

POMPA DAN AKTUATOR HIDROLIK

2

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TGL.	: 30 JUL 1997
SUMBER / HARGA	: H /
KOLEKSI	: K
NO. INVENTARIS	: 1367/K/97-1002
KLASIFIKASI	: 621.25 HAS A

Oleh :

Drs. Hasanuddin, MS
Dosen FPTK IKIP Padang



FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PADANG

1996

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Puji Syukur dipanjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa berkat atas rahmat dan KaruniaNya penulis telah berhasil menyelesaikan buku Pompa dan Aktuator Hidrolik ini.

Sesuai dengan judulnya, buku ini membicarakan perihal peralatan dan komponen Sistem Hidrolik yang meliputi: Pompa Hidrolik, Katup Hidrolik, Silinder dan Motor Hidrolik.

Penulis menyadari akan kekurangan dan ketidaksempurnaan buku ini, baik dalam hal pemakaian bahasa maupun uraian materinya yang belum lengkap atau hal-hal lainnya. Oleh sebab itu kritik dan saran demi perbaikan dan peningkatan mutunya dimasa datang sangat diharapkan.

Meskipun demikian, mudah-mudahan tulisan ini sedikit banyak dapat mencapai sasarannya yaitu membantu mereka yang berminat mempelajari Sistem-sistem Tenaga Hidrolik, terutama yang berhubungan dengan bidang atau permasalahan Pompa dan Aktuator sistem tersebut.

Sebagai akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada Saudara Drs. Ambiyar, M. Pd yang telah berkenan memberi sumbang saran dan koreksi, sehingga buku ini dapat terwujud sebagaimana adanya.

Padang, Juli 1996

Penulis,

DAFTAR ISI

BAB	HALAMAN
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
I. POMPA HIDROLIK	1
A. Pengantar	1
B. Teori Pompa dan Prinsip Pemindahan	3
C. Istilah-istilah Tekanan Dalam Pompa	7
D. Jenis-Jenis Pompa Hidrolik	11
1. Pompa Pemindahan Positif	12
2. Pompa Pemindahan Non Positif	57
E. Karakteristik dan Faktor-Faktor Pemilihan Pompa	72
F. Soal-soal	81
II. KATUP HIDROLIK	83
A. Pengantar	83
B. Katup-katup Pengontrol Tekanan	84
C. Katup Pengontrol Arah Aliran	98
D. Katup Pengontrol Volume Aliran	114
E. Soal-soal	123
III. SILINDER HIDROLIK	124
A. Pengantar	124
B. Silinder Hidrolik Kerja Tunggal	125

C. Silinder Hidrolik Kerja Ganda	128
D. Menghitung Besar Gaya dan Ukuran Utama Silinder	130
E. Silinder Hidrolik Jenis Vane	141
F. Perlengkapan Pengereman Silinder Hidrolik	143
G. Soal-soal	153
IV. MOTOR HIDROLIK	153
A. Pengantar	153
B. Jenis-jenis Motor Hidrolik	154
C. Menentukan Karakteristik Motor Hidrolik	167
D. Soal-soal	173

DAFTAR KEPUSTAKAAN

BAB I

POMPA HIDROLIK

A. Pengantar

Pompa Hidrolik merupakan jantungnya suatu sistem hidrolik yang berfungsi untuk membangkitkan aliran dan menyalurkan fluida ke seluruh rangkaian pemipaan dan komponen sistem. Dengan kata lain memindahkan fluida yang diambil (diisap) dari sebuah reservoir ke dalam rangkaian sistem hidrolik dan kemudian mengalirkannya kembali ke reservoir. Sesuai dengan fungsinya tersebut, maka pompa yang digunakan untuk memindahkan (mengalirkan) zat cair disebut sebagai pompa hidrolik.

Istilah hidrolik itu sendiri pada mulanya diartikan sebagai lapangan ilmu yang mempelajari tentang zat cair (air) yang bergerak. Akan tetapi dewasa ini hidrolik juga berarti ilmu pengetahuan mengenai tekanan dan aliran zat cair dimana zat cair yang bergerak tersebut ditambah dengan kemampuan untuk melakukan kerja. Dalam pengertian yang luas hidrolik juga diartikan sebagai zat cair selain dari air seperti, minyak bumi dan minyak sintetis yang disebut sebagai cairan (fluida hidrolik) pada sistem-sistem hidrolik mesin.

Jadi, pompa hidrolik berarti sebuah pompa untuk menggerakkan atau memindahkan fluida hidrolik dan

menyebabkannya dapat melakukan kerja atau sebuah pompa yang dapat mengubah tenaga mekanik (mesin) menjadi tenaga hidrolik (tekanan fluida).

Besar energi yang dimasukkan ke dalam ataupun dimiliki fluida akibat pemompaan ditentukan oleh volume fluida yang dapat dihasilkan serta intensitas tekanan pada saat pemindahan berlangsung.

$$\text{Energi Total} = \text{Tekanan} \times \text{Volume}$$

$$= \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas}} \times \text{Luas} \times \text{Langkah}$$

$$= \text{Gaya} \times \text{Langkah}$$

atau

$$E_{tot} = F \times s$$

N-m

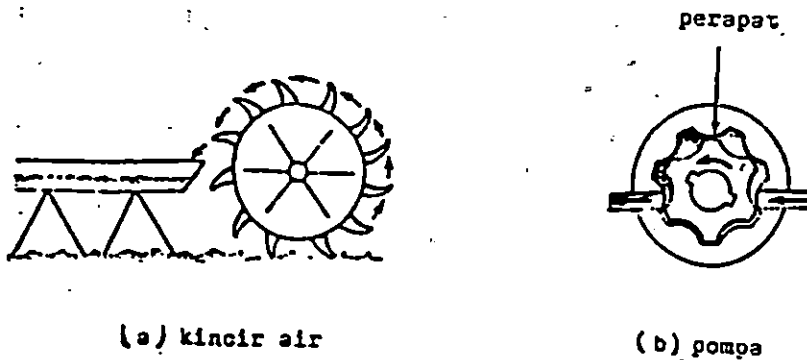
Energi yang dihasilkan pompa ini merupakan sumber masukan (input) bagi keseluruhan energi yang dibutuhkan di dalam sistem hidrolik. Jumlah energi tersebut harus sama dengan besar energi yang dikeluarkan atau digunakan oleh aktuator sistem yaitu, motor dan selinder hidrolik jika semua kerugian yang terjadi diabaikan. Di dalam prakteknya, jumlah energi yang diberikan oleh pompa pada aliran fluida selalu melebihi dari jumlah energi yang harus dibutuhkan untuk tenaga motor dan selinder hidrolik tersebut karena adanya kerugian gesekan dan panas yang timbul di dalam sistem. Oleh karena itu sebaiknya di dalam memilih pompa yang akan dipergunakan sebagai pompa tenaga fluida (hidrolik).

perlu diperhatikan beberapa hal pokok seperti, tekanan, debit, putaran dan tenaga yang disediakan, efisiensi, biaya, perawatan, suara pompa, getaran, frekuensi, dan sifat aliran pompa.

B. Teori Pompa dan Prinsip Pemindahan

Pada umumnya semua jenis pompa berfungsi untuk menimbulkan aliran pada zat cair, dan bekerja berdasarkan prinsip pemindahan, yaitu mengambil (mengisap) serta memindahkan (mengalirkan) zat cair dari suatu tempat ke tempat yang lainnya. Pemindahan ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, prinsip pemindahan non-positif dan pemindahan positif (Deere, 1982).

Pada gambar 1-1 diperlihatkan perbandingan antara kedua prinsip tersebut. Kincir air tradisional dalam gambar 1-1 (a) memperlihatkan cara pemindahan dengan prinsip non-positif dimana secara sederhana kincir mengambil air dan memindahkannya ke suatu tempat penampungan tanpa mendorongnya. Akan tetapi sebuah pompa hidrolik pada gambar 1-1 (b) bekerja dengan prinsip pemindahan positif dimana pompa tidak hanya berfungsi sebagai pembangkit aliran terhadap fluida malahan juga sekaligus mendorongnya. Fluida diisap melalui saluran masuknya dan diteruskan ke ruang gigi pompa dan selanjutnya didorong (ditekan) selagi fluida tersebut masih bergerak. Sewaktu mengalir ke saluran pengeluarannya fluida tersebut tertahan sehingga tidak berbalik



sumber : *Hydraulics* : Deere,
Moline, 1982

Gambar 1-1. Prinsip Pemindahan Non-Positif dan Positif.

kembali ke saluran masuknya. Prinsip penutupan atau penghambatan ini merupakan bagian yang positif dari pemindahan yang dilakukan. Tanpa prinsip demikian fluida tidak akan dapat mengalir ke bagian-bagian yang lainnya di dalam sistem hidrolik mesin (Deere, 1982).

Pompa-pompa dengan pemindahan non-positif biasanya banyak digunakan pada sistem-sistem hidrolik bertekanan rendah dan tidak lebih dari 37,5 MPa seperti pompa untuk sistem pendinginan air dan alat-alat penyemprot hama dalam bidang pertanian. Sedangkan pompa-pompa dengan pemindahan positif digunakan untuk sistem-sistem hidrolik bertekanan sedang dan tinggi di atas 56 MPa, yang dewasa ini banyak dipakai pada sistem hidrolik modern terutama sekali digunakan untuk alat-alat berat.

Secara prinsipnya pompa-pompa pemindahan non-positif dikembangkan berdasarkan Hukum Newton Pertama yang menyatakan bahwa Aksi = - Reaksi. Aksi gerak mekanik dalam rumah pompa akan meningkatkan gerak putar fluida sehingga kecepatannya mampu untuk melawan hambatan gerak di dalam sistem. Sedangkan pada pompa-pompa dengan pemindahan positif gerakan fluida tersebut timbul karena pengaruh perubahan ukuran fisik rumah pompa dimana fluida dibatasi oleh celah-celah perapat. Saat volume ruang pompa membesar tekanannya berkurang sehingga fluida mengalir masuk karena pengaruh tekanan atmosfer. Kemudian fluida tersebut bergerak melalui ruang pompa dan selanjutnya didorong keluar dengan tekanan tinggi melalui saluran pengeluarannya seiring dengan berkurangnya volume ruang pompa.

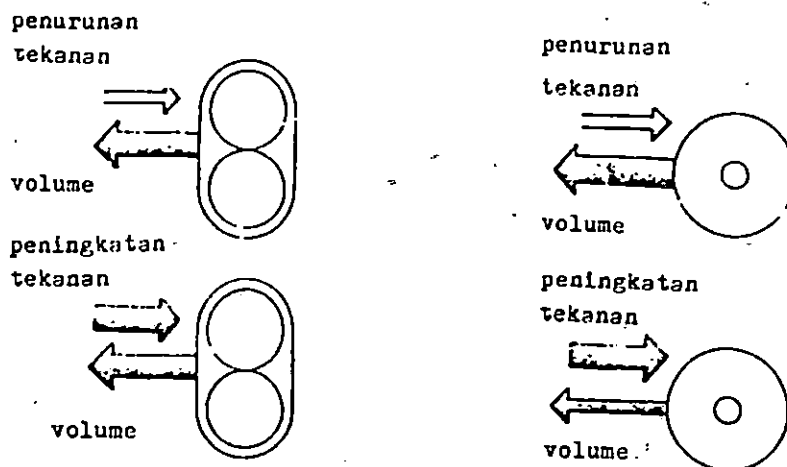
Ditinjau dari sudut volume aliran maka pemindahan pada pompa-pompa hidrolik diartikan sebagai besar aliran atau jumlah fluida yang dapat dipindahkan (dialirkan) untuk satu kali putaran. Dalam hubungan ini pompa-pompa hidrolik dibedakan atas dua jenis yaitu, pompa pemindahan tetap (konstan) dan pompa pemindahan tidak tetap (berubah-ubah).

Pompa pemindahan tetap (konstan) akan memindahkan volume fluida dengan jumlah yang sama untuk setiap putaran pompa. Volume aliran hanya berubah jika kecepatan putaran pompa berubah dan di samping itu juga

biasanya dipengaruhi oleh tekanan di dalam sistem yang mungkin mengalami peningkatan akibat terjadinya kebocoran di bagian belakang saluran masuk pompa. Sehingga dengan demikian, pompa-pompa pemindahan tetap ini hanya tepat dan sesuai digunakan pada sistem hidrolik bertekanan rendah atau juga dapat dipakai sebagai pompa pembantu untuk sistem bertekanan tinggi.

Pada pompa pemindahan tidak tetap (berubah-ubah) volume fluida dapat dipindahkan dalam jumlah yang tidak sama (berubah-ubah) untuk setiap putaran, bahkan juga dapat terjadi pada kecepatan yang sama. Pompa seperti ini biasanya dilengkapi dengan sebuah mekanisme pengatur yang berfungsi untuk merubah pengeluaran fluida dan menjaga agar tekanan di dalam sistem selalu konstan.

Untuk memahami pengertian kedua jenis prinsip pemindahan tersebut dapat diperhatikan gambar 1-2 berikut ini, dimana pada pompa dengan prinsip pemindahan tetap volume alirannya senantiasa konstan kendatipun terjadi penurunan ataupun peningkatan tekanan seperti digambarkan dalam gambar 1-2 (a). Sedangkan pada pompa dengan prinsip pemindahan berubah-ubah seperti tampak dalam gambar 1-2 (b), jika tekanan sistem turun maka volumenya naik dan sebaliknya apabila tekanan naik maka volume alirannya turun.



(a) prinsip pemindahan konstan (b) prinsip pemindahan berubah-ubah

sumber : Hydraulics ; Deere, Moline, 1982

Gambar 1-2. Perbandingan Prinsip Pompa Pemindahan Konstan dan Berubah-ubah.

C. Istilah-Istilah Tekanan Dalam Pompa

Sebelum menguraikan secara terperinci tentang jenis-jenis pompa hidrolis ada baiknya diketahui beberapa istilah (pengertian) yang berhubungan dengan tekanan dan tinggi tekanan (head) yang terjadi di dalam rangkaian sistem hidrolis. Di antara istilah-istilah tekanan dan tinggi tekanan tersebut adalah:

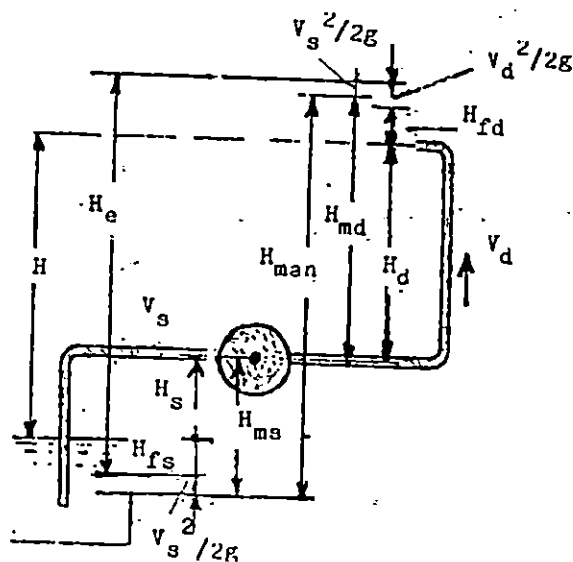
- 1). Tekanan dalam Reservoir, yaitu tekanan yang bekerja di atas permukaan fluida dalam reservoir isap. Tekanan ini dapat melakukan suatu tinggi kenaikan atau kolom fluida (zat cair) yang dapat mencapai sebuah pompa dengan letak lebih tinggi di atasnya.
- 2). Tinggi Isap, yaitu jarak vertikal antara permukaan fluida dalam reservoir isap dengan tempat (sebuah titik) dalam pompa sampai dapat bekerja.

- 3). Tekanan Isap, yaitu bagian dari tekanan dalam reservoir yang sesungguhnya dibutuhkan pembentukan suatu kolom zat cair pada sisi isap.
- 4). Tekanan kempa (penekanan), yaitu bagian dari tekanan pengempaan yang dibutuhkan untuk pembentukan kolom zat cair pada sisi kempa (tekan).
- 5). Tinggi Kempa (penekanan), yaitu jarak vertikal antara permukaan fluida di dalam reservoir kempa sampai ke poros pompa.
- 6). Tinggi gesekan, yaitu kehilangan ketinggian atau kerugian tekanan yang dipergunakan untuk mengatasi tahanan (hambatan) aliran dalam pipa isap dan pipa tekan beserta sambungan-sambungannya.
- 7). Tinggi kecepatan, yaitu kehilangan ketinggian atau tekanan akibat peningkatan energi kecepatan pada saluran isap dan saluran tekan.
- 8). Tinggi angkat total, yaitu jumlah dari tinggi isap + tinggi tekan (kempa).
- 9). Tinggi efektif atau tinggi pengisian, yaitu jumlah dari tinggi angkat total + kerugian ketinggian dalam saluran isap dan tekan + tinggi kecepatan fluida pada sisi isap.
- 10). Tinggi isap manometris, yaitu pembacaan suatu alat pengukur tekanan yang ditempatkan pada saluran isap dimana nilainya ditentukan oleh jumlah tinggi

isap + kerugian dalam pipa isap + kerugian kecepatan pada pipa isap.

