Btu/hr} = 1,01387 \text{ HP (metric)} = 0,999598 \text{ HP (elect)}$$

$$1 \text{ HP (elect)} = 746 \text{ W} = 1,00040 \text{ HP (mech)} = 1,01428 \text{ HP (metric)}$$

$$1 \text{ HP (metric)} = 735,499 \text{ W} = 75 \text{ m kgf/s} = 542,476 \text{ ft lbf/s}$$

$$1 \text{ HP (boiler)} = 13,1548 \text{ HP (mech)}$$

KECEPATAN

$$1 \text{ ft/s} = 0,3048 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ U.S mile/hr} = 0,44704 \text{ m/s} = 1,609344 \text{ km/hr} = 0,8689762 \text{ knot}$$

$$= 1,466667 \text{ ft/s}$$

LUAS

$$1 \text{ in}^2 = 6,4516 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ ft}^2 = 929,0304 \text{ cm}^2$$

DENSITAS

$$1 \text{ gr/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3 = 0,03612728 \text{ lb/in}^3 = 62,42795 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 8,345403 \text{ lb/gal (US)}$$

$$1 \text{ slug/ft}^3 = 32,1740 \text{ lb/ft}^3 = 0,515379 \text{ gr/cm}^3$$

VOLUME

$$1 \text{ lt} = 0,001 \text{ m}^3 = 1000 \text{ cm}^3 = 61,02375 \text{ in}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 1728 \text{ in}^3 = 28316,85 \text{ cm}^3 = 6,22889 \text{ gal (British)} = 7,48052 \text{ gal (US)}$$

$$1 \text{ gal (US)} = 231 \text{ in}^3 = 0,83267 \text{ gal (Canada)}$$