- 11). Tekanan isap secara manometris, yaitu jumlah tekanan statis + kerugian tekanan pada sisi isap.
- 12). Tinggi kempaan manometris, yaitu pembacaan suatu alat ukur tekanan yang dipasang pada sisi tekan dimana nilainya ditentukan oleh jumlah tinggi kempaan + kerugian dalam pipa tekan + kerugian kecepatan pada pipa tekan.
- 13). Tekanan kempaan manometris, yaitu jumlah tekanan statis + kerugian tekanan pada sisi tekan
- 14). Tinggi kenaikan manometris, yaitu jumlah tinggi isap manometris + tinggi kempaan manometris.

Secara diagram hubungan masing-masing pengertian tekanan tersebut dapat dilukiskan dalam gambar 1-3



Gambar 1-3. Diagram Tinggi Tekanan Isap dan Kempaan Sebuah Pompa.

Jika, H_s = tinggi isap pompa

H_d = tinggi tekan (kempaam) pompa

H = tinggi total pompa

H_{fs} = kehilangan (kerugian) ketinggian pada pipa isap.

H_{fd} = kehilangan (kerugian) ketinggian pada pipa tekan (kempaam).

$\frac{V_s^2}{2g}$ = tinggi kecepatan pada sisi pipa isap

$\frac{V_d^2}{2g}$ = tinggi kecepatan pada sisi pipa tekan

maka diperoleh hubungan:

$$H = H_s + H_d$$

tinggi isap dan tekan secara manometris adalah,

$$H_{ms} = H_s + H_{fs} + \frac{V_s^2}{2g}$$

$$H_{md} = H_d + H_{fd} + \frac{V_d^2}{2g}$$

Sedangkan tinggi angkat (kenaikan) secara manometris,

$$H_{man} = H_{ms} + H_{md}$$

= tinggi efektif sebuah pompa (H_e)

= tinggi total + jumlah semua kerugian yang terjadi di dalam rangkaian pemipaan sistem.

Sebagaimana diketahui bahwasanya fluida pada sistem-sistem hidrolis akan diisap dari sebuah reservoir dan selanjutnya dialirkan ke seluruh rangkaian pipa beserta kelengkapannya, kemudian dikembalikan lagi ke dalam reservoir. Dengan adanya sambungan-sambungan pipa dan katup-katup pengontrol serta komponen lainnya yang dipasang di dalam sistem, hal ini sudah barang tentu akan menimbulkan kerugian tekanan atau mempertinggi jumlah kenaikan atau tinggi efektif yang harus dicapai oleh sebuah pompa hidrolis. Oleh karena itu biasanya dalam perhitungan rangkaian pemipaan sistem hidrolis, tinggi efektif atau tinggi secara manometris tersebut dapat diganti dengan pengertian panjang ekivalen efektif.

$$\begin{aligned}
 H_{man} &= \text{panjang ekivalen efektif ditambah total} \\
 &\quad \text{panjang pipa aliran sebenarnya.} \\
 &= L \text{ ekivalen} + L \text{ pipa real}).
 \end{aligned}$$

D. Jenis-jenis Pompa Hidrolis

Seperti telah diuraikan sebelumnya bahwa pompa-pompa hidrolis dapat diklasifikasikan menurut prinsip pemindahannya, yaitu pompa pemindahan non-positif dan pompa pemindahan positif. Sedangkan pompa pemindahan positif dapat dibedakan lagi atas pompa pemindahan tetap dan pompa pemindahan tidak tetap.

Kebanyakan pompa yang digunakan pada mesin-mesin hidrolis dewasa ini adalah jenis pompa pemindahan positif baik pemindahan tetap maupun tidak tetap, yang direncanakan atas tiga bentuk dasar yaitu pompa roda gigi, pompa ruji-ruji (vane) dan pompa piston. Sistem-sistem hidrolis mesin mungkin menggunakan salah satu dari jenis pompa ini atau juga mungkin kombinasi dua atau lebih dari ketiga jenis tersebut.

Adapun pompa pemindahan non-positif umumnya juga direncanakan atas tiga bentuk dasar yaitu, pompa sentrifugal, pompa propeller aksial dan pompa aliran campuran. Pompa-pompa tipe ini kebanyakan digunakan pada sistem-sistem bertekanan rendah.

1. Pompa-pompa Pemindahan Positif

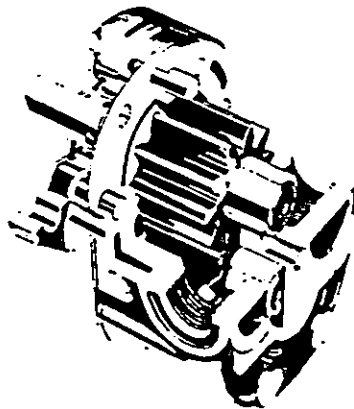
Dilihat dari segi fungsinya di dalam sistem hidrolis maka pompa-pompa pemindahan positif pada dasarnya adalah merupakan pompa hidrolis yang sebenarnya. Pompa jenis ini dapat diklasifikasikan atas pompa pemindahan tetap dan pemindahan tidak tetap (berubah-ubah).

a. Pompa Pemindahan Tetap (konstan)

Pompa pemindahan tetap adalah pompa yang berkemampuan untuk memindahkan fluida dengan jumlah volume yang konstan (tetap) dalam setiap kali putarannya. Pompa-pompa hidrolis yang termasuk jenis ini adalah:

1). Pompa Roda Gigi Luar

Pompa ini biasanya mempunyai sepasang roda gigi dengan penggigian luar yang dipasang berdekatan dan saling bertautan di dalam suatu rumah pompa seperti diperlihatkan pada gambar 1-4. Roda gigi pada poros penggerakannya akan menggerakkan roda gigi lainnya pada poros yang digerakkan sewaktu pompa berputar. Paking-paking poros dan pelat-pelat penahan digunakan sebagai perapat (seal) bilamana roda gigi sedang bekerja.

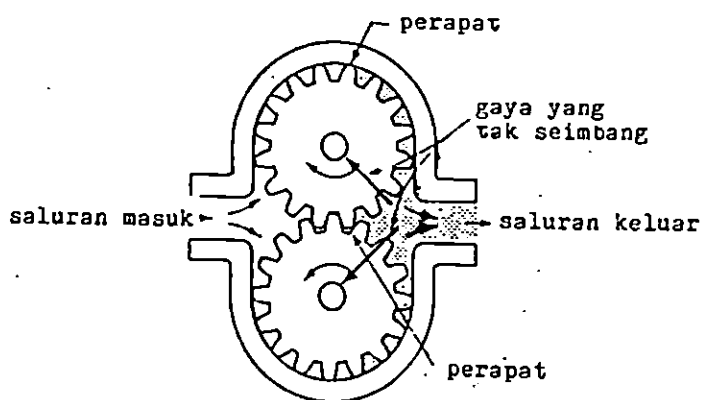


sumber : Fluid Power : Sullivan,
Virginia, 1992

Gambar 1-4. Pompa Roda Gigi Luar

Cara kerja pompa roda gigi luar jenis ini sangat sederhana sekali. Perhatikan gambar 1-5, sewaktu roda gigi sedang bekerja (berputar) fluida dapat mengalir masuk melalui saluran masuk karena adanya rongga di antara gigi yang selalu terbentuk pada saat gerak putar dan pemisahan gigi-gigi roda yang lainnya. Kemudian fluida dibawa masuk ke dalam rongga gigi ketika gigi-

gigi roda bertautan dan seolah-olah terbentuk semacam perapat (seal) untuk mencegah fluida tersebut mengalir kembali ke saluran masuknya. Selanjutnya fluida yang terkurung di dalam ruang gigi dan rumah pompa ini akan dipaksa keluar ke saluran pengeluarannya untuk dialirkan terus ke seluruh rangkaian pemipaan sistem.



suaber : *Hydraulics* : Deere,
Moline, 1982

Gambar 1-5. Prinsip Kerja Pompa Rodagigi Luar

Fluida akan tertekan keluar karena adanya aliran masuk yang terus menerus menekan (mendorong) fluida tersebut keluar melalui saluran pengeluarannya pada tiap-tiap putaran roda gigi. Sedangkan yang menyebabkan fluida dapat masuk ke dalam saluran masuknya dari reservoir adalah karena pengaruh gaya gravitasi atau berat yang dimiliki oleh fluida tersebut.

Beberapa di antara jenis pompa rodagigi luar ini menggunakan sebuah plat penekan yang bekerja terhadap rodagigi agar dapat meningkatkan efisiensi pengaliran.

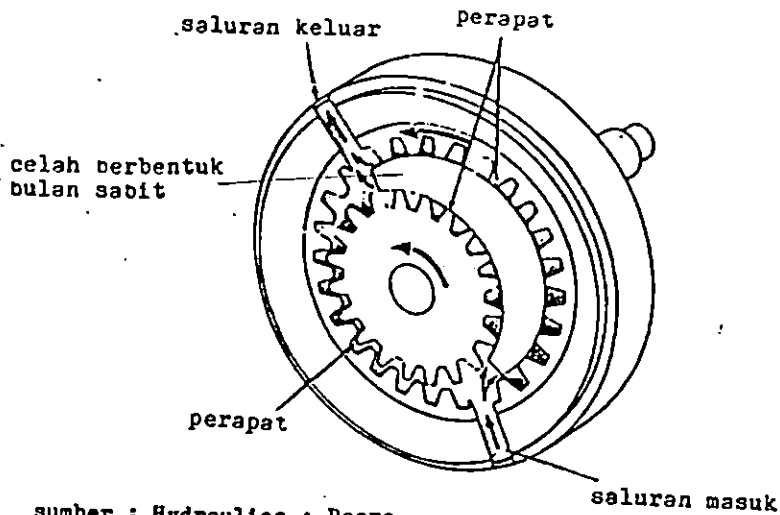
Sejumlah kecil fluida dengan tekanan tertentu dimasukkan di bawah pelat penekan tersebut guna memberikan penekanan terhadap rodagigi dan sekaligus juga membentuk semacam perapat yang kuat untuk dapat menghambat kebocoran.

2). Pompa Rodagigi Dalam

Pompa Rodagigi Dalam juga mempunyai pasangan rodagigi, yaitu sebuah rodagigi besar dengan penggigian dalam dan sebuah rodagigi berukuran kecil dengan penggigian luar. Rodagigi berukuran kecil ini biasa disebut sebagai rodagigi Pinion, yang selalu bertautan dengan sebagian sisi rodagigi besar sehingga kedua rodagigi tersebut membentuk semacam pemisah (celah) berbentuk bulan sabit seperti tampak dalam gambar 1-6.

Poros penggerak pompa akan memutar rodagigi pinion yang sekaligus juga akan menyebabkan rodagigi besar turut berputar karena dibawa oleh rodagigi pinion tersebut. Cara kerjanya adalah hampir sama dengan pompa rodagigi luar. Perbedaan yang prinsipil adalah dalam hal arah putaran roda-roda giginya yang searah sebagaimana terlihat pada gambar 1-6.

Sewaktu gigi-gigi roda mulai melepaskan tautannya maka fluida mulai mengalir masuk dan dikurung di antara celah-celah gigi serta celah bulan sabit pompa, kemudiannya dibawa ke saluran pengeluarannya. Bilamana gigi-gigi roda mulai bertautan akan terbentuk semacam



sumber : Hydraulics : Deere,
Moline, 1982

Gambar 1-6. Pompa Rodagigi Dalam

perapat yang dapat mencegah (menghambat) fluida kembali ke saluran masuknya. Aliran fluida yang terus menerus memasuki saluran pengeluaran akan menekan fluida keluar menuju rangkaian pemipaan sistem.

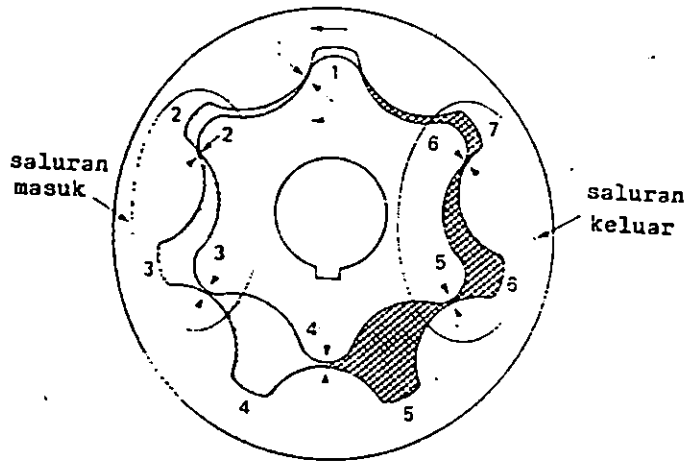
Fluida dapat masuk ke dalam saluran masuk pompa disebabkan oleh pengaruh gaya gravitasi, yang dapat mengisi kevakuman di dalam ruang pompa pada waktu rodagigi berputar.

Bentuk lain dari jenis rodagigi dalam ini adalah Pompa Gerotor seperti tampak dalam gambar 1-7. Pompa jenis ini terdiri atas rotor luar dan rotor dalam yang berputar di dalam sebuah rumah pompa. Rotor mempunyai gerigi bundar dan tidak mempunyai ruang pemisah sebagaimana halnya pada pompa rodagigi dalam di atas.

1367/K199 - P(02)

K1
621.25
17
HAS

10



sumber : Fluid Power: Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 1-7. Pompa Gerotor

Pada waktu bekerja rotor sebelah dalam yang mempunyai gerigi lebih kecil digerakkan di atas ring rotor yang mempunyai ukuran lebih besar, sehingga memungkinkan hanya satu propil gigi yang benar-benar berhubungan penuh dengan ring rotor luar sebagaimana tampak dalam gambar 1-7. Hal ini memberikan kesempatan pada gerigi yang lainnya dapat menggelinding di atas gerigi luar dan sekaligus membentuk perapat untuk mencegah melimpahnya fluida.

Fluida mengalir masuk ke dalam pompa ketika gerigi menggelinding di puncak ring luar dan akan keluar melalui saluran pengeluarannya pada waktu gerigi tersebut mulai turun dari puncak ring luar dan sekaligus menekan fluida yang terdapat di antara ring dalam dan ring luar pompa.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Pompa jenis ini banyak dipakai sebagai pompa minyak pelumas pada Mesin-Mesin Pembakaran Di Dalam (Internal Combustion Engines) dan sistem-sistem hidrolik bertekanan rendah.

Kapasitas aliran atau volume yang dihasilkan oleh pompa-pompa rodagigi di atas dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut (Bosch, 1984),

$$Q_e = \pi \cdot D_k (D_p - D_k) \cdot b \cdot n \cdot \eta_v$$

dimana: Q_e = kapasitas (pemindahan) pompa efektif
(m³/menit)

D_k = diameter lingkaran dasar rodagigi (m)

D_p = diameter lingkaran puncak rodagigi (m)

n = putaran pompa (rpm)

b = panjang propil gigi rodagigi (m)

η_v = efisiensi volumetrik pompa.

Ukuran diameter lingkaran jarak bagi (tusukan) rodagigi dalam hal ini ditentukan dengan rumus:

$$D_t = 1/2 (D_k + D_p)$$

Adapun tenaga yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa ditentukan dengan rumus:

$$P = \frac{10^3 \cdot \rho \cdot g \cdot Q_e \cdot H_{man}}{60 \cdot \eta_{tot}}$$

dimana,

P = tenaga pada poros pompa (Watt)

H_{man} = tinggi kenaikan (angkat) secara manometris (m).

= H_{tot} + jumlah kerugian di dalam sistem pemipaan.

Q_e = kapasitas (pemindahan) pompa efektif (m^3 /menit).

g = grafitasi bumi (m/det^2)

s_g = spesifik gravity fluida

η_{tot} = efisiensi total pompa.

Contoh Soal. 1-1

Sebuah pompa rodagigi digunakan untuk memompakan minyak pelumas dengan spesifik gravity 0,85 pada ketinggian 0,60 m. Perbandingan diameter puncak dan diameter dasar rodagigi adalah 5 : 4 dengan panjang gigi 0,04 m. Pompa tersebut harus melayani kebutuhan minyak pelumas di dalam blok selinder sebanyak 0,2 m^3 /menit, pada putaran pompa 1000 rpm. Efisiensi volumetrik 80% dan efisiensi mekanik 25%. Hitunglah diameter tusukan rodagigi, tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa dan torsi pada poros pompa.

Penyelesaian.

$$Q_e = \pi D_k (D_p - D_k) \cdot b \cdot n \cdot \eta_v$$

$$D_p/D_k = 5/4 \text{ atau, } D_p = 5/4 D_k$$

$$Q_e = \pi D_k (5/4 D_k - D_k) \cdot b \cdot n \cdot \eta_v$$

$$0,2 = 3,14 Dk (0,25 Dk) \cdot 0,04 \cdot 10^3 \cdot 0,8$$

$$= 25,12 Dk^2.$$

maka,

$$Dk = \frac{0,2}{25,12} = 10 \text{ cm}$$

$$Dp = 5/4 Dk$$

$$= 5/4 (10)$$

$$= 12,5 \text{ cm.}$$

Jadi diameter tusuk rodagigi pompa adalah,

$$Dt = 1/2 (Dk + Dp)$$

$$= 1/2 (10 + 12,5)$$

$$= 11,25 \text{ cm.}$$

Tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa adalah,

$$P = \frac{10^3 \cdot g \cdot sg \cdot Qe \cdot H}{60 \cdot \eta_{tot}}$$

$$= \frac{10^3 \cdot 9,81 \cdot 0,85 \cdot 0,25 \cdot 0,6}{60 \cdot 0,25 \cdot 0,80}$$

$$= 83,4 \text{ watt}$$

atau,

$$P = \frac{83,4}{746} = 0,112 \text{ HP.}$$

sedangkan torsi yang bekerja pada poros pompa adalah:

$$T = \frac{60 P}{2 \pi n}$$

$$T = \frac{60 \cdot 83,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000}$$

$$= 0,80 \text{ N-m.}$$

3). Pompa Ruji-ruji (Vane)

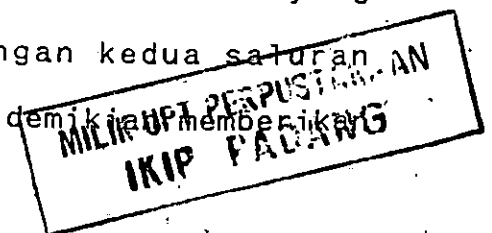
Pompa jenis ini boleh dikatakan pompa serba guna dan dapat direncanakan sebagai satu kesatuan tunggal, ganda, dan triple. Semua jenis pompa ruji-ruji (vane) menggerakkan fluida dengan sebuah rotor berbentuk selinder, yang di sekelilingnya diberi alur-alur lurus. Ke dalam alur-alur tersebut dipasang sudu-sudu lurus sebagai ruji-rujinya (vane) yang dapat bergerak secara radial dengan mudah saat pompa berputar.

Ada dua jenis pompa ruji-ruji yang sering digunakan untuk sistem hidrolik, yaitu Pompa Ruji-ruji Seimbang dan Pompa Ruji-ruji Tak Seimbang.

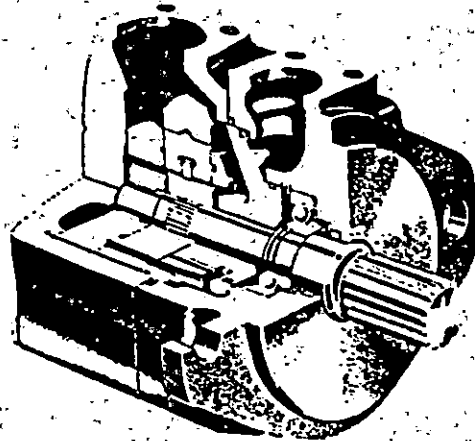
a). Pompa Ruji-ruji Seimbang

Pada pompa ruji-ruji seimbang ini rotornya ditempatkan di dalam sebuah ring rotor yang berbentuk sedikit lonjong dan digerakkan oleh sebuah poros penggerak sehingga dapat berputar mengelilingi ring rotor tersebut. Sudu-sudu lurus (ruji-ruji) yang terdapat dalam alur-alur rotor akan bebas bergerak keluar masuk disepanjang alurnya pada waktu pompa berputar.

Pompa ini mempunyai dua saluran masuk dengan penempatan dan pemasangannya saling berhadapan serta dua saluran keluar yang dipasang pada dua sisi yang berlawanan. Penempatan dan pemasangan kedua saluran masuk dan keluar dengan posisi yang demikian memberikan



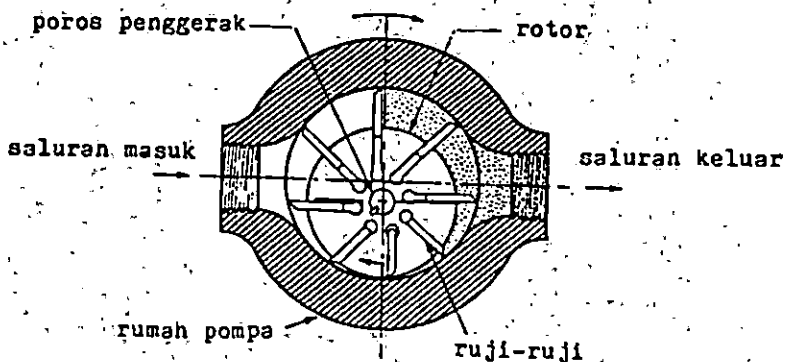
keseimbangan bagi pompa pada waktu bekerja, seperti tampak pada dalam gambar 1-8.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 1-8. Pompa Ruji-ruji Seimbang

Cara kerja pompa ruji-ruji seimbang ini dapat dipelajari melalui gambar 1-9, dimana sewaktu rotor berputar sudu-sudu lurusanya akan tertekan ke permukaan dinding dalam ring rumah pompa. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh gaya sentrifugal, yang melemparkan sudu-sudu tersebut ke arah dinding dan sekaligus akan terbentuk kamar-kamar yang terpisah satu sama lainnya.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 1-9. Prinsip Kerja Pompa Ruji-ruji Seimbang

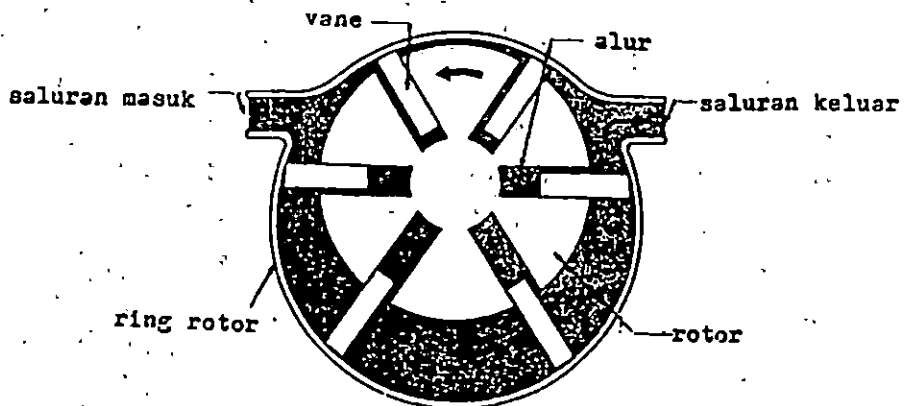
Pemasangan rotor yang tidak sepusat (eksentrik) di dalam rumah pompa akan memberikan keleluasaan pada sudu-sudu untuk bergerak kian-kemari sepanjang alurnya. Pada waktu saluran masuk mulai membesar maka saluran-saluran keluarannya yang ditempatkan di dalam ruang pompa mulai mengecil dan pada saat ruangan mulai membesar fluida akan masuk dengan cepatnya untuk mengisi bagian yang kosong. Selanjutnya fluida dibawa berputar oleh ruji-ruji dan bilamana ruangan mulai mengecil fluida tersebut akan memancar keluar melalui saluran pengeluarannya, dan terus dialirkan ke seluruh rangkaian pemipaan.

b). Pompa Ruji-ruji (Vane) Tak Seimbang

Pompa ruji-ruji tak seimbang ini pada dasarnya menggunakan prinsip yang sama dengan Pompa Ruji-ruji Seimbang, dimana rotornya yang dilengkapi dengan sudu-sudu berputar di dalam sebuah ring rotor tetap. Hanya saja pompa seperti ini mempunyai satu saluran (pintu) masuk dan satu saluran keluar, sedangkan alur-alur rotornya dipasang saling berhadapan di dalam sebuah ring berbentuk bundar sebagaimana terlihat pada gambar 1-10.

Pada waktu pompa bekerja ruangan fluida mulai membesar di bagian saluran masuknya dan sementara di bagian saluran keluarannya akan mengecil. Fluida dapat mengalir masuk ke dalam ruang vakum pompa dan

selanjutnya dipaksa untuk keluar karena pengaruh pengecilan ruangan sebagaimana halnya pada pompa ruji-ruji seimbang.



sumber : Hydraulics ; Deere, Moline, 1982

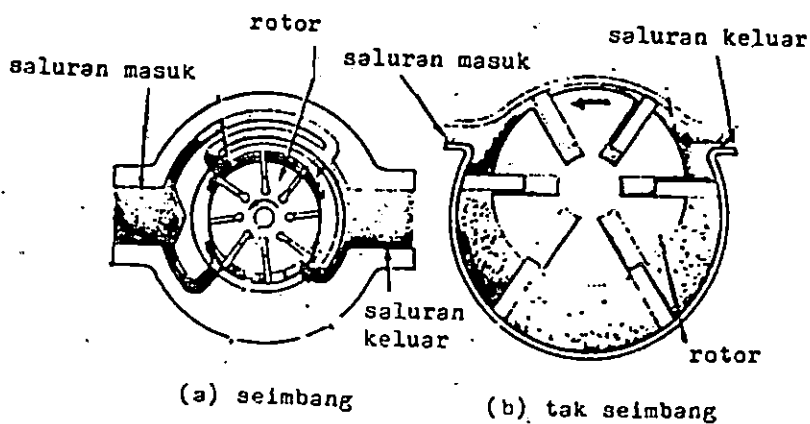
Gambar 1-10. Pompa Ruji-ruji Tak Seimbang.

Ditinjau dari sudut perencanaannya Pompa Ruji-ruji Tak Seimbang ini mempunyai beberapa perbedaan dibandingkan dengan Pompa Ruji-ruji Seimbang, antara lain adalah: (Deere, 1982)

- (1). Pompa ruji-ruji seimbang lebih sempurna dari pada Pompa ruji-ruji tak seimbang, hal mana terlihat dari segi konstruksinya seperti tampak pada gambar 1-11.
- (2). Bantalan pada Pompa ruji-ruji tak seimbang lebih cepat mengalami kerusakan, disebabkan adanya gaya yang tak seimbang bekerja pada poros serta juga dipengaruhi oleh tekanan balik fluida saat melalui saluran pengeluaran. Dengan demikian mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan gaya pada dua sisi

yang berlawanan, karena pada saluran masuk tekanan fluida lebih rendah dari sisi pengeluarannya. Pada pompa ruji-ruji seimbang hal ini dapat diatasi dengan membuat dua pintu (saluran) pengeluaran yang saling berlawanan arah. Keseimbangan gaya pada poros pompa ruji-ruji seimbang akan memperpanjang umur bantalan dan pompa dapat bekerja lebih lama.

- (3). Pompa ruji-ruji Tak Seimbang dipakai untuk pemindahan tetap (konstan) dan pemindahan tidak tetap (berubah-ubah), sedangkan pompa ruji-ruji seimbang hanya dapat dipakai untuk pemindahan tetap (konstan).



sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 1-11. Perbedaan Pompa Ruji-ruji Seimbang dan Tak Seimbang

Secara umum kedua jenis pompa ruji-ruji tersebut mempunyai beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan pompa-pompa jenis lainnya, antara lain adalah:

- (1). Umur pemakaian lebih panjang (lama)
- (2). Cara kerjanya lebih fleksibel.

Untuk menghitung kapasitas pompa atau debit aliran tiap menit dapat digunakan rumus berikut ini (R.S. Khurmi, 1982).

$$Q_e = \frac{\pi}{4} (D_2 - a)^2 - D_1^2 - 2(L - a) \cdot s \cdot b \cdot n \cdot \eta_v$$

dimana, Q_e = pemindahan (kapasitas) pompa efektif (m^3 /menit).

D_1 = diameter rotor pompa (m)

D_2 = diameter dalam ring rotor (m)

a = celah (space) antara rotor dengan rumah pompa pada bagian sisi sebelah bawah pompa (m).

b = lebar ruji-ruji rotor (m)

L = lebar saluran masuk atau keluar pompa (m)

s = tebal plat ruji-ruji (m)

η_v = efisiensi volumetrik pompa.

n = jumlah putaran pompa (rpm).

Sementara untuk jenis pompa ruji-ruji tak seimbang di-hitung:

$$Q_b = 2 \cdot e \cdot b \left[2\pi (R - e) - z \cdot \delta \right] n \cdot \eta_v$$

dimana, Z = lebar ruji-ruji/vane

b = lebar ruji-ruji/vane

e = jarak eksentrik poros pompa

δ = tebal vane/ruji-ruji.

sedangkan tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa adalah:

$$P = \frac{10^{-3} \cdot g \cdot sg \cdot Q_e \cdot H_{man}}{60 \cdot \eta_{tot}} \quad \text{watt}$$

dimana, P = tenaga penggerak pompa (watt)

Q_e = pemindahan (debit) pompa efektif (m³/menit).

H_{man} = tinggi kenaikan (angkat) secara manometer (m).

= H_{tot} + jumlah kerugian di dalam sistem

sg = spesifik gravity fluida

η_{tot} = efisiensi total pompa.

Contoh soal. 1-2 _____

Sebuah pompa ruji-ruji (vane) digunakan untuk memompakan minyak pelumas dengan spesifik gravity $sg = 0,91$ di dalam suatu rangkaian pemipaan sistem hidrolik. Tinggi tekannya 1,0 m, tinggi isap 0,5 m dan tinggi hambatan 3 m. Diameter rotor 0,4 m, diameter ring dalam 0,6 m, lebar ruji-ruji 0,01 m, spasi rotor dengan rumah pompa 0,001 m. Pompa berputar pada 500 rpm, efisiensi volumetrik 0,70, efisiensi mekanik 0,80. Hitunglah kapasitas pompa tiap menit, daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa serta torsi yang bekerja pada poros pompa.

Penyelesaian.

Kapasitas pompa efektif tiap menit

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{\pi}{4} (D_2 - a)^2 - D_1^2 - 2(L-a) \cdot s.b.n. \cdot \eta_v \\
 &= \frac{\pi}{4} (0,6 - 0,001)^2 - 0,5^2 - 2(0,17 - 0,001) \\
 &\quad 0,01 \cdot 0,005 \cdot 500 \cdot 0,70 \\
 &= 4,305 \text{ m}^3/\text{menit}.
 \end{aligned}$$

Tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa,

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{10^3 \cdot g \cdot s.g. \cdot Q_e \cdot H_{man}}{60 \cdot \eta_{tot}} \\
 &= \frac{10^3 \cdot 0,81 \cdot 0,91 \cdot 4,305 \cdot (0,5+1,0+3,0)}{60 \cdot 0,7 \cdot 0,8} \\
 &= 5,15 \text{ Kw.}
 \end{aligned}$$

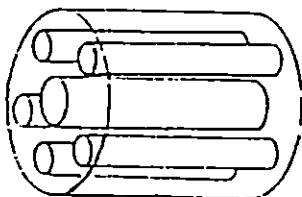
sedangkan torsi pada poros pompa adalah,

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{60 \cdot P}{2 \pi n} \\
 &= \frac{60 \cdot 5,15 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 500} \\
 &= 98,5 \text{ N-m.}
 \end{aligned}$$

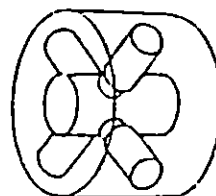
4). Pompa Piston

Pompa piston ini banyak digunakan pada sistem-sistem hidrolis dengan kecepatan dan tekanan tinggi. Pompa piston ini konstruksinya agak lebih rumit dan mahal jika dibandingkan dengan dua jenis pompa sebelumnya.

Pompa jenis ini dapat direncanakan untuk pemindahan tetap dan tidak tetap (berubah-ubah) serta dapat dibedakan atas dua prinsip yaitu, Pompa Piston Aksial dan Pompa Piston Radial. Pompa piston aksial mempunyai kedudukan (posisi) pistonnya yang dipasang menurut garis sejajar sumbu poros seperti tampak dalam gambar 1-12 (a). Sedangkan Pompa piston radial pemasangan piston-pistonnya adalah menurut garis tegak lurus pusat pompa sebagaimana tampak pada gambar 1-12 (b).



(a) pompa piston aksial



(b) pompa piston radial

sumber : Hydraulics ; Deere, Moline, 1982

Gambar 1-12. Model Dasar Pompa Piston

Kedua model pompa tersebut di atas bekerja menggunakan sejumlah piston yang dapat bergerak bolak-balik di dalam silindernya. Gerak bolak balik piston di dalam ruang silindernya tersebut terjadi melalui perputaran

silinder, sehingga menghasilkan gerak kombinasi putar dan luncur. Kombinasi gerakan seperti demikian memberikan suatu keuntungan bagi pompa tersebut di dalam bekerja sehingga pemakaiannya sangat efisien untuk sistem-sistem hidrolis, akan tetapi dari segi pemakaian ruangan tempat pompa piston ini kurang menguntungkan karena memerlukan ruangan yang cukup besar.

a). Pompa Piston Aksial Pemindahan Tetap

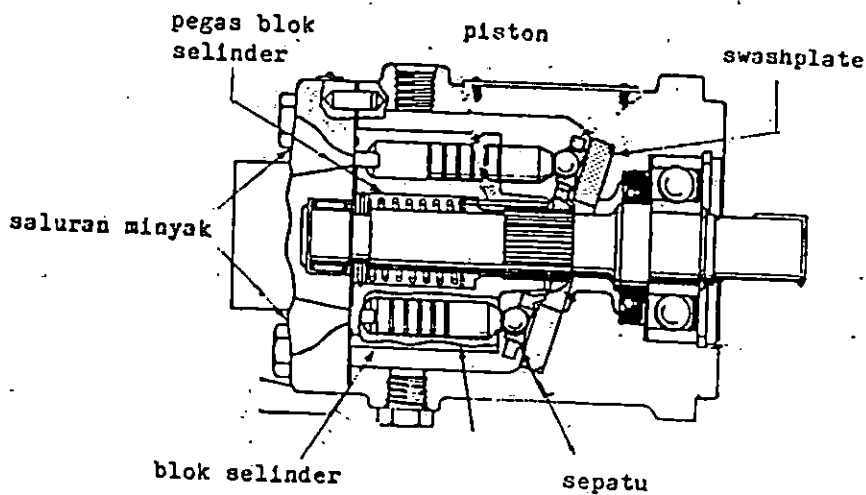
Pompa piston aksial dengan pemindahan tetap biasanya terdiri dari dua jenis yaitu, Pompa piston Aksial Berporos Lurus dan Pompa Piston Aksial Berporos Bengkok.

(1). Pompa Piston Aksial Poros Lurus

Pompa piston jenis ini mempunyai blok silinder yang ditempelkan (dipasang) pada sebuah poros penggerak dan sekaligus juga ikut berputar bersama-sama poros tersebut seperti terlihat dalam gambar 1-13. Piston bekerja di dalam ruang blok silindernya masing-masing yang dipasang sejajar dengan poros blok. Kepala piston dihubungkan dengan sebuah pelat miring yang dinamakan Swashplate (Sullivan, 1982). Pelat miring ini tidak dapat berputar akan tetapi mempunyai sudut kemiringan yang tetap.

Poros akan bekerja bilamana terjadi perputaran rotor sehingga mengakibatkan piston akan bergerak secara bolak-balik di dalam ruang selindernya mengikuti kemiringan sudut pelat miring (swashplate). Pada saat piston bergerak mundur maka bagian-bagian yang bergerak dari rotornya akan melampaui saluran masuk pompa yang terdapat dibagian dalam pelat katup sehingga dengan demikian fluida dapat masuk ke ruang silinder. Putaran rotor berikutnya mengakibatkan piston akan bergerak maju selama bagian-bagian yang bergerak tersebut melampaui saluran keluarnya, yang juga terdapat di dalam pelat katup dan kemudian fluida mengalir keluar.

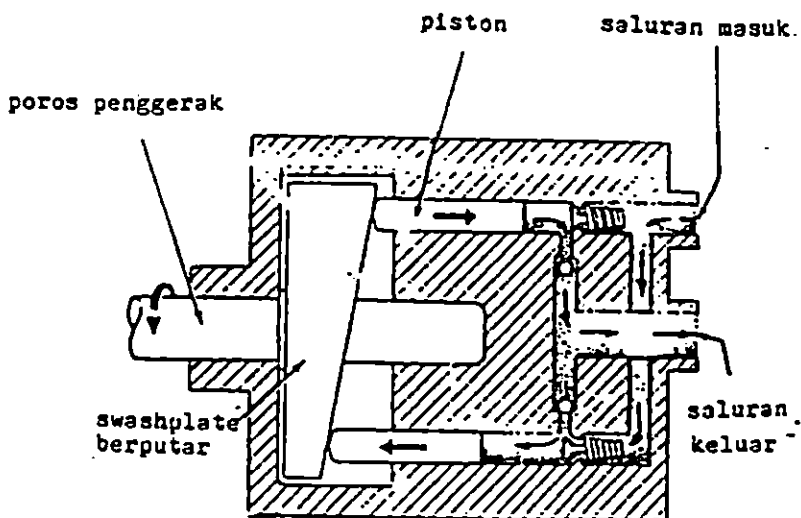
Saluran masuk dan keluar pompa jenis ini berbentuk sedikit lonjong menyerupai cerocok sebagaimana diperlihatkan pada gambar 1-13.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 1-13. Pompa Piston Aksial Poros Lurus

Selain dari model tersebut dikenal lagi satu jenis pompa piston aksial poros lurus seperti tampak dalam gambar 1-14. Pompa model ini mempunyai blok silinder yang dirancang tetap (stabil) sedangkan plat miringnya (swashplate) dibuat berputar. Piston-pistonnya akan berhubungan dengan swashplate tersebut sewaktu berputar dan mendorong piston secara bolak-balik di dalam ruang silinder sambil memompakan minyak (fluida) yang masuk dan keluar melalui salurannya masing-masing sebagaimana terlihat pada gambar. Katup penghambat jenis bola yang dipasang pada pompa ini berfungsi untuk mencegah aliran fluida jangan sampai keluar sebelum dipaksa oleh piston untuk keluar melalui saluran pengeluarannya.



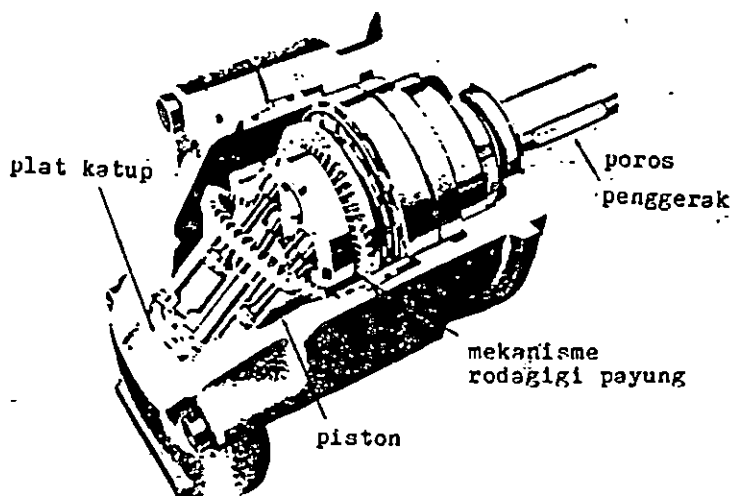
sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 1-14. Pompa piston aksial dengan blok silinder tetap

Masing-masing piston pada pompa jenis ini bekerja seolah-olah menyerupai sebuah pompa terpisah di dalam membuka dan menutup katupnya guna mengalirkan fluida pada tiap-tiap perputaran pompa.

(2). Pompa Piston Aksial Poros Bengkok

Bentuk lain dari pada pompa piston aksial dengan pemindahan tetap adalah Pompa Piston Aksial Poros Bengkok. Pompa jenis ini mempunyai kerangka (rumah pompa) yang dimiringkan posisinya dalam pemasangan terhadap bagian penggerakya seperti tampak pada gambar 1-15.



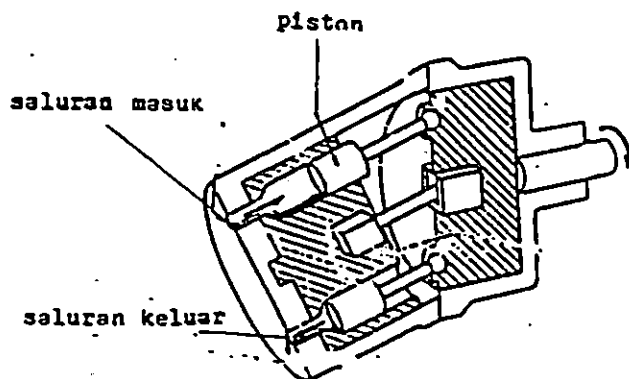
sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 1-15. Pompa Piston Aksial
Poros Bengkok

Piston pompa bergerak secara bolak-balik di dalam suatu blok silinder yang berputar perantaraan sebuah mekanisme rodagigi payung, sementara puncak pistonnya dihubungkan dengan bagian penggeraknya melalui sebuah poros penggerak.

Cara kerjanya sangat sederhana, dimana sewaktu blok selinder dan bagian penggeraknya berputar akan memaksa piston-piston pompa bergerak masuk dan keluar dari ruangan selindernya dan sekaligus mengalirkan fluida ke rangkaian pemipaan sistem melalui saluran keluarnya, seperti terlihat dalam gambar 1-16.

Pompa piston poros bengkok ini biasanya mempunyai tekanan kerja kurang lebih 35 kPa dengan sudut kemiringannya adalah 15° , 20° , 25° , 30° , dan 40° . (Deere, 1982)



suaber : Hydraulics ; Deere,
Holine, 1982

Gambar 1-16. Prinsip Kerja Pompa Piston Aksial Poros Bengkok

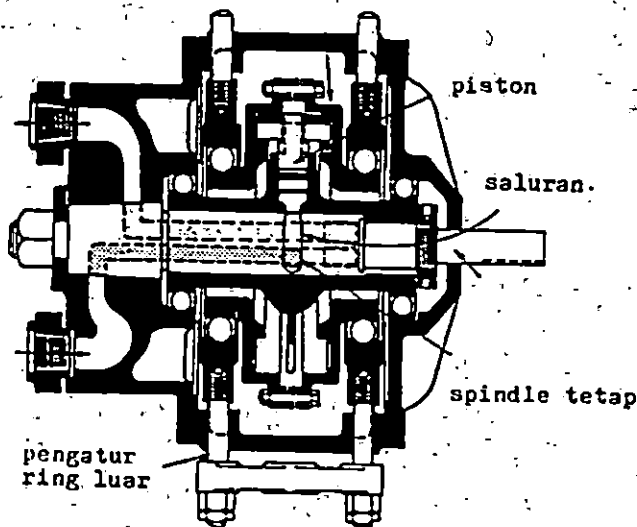
b). Pompa Piston Radial Pemindahan Tetap.

Pompa piston radial pemindahan tetap adalah sejenis pompa hidrolik yang mempunyai kedudukan piston-pistonnya mengelilingi poros penggerak dengan posisi tegak lurus seperti tampak pada gambar 1-17. Piston-piston pompa akan bergerak secara bolak-balik pada



sebuah blok silinder yang berputar bilamana pompa bekerja.

Pompa tersebut mempunyai beberapa kelengkapan penting seperti, ring luar, pengatur ring luar, roller (sepatu gelinding), spindle tetap, yang dipasang sedemikian ketat sehingga piston yang dihubungkan dengan roller dapat secara tepat mengikuti perubahan posisi ring luar pompa. Katup saluran masuk akan terbuka pada waktu langkah pengisian dan fluida dapat masuk ke dalam pompa melalui saluran masuknya, yang terletak di dalam sebuah poros berongga sebagaimana tampak pada gambar 1-17.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 1-17. Pompa Piston Radial
Pemindahan Konstan.

Kapasitas aliran atau volume yang dipindahkan pompa piston aksial poros lurus dengan prinsip pemindahan

tetap (konstan) ditentukan atau dihitung berdasarkan dengan rumus (Sullivan, 1982)

$$Q_e = A \cdot s \cdot n \cdot i \cdot \eta_v$$

dimana, Q_e = kapasitas (pemindahan) pompa efektif
(m^3 /menit)

A = luas penampang selinder

$$(A = \pi/4 d^2) \quad (m^2)$$

d = diameter silinder (m)

n = jumlah putaran pompa (rpm)

s = langkah piston (m)

i = jumlah silinder pompa (buah)

η_v = efisiensi volumetrik

n = jumlah putaran pompa (rpm).

Sedangkan tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa dapat ditentukan berdasarkan rumus:

$$P = \frac{10^3 \cdot g \cdot sg \cdot Q_e \cdot H_{man}}{60 \cdot \eta_{tot}} \quad \text{watt}$$

dimana, P = tenaga penggerak (watt)

Q_e = kapasitas pompa tiap menit

g = grafitasi bumi (m/det^2)

sg = spesifik gravity fluida

H_{man} = tinggi angkat pompa secara manometer (m)

η_{tot} = efisiensi total pompa.

Contoh soal. 1-3

Berapakah volume teoritis pompa piston aksial pemindahan tetap yang dialirkannya jika pompa mempunyai 9 buah selinder masing-masing berdiameter 1,5 cm, panjang langkah 2,5 cm dan putarannya 3000 rpm. Jika tinggi angkat secara manometer 5 m, efisiensi volumetrik 70%, efisiensi mekanis 80% tentukanlah tenaga yang dibutuhkan untuk memutar pompa tersebut, ambil $sg = 0,80$.

Penyelesaian:

Volume teoritis pompa adalah:

$$\begin{aligned} Q_{teo} &= \pi/4 d^2 \cdot s \cdot n \cdot i \\ &= 0,785 (1,5 \cdot 10^{-2})^2 \cdot (2,5 \cdot 10^{-2}) \cdot 3000 \cdot 9 \\ &= 0,119 \text{ m}^3/\text{menit}. \end{aligned}$$

Tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa,

$$P = \frac{10^3 \cdot g \cdot sg \cdot Q_e \cdot H_{man}}{60 \cdot \eta_{tot}}$$

sedangkan,

$$\begin{aligned} Q_e &= Q_{teo} \cdot \eta_v \\ &= 0,119 \cdot 0,70 \\ &= 0,0833 \text{ m}^3/\text{menit}. \end{aligned}$$

jadi tenaga,

$$\begin{aligned} P &= \frac{10^3 \cdot 9,81 \cdot 0,80 \cdot 0,0833 \cdot 5}{60 \cdot (0,80 \cdot 0,70)} \\ &= 97,3 \text{ watt}. \end{aligned}$$

b. Pompa Pemindahan Tidak Tetap (Berubah-ubah)

Pompa pemindahan tidak tetap (berubah-ubah) merupakan bentuk lain dari pompa pemindahan positif, yang berkemampuan untuk mengalirkan fluida dalam jumlah yang tidak sama untuk setiap putaran dan bahkan juga pada perputaran konstan.

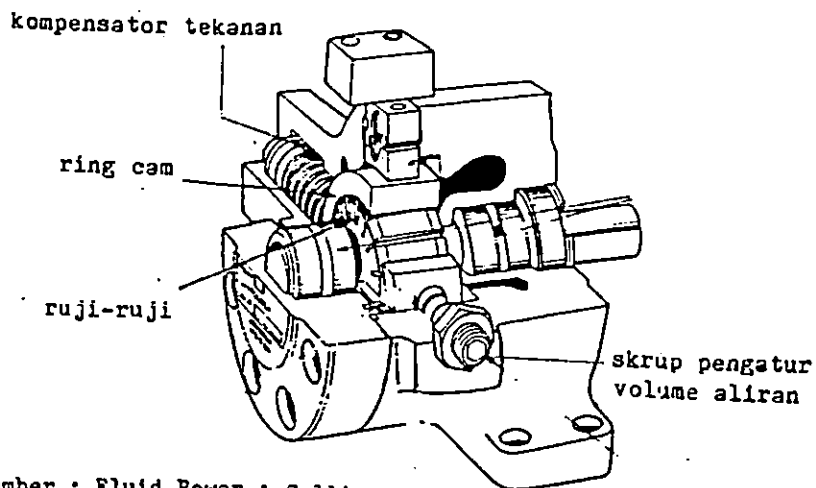
Pompa-pompa hidrolik yang termasuk jenis ini yaitu:

1). Pompa Ruji-ruji (vane) Tak Seimbang

Pompa ruji-ruji (vane) tak seimbang dengan prinsip pemindahan berubah-ubah ini mempunyai sebuah mekanisme cincin pengatur (Cam Ring), yang berfungsi untuk mengatur banyaknya (jumlah) pengaliran fluida pada tiap putaran. Fluida akan dibiarkan masuk untuk selang setengah putaran pertama dan keluar selama setengah putaran berikutnya.

Sebagaimana halnya pada pompa ruji-ruji tak seimbang pemindahan konstan, maka pompa jenis ini juga memiliki sebuah gaya dorong kesamping yang bekerja pada poros pompa serta di dukung oleh bantalannya. Pemindahan fluida dapat diatur atau diubah-ubah sesuai dengan gerakan Cam Ring, yang dimulai dari posisi eksentriknya terbesar yaitu pada waktu pemindahannya maksimum sampai ke posisi garis tengah dimana rotor dan Cam Ring menjadi sepusat atau waktu pemindahannya sama dengan nol. Penekanan ke arah poros pompa dan

bantalannya berbanding lurus dengan derajat pergeseran (off set) Cam Ring dan kecepatan putaran pompa.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 1-18. Pompa Ruji-ruji Tak Seimbang

Pada posisi off-set cincin pengatur (Cam Ring) terbesar dengan volume aliran yang maksimum tekanan di dalam sistem akan menjadi lebih rendah dan bilamana posisinya menjadi sepusat maka volume alirannya mendekati nol maka tekanan tersebut menjadi tinggi sekali. Pompa akan memindahkan (mengalirkan) fluida dengan volume maksimum pada kondisi tekanannya rendah sebab penekanan (pemompaan) yang terbesar justru terjadi jika hasil perkalian antara tekanan dan volume alirannya juga maksimum.

Apabila tekanan sistem meningkat (naik) maka cincin pengatur (Cam Ring) akan menekan ke arah posisi titik pusat pompa guna memberikan perlawanan terhadap tekanan pegas pengatur seperti tampak pada gambar 1-18

di atas. Jarak posisi off-set dari Cam Ring pompa dapat diatur melalui penyetelan pegas pengatur tersebut sedangkan besar kecilnya pemindahan dapat diatur perantaraan baut pengatur sebagaimana tampak dalam gambar.

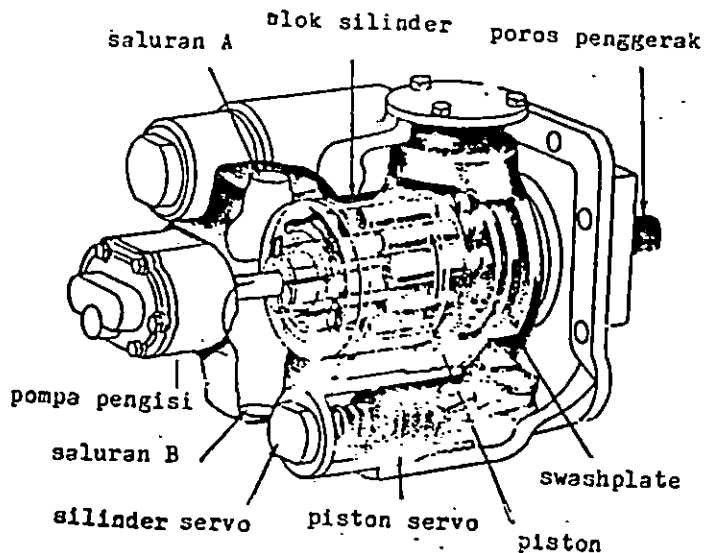
Pompa ruji-ruji tak seimbang dengan pemindahan berubah-ubah ini secara luas banyak dipakai pada industri-industri karena dapat memompakan fluida dengan volume yang berbeda-beda. Di samping itu, tekanan di dalam sistem dapat ditentukan nilainya dengan penyetelan kedudukan pegas pengatur yang sekaligus juga menentukan besarnya aliran.

2). Pompa Piston Pemindahan Berubah-ubah

Pompa piston dengan pemindahan berubah-ubah ini juga dibedakan atas pompa piston aksial dan piston radial.

a). Pompa Piston Aksial Pemindahan Berubah-ubah

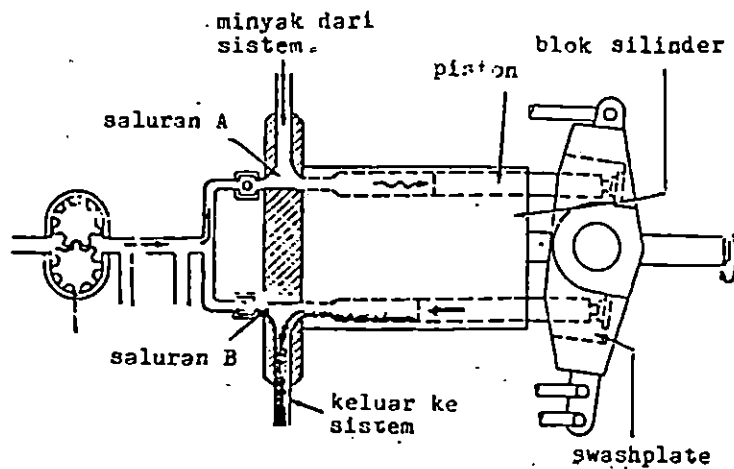
Pompa piston aksial dengan pemindahan berubah-ubah juga mempunyai sebuah blok silinder yang dipasang pada poros penggerakannya. Di dalam blok silinder tersebut terdapat sejumlah piston yang bekerja secara bolak-balik ketika blok silinder berputar. Puncak dari masing-masing piston dihubungkan dengan sekeping plat miring (swashplate) seperti tampak dalam gambar 1-19.



sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 1-19. Pompa Piston Aksial Pe-
mindahan Berubah-ubah

Adapun prinsip kerja pompa tersebut dapat diuraikan melalui gambar 1-20 berikut ini. Di dalam gambar diperlihatkan plat miringnya (swashplate) sedang berada pada posisi miring ke kanan, dimana pintu (A) akan berfungsi sebagai saluran masuk. Apabila blok selindernya berputar maka lobang piston pompa akan menyatu dengan pintu tersebut sehingga fluida dapat masuk ke dalam silinder, yang dibantu oleh pompa rodagigi. Fluida akan menekan piston ke arah plat miring dan kemudian selagi piston bergerak mengikuti kemiringan plat sekaligus memaksa fluida keluar dari lobangnya terus mengalir ke pintu (B).

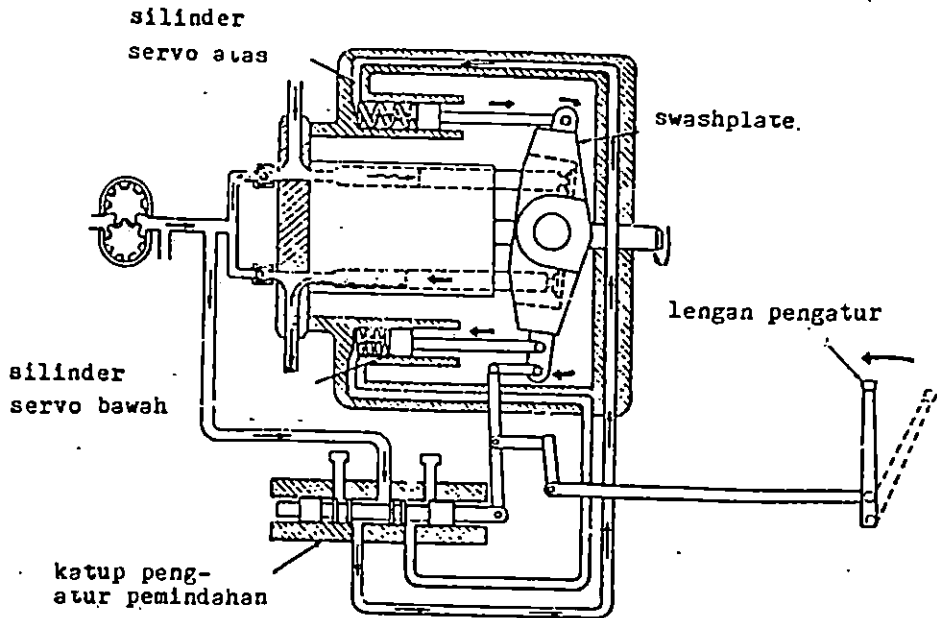


sumber.: Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 1-20. Prinsip Kerja Pompa Piston Aksial Pemindahan Berubah-ubah

Tujuan dari pemiringan plat miring (swashplate) ini adalah untuk mengatur jarak yang dapat dilewati oleh piston di dalam melakukan gerakan. Semakin besar sudut kemiringannya maka semakin jauh pula jarak perpindahan piston dan semakin banyak pula fluida yang dapat dipindahkan.

Plat miring (swashplate) pada pompa piston aksial pemindahan berubah-ubah ini tidak dapat berputar tetapi perubahan kemiringannya dapat diatur dan dikontrol dengan alat Servo, yang bekerja secara otomatis dengan prinsip kerja seperti pada gambar 1-21.



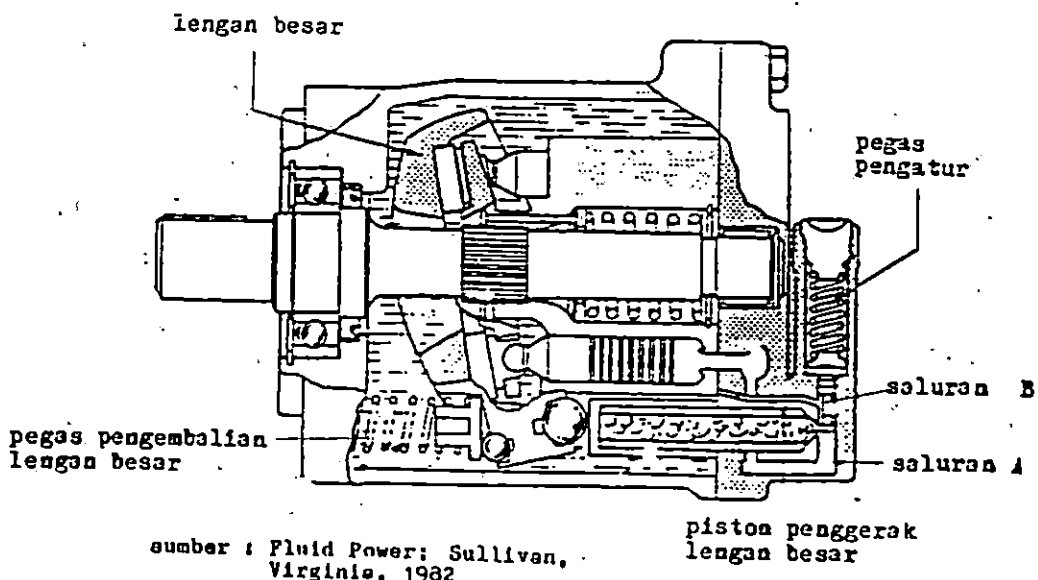
sumber : Hydraulics ; Deere, Moline, 1982

Gambar 1-21. Prinsip Kerja Swashplate dengan Alat Servo

Untuk memiringkan kedudukan plat maka tuas pengaturnya digerakkan sehingga katup kontrol aliran akan bergerak ke sebelah kiri dan sekaligus mengarahkan fluida dari pompa pengisi rodagigi menuju silinder servo atas dan menggerakannya untuk memiringkan kedudukan swashplate. Sementara itu silinder servo bawah akan memaksa fluida kembali ke ruang pompa. Pada waktu swashplate mencapai sudut kemiringan yang telah ditetapkan melalui tuas pengatur maka katup pengontrol aliran (pemindahan) akan kembali ke posisi netralnya dan mengurung fluida di dalam silinder servo. Keadaan seperti ini bertahan selama tuas pengaturnya bergerak lagi dari posisi netral.

Pompa piston akan memompakan fluida sebagaimana yang telah diuraikan terdahulu, mengisap dan kemudian menekan fluida keluar pada setiap akhir masing-masing gerakannya. Jika swashplate dimiringkan berlawanan arah dari cara seperti di atas maka pintu masuknya akan bertukar menjadi pintu keluar, sedangkan pintu keluaranya berubah sebagai pintu masuknya. Dengan demikian alat servo ini tidak hanya mengontrol besarnya aliran yang dipindahkan tetapi juga mengarahkannya keluar.

Selain dengan perantaraan alat servo tersebut, pemiringan swashplate dapat juga diatur dan dikontrol secara mekanik yaitu perantaraan tekanan fluida yang dimasukkan melalui katup pengontrol tekanan seperti diperlihatkan pada gambar 1-22.

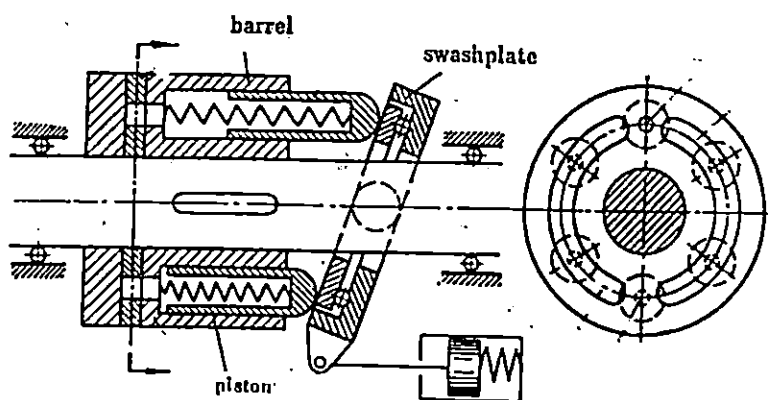


Gambar 1-22. Prinsip Kerja Swashplate dengan Tekanan Fluida

Pada langkah permulaannya posisi pegas lengan-besar yang terdapat di atas swashplate akan tertarik ke arah pengeluaran. Apabila tekanan di dalam sistem meningkat maka kumparan kompensator bergerak membiarkan fluida untuk bereaksi terhadap piston penggerak lengan tersebut, sehingga terjadilah perubahan kedudukan posisi swashplate. Tekanan sistem akan tergantung pada pengaturan kumparan kompensator yang dapat distel melalui pegasnya.

Kapasitas aliran efektif yang dipindahkan oleh masing-masing pompa piston aksial dengan pemindahan berubah-ubah dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- (1). Untuk pompa dengan pemasangan piston sejajar poros putar seperti tampak dalam gambar 1-23, dihitung dengan rumus:



sumber : *Hydraulics for Aeronautical Engineers*; Nekrasov; Moscow, 1971

Gambar 1-23. Pompa Piston Aksial dengan Posisi Sejajar Poros Putar

$$Q_e = \pi/4 d^2 \cdot l \cdot z \cdot \frac{n}{60} \cdot \eta_v$$

$$\text{atau } Q_e = \pi/4 d^2 \cdot D_o \cdot z \cdot \frac{n}{60} \cdot \text{tg } \gamma \cdot \eta_v$$

dimana Q_e = kapasitas aliran efektif m³/det.

l = panjang langkah piston

d = diameter piston

D_o = diameter tabung/ring rumah piston

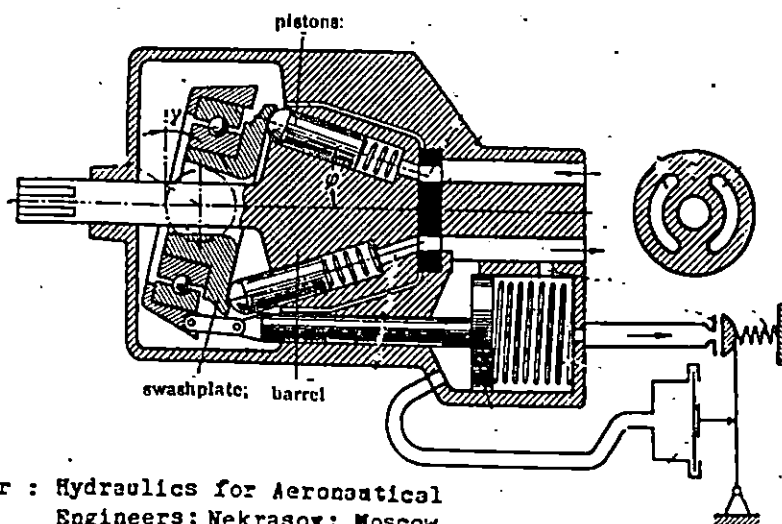
z = jumlah piston

n = jumlah putaran pompa tiap menit

γ = sudut kemiringan plat miring (swashplate)

η_v = efisiensi volumetrik pompa.

(2). Sedangkan untuk pompa dengan pemasangan piston atau silinder yang dimiringkan terhadap poros putar, seperti pada gambar 1-24, kapasitas aliran dihitung dengan rumus:



sumber : Hydraulics for Aeronautical
Engineers; Nekrasov; Moscow,
1971

Gambar 1-24. Pompa Piston Aksial dengan
Posisi Miring Poros Putar

Kapasitas Pompa efektif tiap detik:

$$Q_e = \pi/4 d^2 \cdot z \cdot \frac{n}{60} \cdot l \cdot \eta_v$$

$$Q_e = \frac{\pi}{480} d^2 \cdot D_o \cdot z \cdot n \cdot \sin \gamma \left[\frac{1}{\cos(\phi - \gamma)} + \frac{1}{\cos(\phi + \gamma)} \right] \times \eta_v$$

dimana: Q_e = kapasitas aliran efektif $m^3/det.$

l = panjang langkah piston

d = diameter piston

D_o = diameter tabung/rumah piston

z = jumlah piston

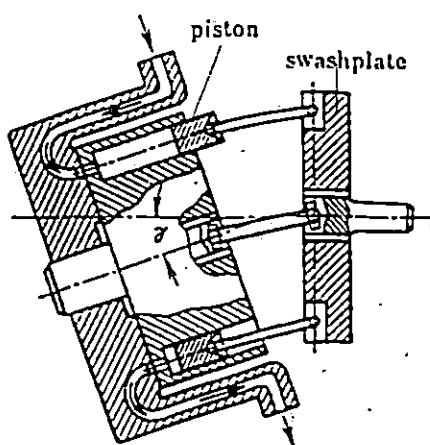
n = jumlah putaran pompa tiap menit

γ = sudut kemiringan plat miring (swashplate)

ϕ = sudut kemiringan silinder terhadap poros

η_v = efisiensi volumetrik pompa.

Adapun untuk Pompa dengan poros bengkok seperti gambar 1-25, kapasitasnya dihitung sebagai berikut:



sumber : Hydraulics for Aeronautical
Engineers; Nekrasov; Moscow,
1971

Gambar 1-25. Pompa Piston Aksial Poros Bengkok

Kapasitas aliran efektif tiap detik:

$$Q_e = \pi/4 d^2 \cdot D_o \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \frac{n}{60} \cdot z \cdot \eta_v$$

dimana: Q_e = kapasitas aliran efektif tiap menit

d = diameter piston

D_o = diameter tabung/ring rumah piston
selinder

n = putaran pompa tiap menit

z = jumlah piston

γ = sudut kemiringan poros piston.

Contoh Soal. 1-4

Berapakah kapasitas aliran efektif pompa piston aksial pemindahan berubah-ubah pada kemiringan swash-plate 15° dengan jumlah piston 6 buah masing-masing berdiameter 3,5 cm dan diameter lingkaran rumah piston 50 cm. Jika pompa dipasang sejajar dengan poros utamanya dan berputar 3000 rpm, efisiensi volumetrik 70%, efisiensi mekanis 80% dan tinggi angkat manotris 5 m, tentukanlah tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa tersebut, ambil $sg = 0,80$.

Pengelesaian:

Kapasitas aliran pompa tiap menit adalah,

$$\begin{aligned} Q_e &= \pi/4 d^2 \cdot D_o \cdot z \cdot n \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \eta_v \\ &= 0,785 (0,035)^2 \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 3000 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ \cdot 0,7 \\ &= 785 \cdot (0,035)^2 \cdot 9 \cdot 0,7 \cdot 0,485 \\ &= 2,59 \text{ m}^3/\text{menit}. \end{aligned}$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa,

$$P = \frac{10^3 \cdot g \cdot s_g \cdot Q_e \cdot H_{man}}{60 \cdot \eta_{mek.} \cdot \eta_v}$$

$$P = \frac{10^3 \cdot 9,81 \cdot 0,80 \cdot 2,59 \cdot 5}{60 \cdot 0,80 \cdot 0,70}$$

$$= 2834 \text{ watt}$$

Contoh Soal 1-5.

Sebuah pompa piston aksial pemindahan berubah-ubah dengan kedudukan silinder pistonnya dimiringkan 45° terhadap poros putar. Jumlah piston sebanyak 6 buah masing-masing berdiameter 3 cm. Diameter rumah piston 60 cm dengan posisi kemiringan plat miring (swashplate) 15° . Berapakah kapasitas pompa tersebut jika berputar pada kecepatan 3000 rpm dengan efisiensi volmetrik 70%.

Penyelesaian:

Kapasitas aliran pompa tiap detik.

$$Q_e = \frac{\pi}{480} d^2 \cdot D_o \cdot z \cdot n \cdot \sin \gamma \left[\frac{1}{\cos(\phi - \gamma)} + \frac{1}{\cos(\phi + \gamma)} \right] \times \eta_v$$

$$Q_e = \frac{\pi}{480} (0,03)^2 (0,6) \cdot 6 \cdot 3000 \cdot \sin 15^\circ \left[\frac{1}{\cos(45-15)} + \frac{1}{\cos(45+15)} \right] \times 0,70$$

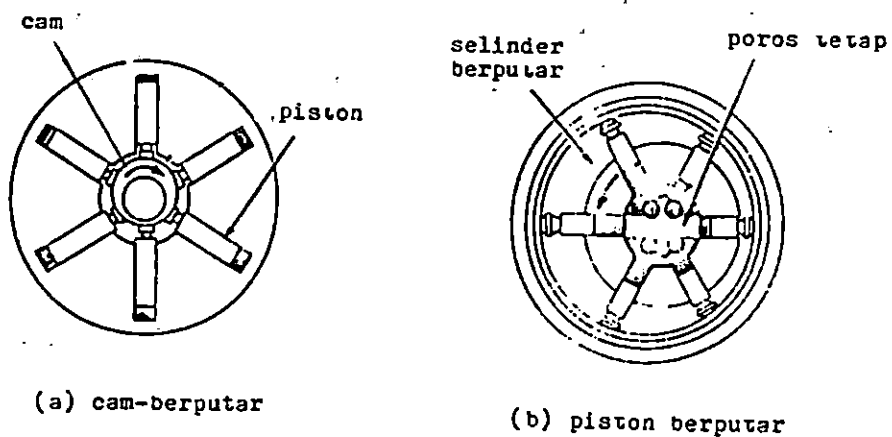
$$= 0,01059 \times \sin 15^\circ \left[\frac{1}{\cos 30} + \frac{1}{\cos 60} \right]$$

$$= 0,01059 \times 0,2588 \left[\frac{2}{\sqrt{3}} + 2 \right] = 0,061 \text{ m}^3/\text{det}$$

b). Pompa Piston Radial Pemindahan Berubah-ubah

Pompa jenis ini merupakan pompa hidrolis yang paling canggih di antara beberapa jenis pompa sebelumnya, karena mampu berputar pada kecepatan tinggi, tekanan tinggi, volume aliran yang maksimum dan cara pemindahan fluida yang berbeda-beda pada setiap putarannya.

Pompa tersebut dapat dioperasikan dengan dua prinsip yaitu, jenis cam-berputar dan jenis piston berputar seperti tampak pada gambar 1-23.



sumber : *Hydraulics* : Deere, Molino, 1982

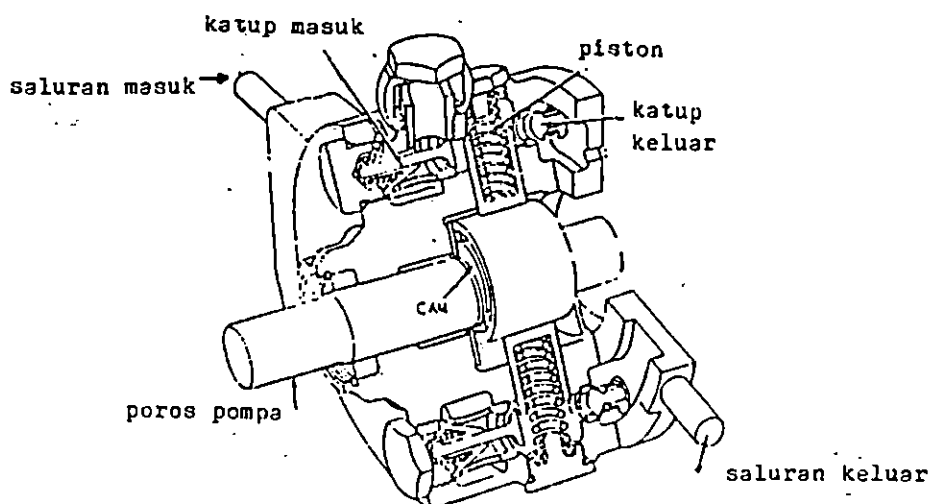
Gambar 1-23. Pompa piston radial pemindahan berubah-ubah

Pada jenis Cam-berputar, piston pompa ditempatkan di dalam sebuah rumah pompa yang permanen (tetap) sementara pada poros atau sumbunya mempunyai sebuah cam yang berfungsi untuk menggerakkan piston sewaktu berputar. Sedangkan pada jenis Piston-berputar, pistonnya ditempatkan di dalam sebuah selinder yang

berputar. Piston akan terdorong keluar dan bergerak maju-mundur mengikuti kerangka pompa apabila silinder tersebut berputar. Hal ini terjadi oleh karena silindernya dipasang tidak bersisian di dalam rumah pompa.

(1). Pompa Piston Radial Cam-Berputar.

Pompa piston radial jenis Cam-berputar kebanyakan direncanakan dengan atau mempunyai empat atau delapan buah piston seperti terlihat pada gambar 1-24. Piston-pistonnya ditempatkan secara radial di dalam sebuah rumah pompa yang tetap. Poros penggeraknya mempunyai sebuah cam-lonjong dan bersentuhan dengan piston pada waktu berputar sekaligus menggerakkannya untuk memompakan fluida. Tempat fluida masuk dan keluar adalah bagian dari pompa yang berbentuk cincin yang terletak pada ujung rumah pompa tersebut.



sumber : Hydraulics ; Deere, Molina, 1982

Gambar 1-24. Pompa Piston Radial Tipe Cam Berputar

Pintu atau saluran di masing-masing sisi lobang piston dihubungkan dengan saluran masuknya. Katup yang akan mendapatkan pembebanan pegas pada pintu tersebut membiarkan fluida mengalir keluar dan ke dalam lobang silinder piston. Piston bergerak keluar untuk langkah pengisian dengan bantuan poros Cam dan bergerak ke dalam untuk mengambil fluida perantaraan tekanan gaya pegas.

Pompa piston radial tipe Cam-Berputar ini juga dilengkapi dengan mekanisme pengontrolan langkah. Apabila tidak menggunakan alat pengontrol tersebut maka pompa akan bekerja menurut cara sebagai berikut:

(a). Langkah Pemasukan Piston

Pada waktu pegas piston mengembalikan piston ke arah titik pusat pompa maka di dalam silinder terjadi kevakuman dan keadaan ini memungkinkan fluida untuk membuka katup saluran masuknya sehingga fluida dapat memasuki ruang silinder. Sewaktu silinder terisi dan tidak ada lagi kevakuman maka katup saluran masuk tersebut akan tertutup oleh pegas.

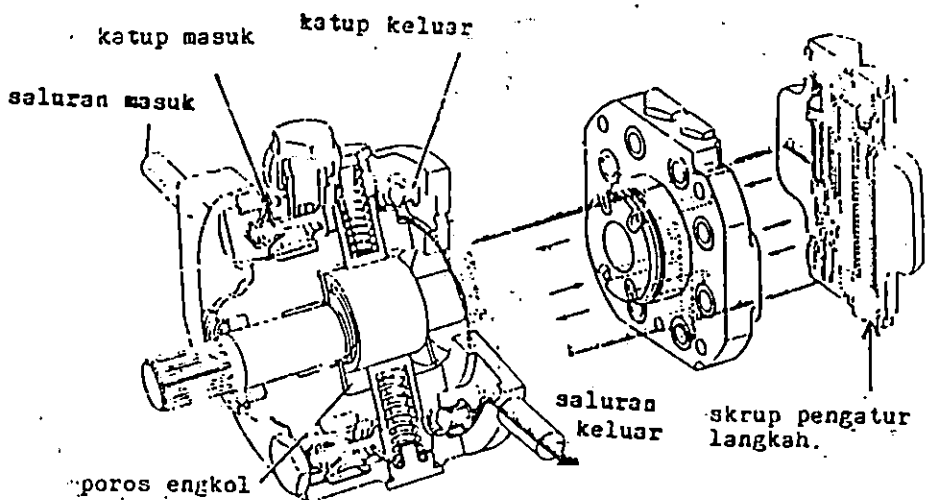
(b). Langkah Pengeluaran Piston

Untuk mengeluarkan fluida Cam pompa akan berputar menyentuh piston dan memaksanya bergerak keluar. Dorongan ini akan membuka katup saluran dan sekaligus melepaskan fluida keluar. Bilamana gerakan piston

mencapai titik puncaknya maka aliran fluida berhenti dan katup saluran keluar tertutup. Kemudian langkah pemasukan dimulai kembali.

Pada pompa yang memakai mekanisme pengontrol langkah jumlah pemindahan fluidanya diatur oleh mekanisme tersebut yaitu dengan cara menjauhkan piston dari cam penggerak secara otomatis.

Katup kontrol langkah akan memasukkan fluida ke bagian tengah pompa seperti terlihat pada gambar 1-25. Fluida mengalir dengan tekanan yang cukup kuat sehingga menjauhkan piston dari mekanik Cam. Katup keluar akan tertutup dan kemudian mengurung fluida yang telah terdapat di dalam ruang selinder. Hal ini menyebabkan pompa memperlambat pemompaannya walaupun poros penggerak terus berputar.



sumber : Hydraulics ; Deera,
Moline, 1982

Gambar 1-25. Prinsip Kerja Mekanisme Pengontrolan Langkah

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Fluida dilepaskan dari ruang pompa menuju saluran keluarnya jika telah terjadi penurunan tekanan di bagian saluran keluar pompa yang dikontrol oleh pegas katupnya secara hidrolis. Apabila tekanan di dalam ruang pompa turun piston akan menyentuh Cam dan mulai memompakan fluida kembali.

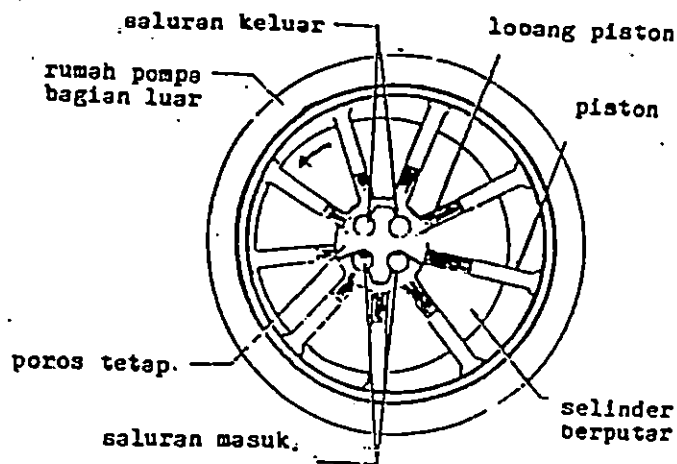
Pompa akan terus memompakan fluida sampai pada tekanan tertentu sehingga dapat menjauhkan piston tersebut dari mekanik Cam. Tekanan awalnya dikontrol dengan sekerup pengatur yang terdapat pada katup pengontrol langkah. Dengan mengatur jarak piston terhadap pergerakan cam akan didapat jumlah pengaliran fluida yang diinginkan ke dalam selinder piston guna di pompakan ke seluruh rangkaian sistem.

(2). Pompa Piston Radial Piston-Berputar.

Bentuk lain dari pompa piston radial adalah jenis piston berputar, seperti tampak dalam gambar 1-26. Piston-piston pompa berputar dan bekerja dengan cara yang agak menyerupai pompa ruji-ruji (vane) tak seimbang. Saluran masuk dan keluar pompa tersebut dipisahkan oleh sebuah spindel yang terdapat pada porosnya.

Pada waktu silinder berputar menyebabkan piston-piston pompa melakukan gerak bolak-balik di dalam ruang selindernya. Sewaktu piston tertolak keluar ke

arah kerangka pompa karena terdorong oleh suatu gaya sentrifugal tertentu. Kevakuman akan terjadi di dalam ruangan selinder piston sehingga fluida dapat mengalir masuk melalui saluran masuknya untuk mengisi masing-masing selinder pompa. Selanjutnya piston-piston pompa akan didesak kembali ke arah pusat atau lobangnya dan sekaligus memaksa fluida yang telah terisap tadi keluar melalui saluran keluarnya.



sumber : *Hydraulics*; Deere,
Moline, 1982

Gambar 1-26. Pompa Piston Radial jenis
Piston berputar

Kapasitas aliran untuk pompa piston radial ditentukan melalui rumus sebagai berikut:

$$Q_e = \frac{\pi d^2 \cdot e \cdot z \cdot n}{2} \cdot \eta_v$$

dimana: Q_e = kapasitas aliran efektif tiap menit

d = diameter piston

z = jumlah selinder

n = putaran pompa tiap menit

e = eksentrik (jarak penyimpangan sumbu selinder putar terhadap poros tetap)

η_v = efisiensi volumetrik.

Contoh Soal 1-6. _____

Tentukanlah kapasitas aliran sebuah pompa piston radial jika diketahui diameter pistonnya 4 cm, jumlah piston 6 buah. Jarak eksentrik poros pompa 1,0 cm. Pompa berputar 1500 rpm dengan efisiensi volumetrik 65%.

Penyelesaian:

Kapasitas pompa efektif adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{\pi d^2 \cdot e \cdot z \cdot n}{2 \times 60} \eta_v \\
 &= \frac{\pi \cdot (0,04)^2 \cdot 0,01 \cdot 6 \cdot 1500 \cdot 0,65}{120} \\
 &= 0,002 \text{ m}^3/\text{det.} \\
 &= 0,15 \text{ m}^3/\text{menit.}
 \end{aligned}$$

2. Pompa-pompa Pemindahan Non-Positif

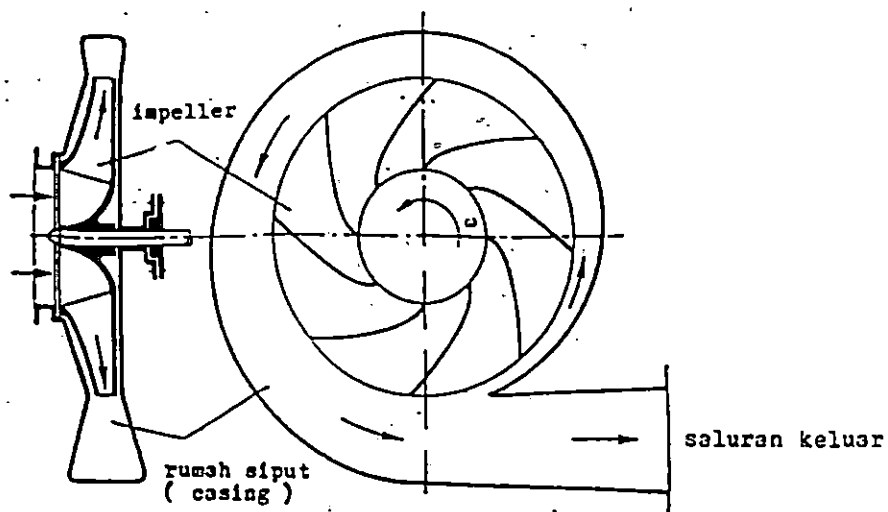
Pompa pemindahan non-positif dapat juga diartikan sebagai pompa rotor dinamika karena pompa-pompa jenis ini mempunyai unsur-unsur berputar yang dinamakan impeller dan memberikan energi terhadap fluida yang dipindahkannya. Unsur atau impeller ini akan menghasilkan gaya untuk menaikan fluida ke arah tegak lurus sumbu aksialnya dan kemudian mendorongnya dengan kecepatan radial.

Pompa pemindahan non positif atau pompa rotor dinamis ini dibedakan atas pompa sentrifugal, pompa propeller (baling-baling), dan pompa aliran campuran.

1). Pompa Sentrifugal

Adalah sejenis pompa yang cukup sederhana bentuknya terdiri dari sebuah kipas yang dapat berputar di dalam suatu rumah pompa berbentuk rumah siput (involute) seperti pada gambar 1-27. Bagian-bagian utamanya adalah saluran isap, poros penggerak dan saluran pengeluaran (tekan).

Pompa sentrifugal ini sebagian besar dipergunakan untuk sistem-sistem hidrolis bertekanan rendah yang membutuhkan volume aliran relatif besar dan juga sebagai pompa pengisi atau supercharger.

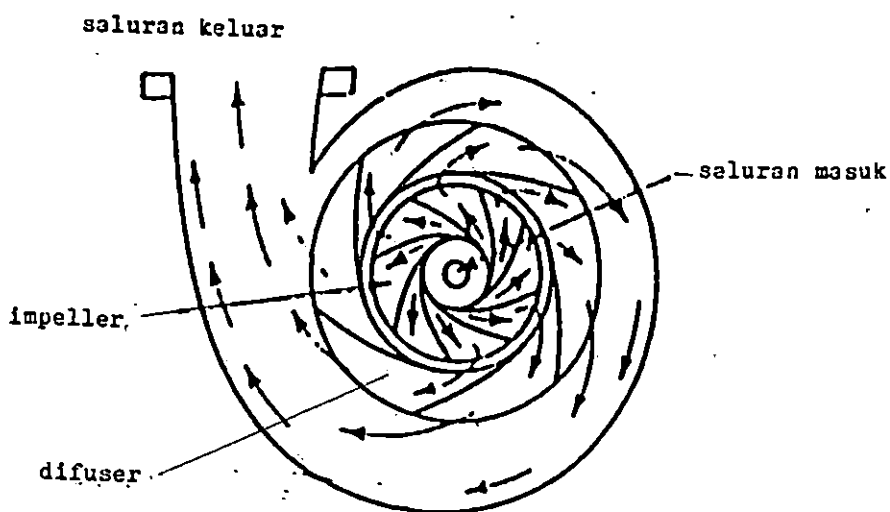


sumber : Hydraulics for Aeronautical
Engineers; Nekrasov; Moscow,
1971

Gambar 1-27. Pompa sentrifugal

Prinsip kerja pompa cukup sederhana yakni, sebelum pompa dijalankan terlebih dahulu ruang pompa diisi dengan fluida dan untuk menjaga agar fluida jangan sampai mengalir kembali ke saluran isap atau reservoir maka di bawah saluran tersebut dipasang sebuah katup. Bilamana kipas berputar dengan kencangnya maka sudu-sudu rotor akan memberikan gerak putar terhadap rumah pompa dan fluida yang berada di celah kipasnya. Gaya sentrifugal tersebut akan mendorong fluida mengelilingi sisi sebelah luar kipas sehingga di bagian lobang aliran masuk dari kipas terbentuk kevakuman. Sebagaimana diketahui pada permukaan reservoir bekerja tekanan atmosfer sehingga dengan adanya perbedaan tersebut memungkinkan fluida mengalir masuk dengan kecepatan tertentu melalui saluran isap.

Di dalam ruang pompa fluida akan dialirkan sedemikian rupa sehingga terjadi perubahan energi kinetik menjadi energi tekanan yang akan mendorong fluida dalam saluran tekan (pengeluaran). Pusaran fluida secara kontinu dari saluran isap terus ke saluran pengeluarannya dapat dilukiskan seperti pada gambar 1-28.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982.

Gambar 1-28. Pusaran Fluida Dalam Ruang Impeller

Lengkungan sudu-sudu impeller pada pompa ini dibuat berlawanan arah dengan putaran pompa guna lebih meningkatkan efisiensi. Di samping itu agar pompa dapat beroperasi lebih baik maka pipa saluran keluarnya dibuat lebih kecil dibandingkan pipa isapnya, serta memperhatikan susunan dan penyambungan pipanya.

Dibandingkan dengan jenis pompa hidrolis lainnya pompa sentrifugal mempunyai beberapa keuntungan dan kerugian sebagai berikut:

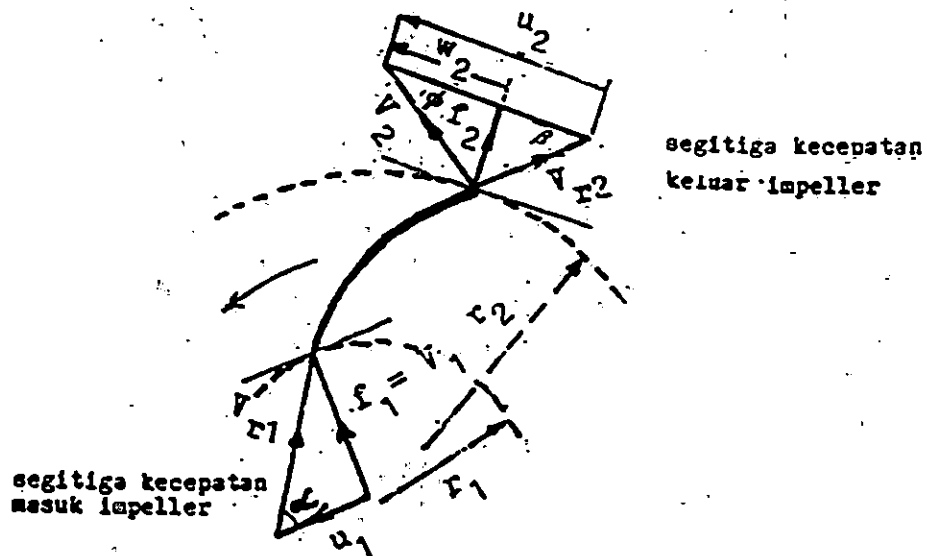
a). Keuntungan.

- (1). Pada volume pemindahan yang sama harga pembeliannya lebih rendah.
- (2). Ongkos pemeliharaannya relatif lebih murah karena tidak begitu banyak memiliki komponen-komponen yang bergerak.
- (3). Memerlukan ruangan tempat relatif lebih kecil.
- (4). Jumlah putaran tinggi dan jalannya lebih tenang atau stabil.
- (5). Mengalirkan fluida secara kontinu atau terus menerus.

b). Kerugian.

- (1). Efisiensi lebih rendah terutama pada volume pemindahan yang kecil dan tenaga dorong yang lebih besar.
- (2). Tidak cocok digunakan untuk memindahkan fluida yang kental.

Kapasitas atau pemindahan pompa tiap menit untuk pompa-pompa pemindahan non positif (sentrifugal) ini dapat ditentukan sebagai berikut.



Gambar 1-29. Segitiga Kecepatan Aliran Fluida Masuk dan Keluar Impeller

Apabila, D_1 = diameter impeller pada bagian sisi masuk.

V_1 = Kecepatan absolut fluida memasuki impeller.

u_1 = Kecepatan tangensial (keliling) impeller.

f_1 = kecepatan radial fluida memasuki impeller atau komponen radial V_1 .

w_1 = kecepatan tangensial fluida memasuki impeller atau kecepatan roda, yakni komponen tangensial V_1 .

V_{r1} = kecepatan relatif fluida terhadap impeller.

D_2 = diameter impeller pada bagian sisi keluar

V_2 = kecepatan absolut fluida keluar impeller.

u_2 = kecepatan tangensial (keliling) impeller.

f_2 = kecepatan radial fluida keluar impeller atau komponen V_2 .

w_2 = kecepatan tangensial fluida keluar impeller atau komponen tangensial V_2 .

V_{r2} = kecepatan relatif fluida keluar impeller.

n = putaran pompa rpm.

b_1 = lebar impeller pada sisi masuk.

b_2 = lebar impeller pada sisi keluar.

maka kapasitas atau pemindahan pompa adalah,

$$Q = \pi D_1 b_1 f_1 = \pi D_2 b_2 f_2 \quad \text{m}^3/\text{men.}$$

sedangkan kecepatan tangensial (keliling) impeller adalah,

$$u = \frac{\pi D n}{60} \quad \text{m/detik}$$

Torsi yang timbul pada impeller adalah sama dengan perubahan momentum kecepatan aliran fluida masuk dan keluar impeller. Jadi,

$$T = \rho \cdot Q \cdot w_2 \cdot r_2$$

Dengan demikian tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa adalah,

$$P = \text{Torsi} \times \text{kecepatan sudut}$$

$$= \rho \cdot Q \cdot w_2 \cdot r_2 \cdot \omega$$

$$= \rho \cdot Q \cdot w_2 \cdot u_2.$$

Jika tinggi kenaikan efektif (manometrik) pompa diketahui maka tenaga yang dibutuhkan adalah:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{man}$$

Adapun nilai-nilai kecepatan fluida memasuki atau keluar impeller akan dapat ditentukan melalui segitiga kecepatan bilamana sudut masuk impeller α serta sudut keluar impeller β dan sudut pancaran fluida meninggalkan impeller ϕ diketahui seperti pada gambar 1-29. maka didapat hubungan:

$$w_2 = u_2 - \frac{f_2}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$f_1 = V_1 = u_1 \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{dan, } V_2 = \sqrt{f_2^2 + w_2^2}$$

Contoh Soal 1-4 . _____

Sebuah pompa sentrifugal mempunyai impeller dengan jari-jari luar 0,15 m kecepatan keliling 9 m/det. Fluida memasuki impeller dengan kecepatan 1,5 m/det, sudut masuk impeller 30° . Jika kapasitas pompa 3,4 m³/menit, tentukanlah torsi yang bekerja pada impeller.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} w_2 &= u_2 - f_2 \operatorname{cotg} \beta \\ &= 9 - 1,5 \operatorname{cotg} 30^\circ \\ &= 6,4 \text{ m/det.} \end{aligned}$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Jika massa jenis $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

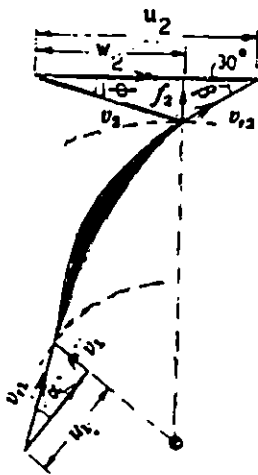
$$T = \frac{\rho \cdot Q \cdot w_2 \cdot r^2}{60}$$

$$\frac{1000 \cdot 3,4 \cdot 6,4 \cdot 0,15}{60}$$

$$= 54,4 \text{ Nm.}$$

Contoh Soal 1-5

Sebuah pompa sentrifugal mengalirkan air sebanyak 2000 liter/detik pada tinggi angkat total 15 m, putaran impeller 240 rpm. Diameter impeller 1,5 m, kecepatan aliran pada sisi keluar 2,5 m/det. Jika sudut keluar impeller 30° , hitunglah:



- Efisiensi manometrik
- Tenaga untuk menggerakkan pompa.
- Kecepatan minimum untuk menggerakkan pompa, bila diameter dalam impeller $1/2 \times$ diameter luarnya.

Gambar 1-30. Contoh Soal 1-5

Penyelesaian

Kecepatan keliling impeller,

$$\begin{aligned}
 u_2 &= \frac{\pi D_2 \cdot n}{60} \\
 &= \frac{3,14 \cdot 1,5 \cdot 240}{60} \\
 &= 18,85 \text{ m/det.}
 \end{aligned}$$

Dari segitiga kecepatannya diperoleh,

$$\begin{aligned}
 w_2 &= u_2 - f_2 \cotg \beta \\
 &= 18,85 - 2,5 \cotg 30^\circ \\
 &= 14,25 \text{ m/det.}
 \end{aligned}$$

sedangkan efisiensi manometrik adalah,

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{man}} &= \frac{H_m}{\frac{w_2 \cdot u_2}{g}} \\
 &= \frac{15}{\frac{14,52 \cdot 18,85}{9,81}} \\
 &= 54\%
 \end{aligned}$$

Tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa adalah:

$$\begin{aligned}
 P &= \rho \cdot Q \cdot w_2 \cdot u_2 \\
 &= 1000 \cdot 2 \cdot 14,25 \cdot 18,85 \\
 &= 537,225 \text{ kWatt.}
 \end{aligned}$$

Kecepatan keliling impeller pada sisi masuk adalah,

$$u_1 = u_2 \cdot \frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{2} u_2$$

Sedangkan tinggi manometris adalah,

$$\begin{aligned} H_m &= \frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} \\ &= \frac{u_2^2 - (\frac{1}{2} u_2)^2}{2g} = \frac{3/4 u_2^2}{2g} \end{aligned}$$

$$u_2^2 = \sqrt{4/3 (15 \cdot 2 \cdot 9,81)}$$

$$u_2 = 19,82 \text{ m/det.}$$

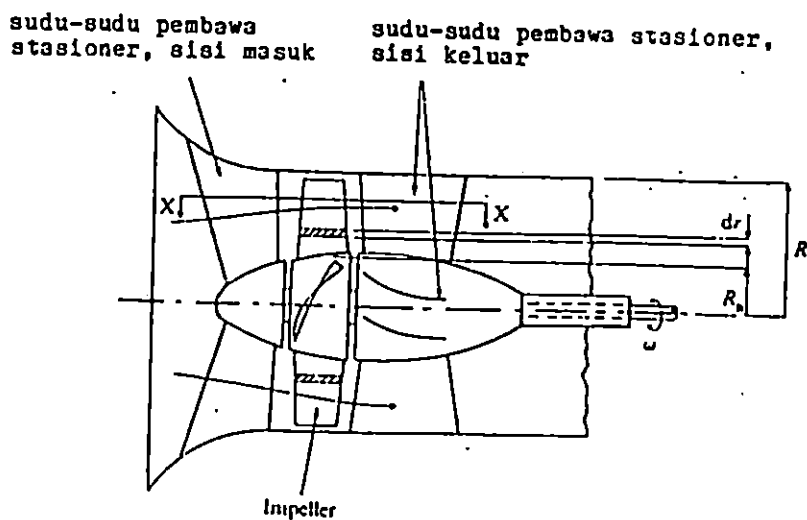
Jadi kecepatan putaran minimum untuk menggerakkan pompa adalah,

$$\begin{aligned} u_2 &= \frac{\pi D_2 \cdot n_2}{60} \\ n_2 &= \frac{60 u_2}{\pi D_2} \\ &= \frac{60 \cdot 19,82}{3,14 \cdot 1,5} = 252 \text{ rpm.} \end{aligned}$$

2). Pompa Baling-baling (Propeller)

Pompa jenis ini pada prinsipnya juga tergolong pompa sentrifugal, yang membedakannya adalah bentuk impeller atau kipasnya seperti tampak dalam gambar 1-31. Ditinjau dari segi alirannya pompa ini disebut juga

pompa aliran aksial, dengan luas penampang aliran yang sama besar antara bagian masuk (inlet) dan keluar (outlet). Di bagian depan dan belakang impellernya terdapat sudu-sudu pembawa stationer (bersifat tetap) dimana aliran fluida ketika melewati sudu-sudu propeller akan mengalami pembesaran.

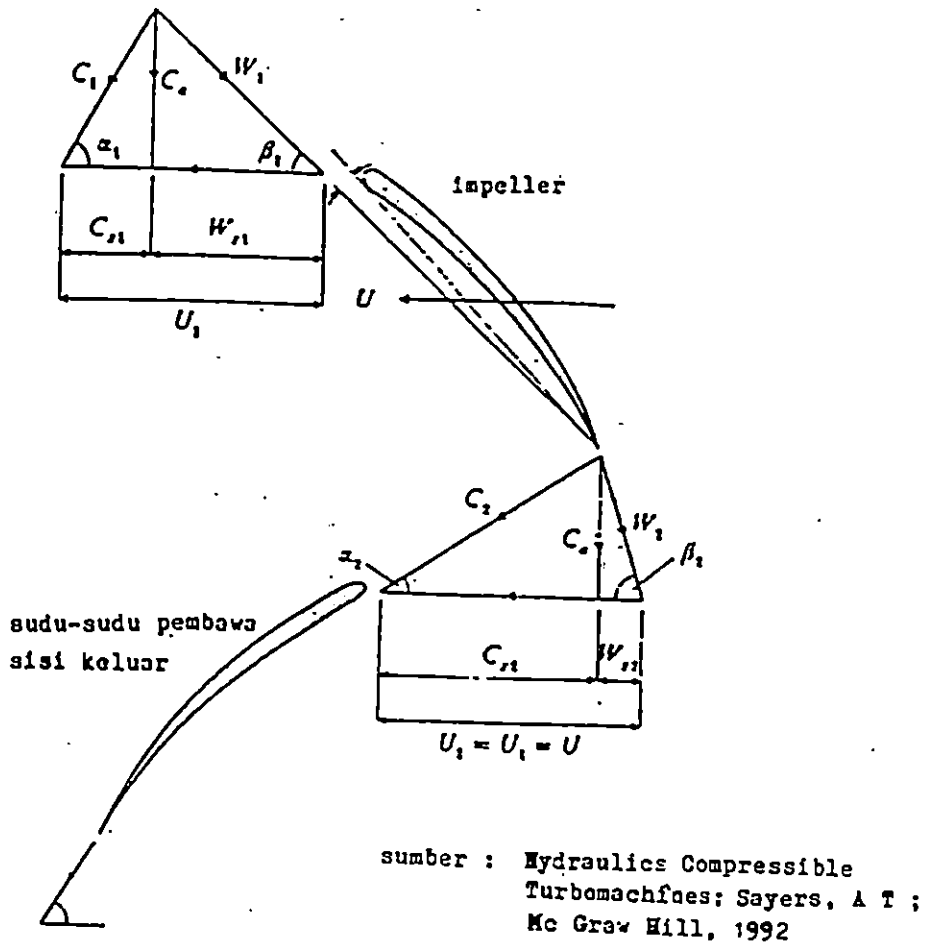


sumber : Hydraulics Compressible
Turbomachines; Sayers, A T
Mc Graw Hill, 1992

Gambar 1-31. Pompa Baling-baling

Jumlah sudu-sudu propeller pompa biasanya direncanakan antara dua sampai delapan buah dengan perbandingan diameter kaki dan diameter luar impeller antara 0,3 - 0,6. Pompa tersebut mempunyai kapasitas aliran yang cukup besar akan tetapi hanya punya tekanan dorong (tinggi head yang rendah), yaitu pada ketinggian (head) 20 meter.

Diagram kecepatan aliran masuk dan keluar impeller untuk pompa baling-baling tersebut dapat dilukiskan seperti pada gambar 1-31.



Gambar 1-32. Diagram Kecepatan Aliran pada Impeller Pompa Baling-baling

Oleh karena luas penampang aliran fluida masuk dan keluar impeller sama besar, maka:

$$C_{r1} = C_{r2} = C_r = C_a$$

dengan massa aliran fluida tiap detik:

$$m = \rho C_a (R_t^2 - R_h^2)$$

dimana, C_a = kecepatan absolut fluida masuk dan keluar impeller

C_r = komponen radial kecepatan absolut fluida masuk dan keluar impeller

C_{r1} = komponen radial kecepatan absolut masuk impeller

C_{r2} = komponen radial kecepatan absolut keluar impeller

R_t = jari-jari luar impeller

R_h = jari-jari dalam impeller

ρ = massa jenis fluida.

Adapun tinggi energi yang dapat dikembangkan impeller adalah,

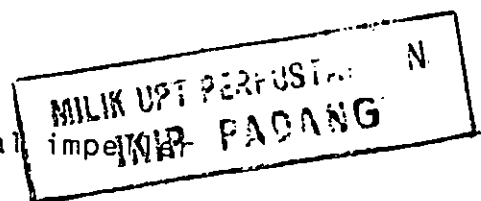
$$E = U (C_{x2} - C_{x1})/g$$

sedangkan energi maksimum yang dipindahkan oleh impeller terjadi jika, : $C_{x1} = 0$ pada sudut $\alpha_1 = 90^\circ$ dan $C_1 = C_a$, yaitu sebesar,

$$E = U (U - C_a \cot \alpha_2)/g$$

dimana: $U = \omega r$

= kecepatan tangensial impeller



$$r = 1/2 (R_h + R_t)$$

= jari-jari rata-rata impeller

C_{x1} = komponen tangensial kecepatan absolut fluida masuk impeller

C_{x2} = komponen tangensial kecepatan absolut fluida keluar impeller

ω = kecepatan sudut impeller

β_2 = sudut masuk sudu-sudu stator tetap belakang impeller

α_2 = sudut keluar rotor atau impeller

β_1 = sudut keluar sudu-sudu stator tetap depan impeller.

Contoh soal. 1-5

Sebuah pompa baling-baling dengan diameter dalam dan keluar impeller masing-masing 0,75 m dan 1,8 m. Sudut masuk sudu-sudu stator tetap belakangnya 40° terhadap diameter rata-rata impeller, sedangkan sudut keluar rotor terhadap diameter rata-ratanya 30° . Apabila pompa tersebut berputar 250 rpm, tentukanlah:

- kecepatan aksial aliran masuk sudu-sudu stator
- torsi pada rotor, jika kecepatan aksial konstan
- kecepatan tangensial masuk dan keluar impeller.

Penyelesaian.

Berdasarkan segitiga kecepatan pada gambar 1-30 diketahui $\beta_2 = 40^\circ$ dan $\alpha_2 = 30^\circ$.

Diameter rata-rata impeller

$$D_m = \frac{1,8 + 0,75}{2} = 1,275 \text{ m.}$$

a). Kecepatan tangensial impeller rata-rata

$$\begin{aligned} U &= \frac{\pi D \cdot n}{60} \\ &= \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 1,275}{60} \\ &= 16,69 \text{ m/det.} \end{aligned}$$

Dari segitiga kecepatan diperoleh,

$$W_{x2} = \frac{C_a}{\text{tg } \beta_2} \qquad C_{x2} = \frac{C_a}{\text{tg } \alpha_2}$$

sehingga didapatkan,

$$W_{x2} + C_{x2} = U = C_a (\text{ctg } \alpha_2 + \text{ctg } \beta_2)$$

$$16,69 = 2,92 C_a$$

$$C_a = 5,71 \text{ m/det}$$

b). Besar debit aliran melalui analus,

$$Q = C_a \cdot A$$

$$= \frac{5,71}{4} \cdot 3,14 (1,8^2 - 0,75^2)$$

$$= 12 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Komponen tangensial kecepatan absolut keluar

$$C_{x2} = C_a \text{ ctg } 40^\circ$$

$$= 5,71 \text{ ctg } 40^\circ$$

$$= 6,8 \text{ m/det.}$$

Tinggi energi (head) yang dibangkitkan impeller adalah,

$$H = \frac{U \cdot Cx2}{g} = \frac{16,69 \cdot 6,8}{9,81} = 11,57 \text{ m}$$

Tenaga yang dipindahkan,

$$\begin{aligned} P &= \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \\ &= \frac{10^3 \cdot 9,81 \cdot 12 \cdot 16,69 \cdot 6,8}{9,81} \\ &= 1,362 \text{ MW.} \end{aligned}$$

Jadi torsi pada poros pompa adalah,

$$\begin{aligned} T &= \frac{P}{\omega} \\ &= \frac{1,362 \cdot 10^6 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 250} \\ &= 52025 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

c). Kecepatan tangensial melalui kaki sudu,

$$U_r = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 0,75}{60} = 9,8 \text{ m/det.}$$

oleh karena komponen $Cx1 = 0$, maka:

$$\begin{aligned} \text{tg } \alpha_{1r} &= \frac{C_a}{U_r} = \frac{5,71}{9,8} \\ \alpha_{1r} &= 30,2^\circ \end{aligned}$$

Kecepatan tangensial melalui ujung sudu,

$$U_t = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 1,8}{60}$$

$$= 23,56 \text{ m/det}$$

$$\text{tg } \alpha_{1t} = \frac{5,71}{23,56} = 13,6^\circ.$$

E. Karakteristik dan Faktor-faktor Pemilihan Pompa

Sebegitu jauh uraian mengenai jenis-jenis pompa baru hanya membahas beberapa jenis pompa yang populer dipergunakan untuk sistem-sistem hidrolis mesin, tentu saja hal tersebut belum mencakup dari sedemikian banyaknya jenis pompa-pompa hidrolis.

Mengenai tentang hal karakteristik pompa tidak kalah pentingnya untuk diketahui di dalam pengoperasiannya guna dapat membantu mendiagnosa masalah-masalah sistem hidrolis. Diantaranya ada beberapa hal yang perlu untuk dipelajari, yaitu:

1. Efisiensi Pompa Hidrolis.

Efisiensi pompa adalah merupakan salah satu karakteristik pompa yang perlu dipertimbangkan di dalam pemilihan sebuah pompa. Dari segi penampilan kerja efisiensi berarti seberapa baik sesuatu pompa melakukan tugasnya. Mungkin sesuatu pompa telah memenuhi angka pengaliran yang dikehendaki untuk sistem hidrolis dan

dengan kondisi tekanan serta batas jangkauan kecepatan yang cukup memenuhi persyaratan. Akan tetapi bagaimana jika ditemui sesuatu pompa menghendaki tenaga mekanis yang lebih besar untuk angka pengaliran yang tinggi atau bagaimana menetapkan bahan-bahan pompa agar tahan terhadap tekanan atau gesekan di dalam aliran fluida.

Dalam hal ini berarti tidak hanya sekedar angka pengaliran, tetapi adalah suatu angka atau jumlah pengaliran pompa yang dapat memberikan serta menjamin pengoperasian yang ekonomis serta efisien. Dari segi efisiensi ada tiga tingkatan penilaian yang dapat menggambarkan kualitas sesuatu pompa yakni:

a. Efisiensi Volumetrik.

Efisiensi volumetrik adalah perbandingan antara jumlah pemindahan aliran yang sesungguhnya dari sebuah pompa terhadap pemindahan secara teoritis. Perbedaan jumlah pemindahan ini disebabkan timbulnya kebocoran-kebocoran atau kerugian-kerugian aliran. Jadi efisiensi volumetrik adalah,

$$\begin{aligned}\eta_v &= \frac{\text{volume pemindahan aktual}}{\text{Pemindahan teoritis} \times \text{putaran}} \times 100\% \\ &= \frac{Q_a}{V_p \cdot n} \times 100\%\end{aligned}$$

dimana, Q_a = volume fluida yang dipindahkan sesungguhnya m^3/det .

V_p = volume pemindahan pompa m^3/put

n = jumlah putaran rpm.

b. Efisiensi Mekanis

Efisiensi mekanis adalah perbandingan antara keseluruhan efisiensi pompa terhadap efisiensi volumetrik. Perbedaan ini biasanya disebabkan oleh kondisi pemakaian dan gesekan yang timbul pada bagian-bagian pompa tertentu saat beroperasi. Jadi efisiensi mekanis,

$$m = \frac{\text{Efisiensi total}}{\text{Efisiensi volumetrik}} \times 100\%$$

$$= \frac{\eta_{tot}}{\eta_v} \times 100\%$$

Efisiensi mekanis ini sering juga dinamakan efisiensi torsi (puntiran), yaitu perbandingan antara torsi aktual yang dihasilkan pada pompa terhadap torsi teoritisnya yang dinyatakan dalam pengertian pemindahan pada suatu kondisi tekanan kerja spesifik. Jadi juga berarti efisiensi torsi,

$$T = \frac{\text{Torsi aktual}}{\text{Torsi teoritis}} \times 100\%$$

$$= \frac{T_o}{T_t} \times 100\%$$

$$m = \frac{T_o}{\pi/2 (V_p \cdot p)} \times 100\%$$

dimana, T_o = torsi aktual Nm

T_t = torsi teoritis Nm

V_p = pemindahan pompa m^3/put

p = tekanan kerja spesifik Pa.

c. Efisiensi Total

Efisiensi total adalah perbandingan antara tenaga hidrolik yang dihasilkan terhadap tenaga mekanik yang masuk atau dibutuhkan pompa. Jadi efisiensi total,

$$\eta_{tot} = \frac{\text{Tenaga fluida yang dihasilkan}}{\text{Tenaga yang dibutuhkan pompa}}$$

$$= \frac{p \cdot Q_a}{P} \times 100\%$$

dimana, $P = T_o \cdot \omega$

$$= \frac{2 \pi n \cdot T_o}{60}$$

sehingga: $\eta_{tot} = \frac{p \cdot Q_a}{T_o \cdot \omega} \times 100\%$

2. Pengaliran, Tekanan dan Kecepatan Putaran

Karakteristik lainnya yang perlu diketahui untuk menilai sebuah pompa adalah masalah volume fluida yang dapat dialirkannya dalam satuan waktu tertentu. Permasalahan ini sering juga disebut dengan istilah angka pengaliran, pemindahan, kapasitas atau ukuran pompa.

Perhitungan mengenai angka pengaliran tersebut tidak dapat berdiri sendiri dan harus diikuti dengan gambaran mengenai besar atau jumlah tekanan yang dapat ditahan oleh pompa dan masih menghasilkan angka pengaliran yang ditetapkan. Selain dari tekanan tersebut faktor lainnya yang mempengaruhi angka pengaliran adalah kecepatan putaran pompa.

Pada pompa-pompa pemindahan tetap ^{Pada STG} besar volume aliran fluida yang dipindahkan dipengaruhi oleh putaran pompa, semakin cepat pompa berputar semakin banyak pula fluida yang dialirkan. Tetapi pada pompa dengan pemindahan tidak tetap mempunyai angka pengaliran yang berganti-ganti.

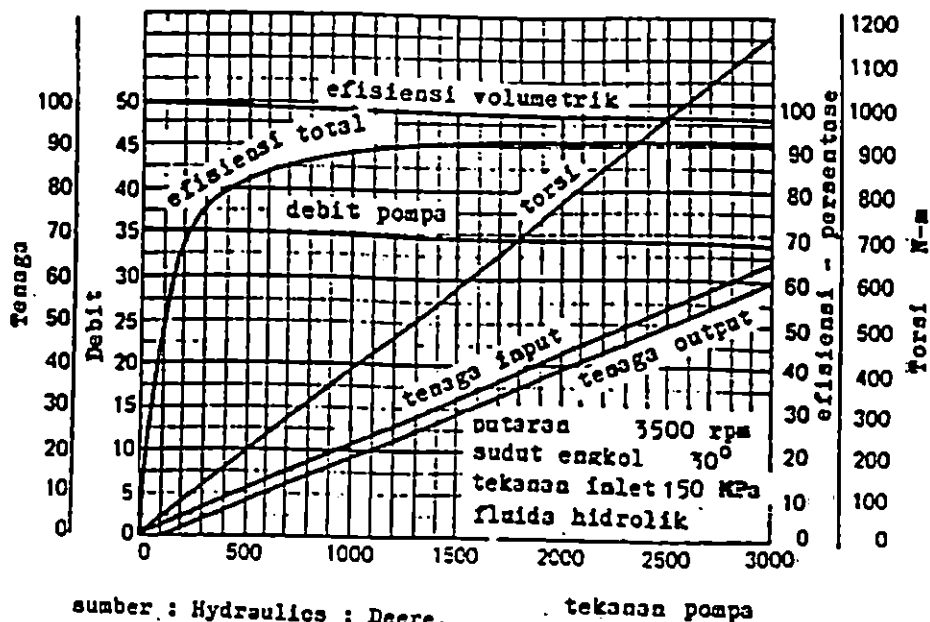
Dari tiga jenis pompa yang telah diuraikan sebelumnya dapat dibandingkan masing-masing angka pengaliran, tekanan, dan kecepatannya seperti dicantumkan dalam Tabel 1-1.

Tabel 1-1. Perbandingan Angka Pengaliran, Tekanan, dan Kecepatan Pompa

Jenis Pompa	Pengaliran Liter/menit)	Tekanan (MPa)	Kecepatan (Rpm)
Rodagigi	0,75 - 568	1,7 - 17,3	800 - 3500
Ruji-ruji	1,80 - 946	1,7 - 17,3	1200 - 4000
Piston	1,80 - 1703	5,1 - 34,5	800 - 6000

sumber : Hydraulics; Deere,
Moline, 1982

Sedangkan diagram yang memperlihatkan hubungan antara berbagai faktor tentang penampilan (karakteristik) pompa tersebut dapat dilukiskan pada gambar 1-32.



Gambar 1-32. Grafik Karakteristik Pompa Hidrolik

3. Pengaliran, Tekanan dan Kecepatan Putaran

Faktor lainnya yang tak kalah pentingnya di dalam memilih suatu jenis pompa untuk sistem hidrolik mesin adalah masalah ukuran fisik pompa. Kebanyakan sistem hidrolik tidak mempunyai ruangan yang begitu besar sebagai tempat memasang pompa. Dengan membuat berbagai ukuran masalah tersebut bukanlah menjadi suatu hambatan yang besar. Akan tetapi yang terpenting dalam hal ini justru adalah menyesuaikan ukuran fisik pompa dengan ruangan yang tersedia.

Dari ketiga jenis pompa di atas, pompa roda gigi merupakan jenis pompa yang berukuran paling kecil, pompa ruji-ruji termasuk berukuran sedang (menengah) sedangkan pompa piston termasuk jenis pompa berukuran besar. Walaupun demikian ada dua kriteria yang dijadikan dasar dalam hal memilih sebuah pompa, yaitu:

- a). berkaitan dengan alat aktuatornya yaitu, motor dan selinder hidrolis sistem.
- b). berkaitan dengan efisiensi dan pengoperasian pompa, yakni meliputi tekanan sistem, putaran, biaya, perawatan, suara dan sebagainya.

Adalah suatu hal yang keliru memilih sesuatu pompa dengan angka pengaliran yang rendah dipergunakan pada sistem yang menghendaki pengaliran yang tinggi atau sebaliknya memilih pompa dengan angka pengaliran tinggi untuk sistem yang pengaliran rendah. Melakukan kesalahan dalam hal seperti ini berarti mempertinggi biaya untuk pengoperasian sistem hidrolis.

Contoh soal 1-7. _____

Sebuah pompa bekerja dengan tekanan 17,25 MPa dan debit 12 liter/menit. Pompa membutuhkan tenaga 3800 watt dan putaran 1800 rpm. Tentukanlah efisiensi total dan torsi yang bekerja pada pompa.

Penyelesaian.

Efisiensi total pompa adalah,

$$\begin{aligned}\eta_{\text{tot}} &= \frac{\rho \cdot Q_a \cdot a}{P} \times 100\% \\ &= \frac{17,25 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}{3800} \times 100\% \\ &= 90\%.\end{aligned}$$

Torsi yang bekerja pada pompa adalah,

$$\begin{aligned}T &= \frac{60 \cdot P}{2 \pi n} = \frac{60 \cdot 3800}{2 \cdot 3,14 \cdot 1800} \\ &= 20,17 \text{ Nm}.\end{aligned}$$

Contoh soal 1-8. _____

Hitunglah efisiensi volumetrik sebuah pompa dengan pemindahan 0,1 m³/putaran dan mengalirkan fluida 195 m³/menit pada putaran 3300 rpm.

Penyelesaian.

Efisiensi volumetrik ialah,

$$\begin{aligned}\eta_v &= \frac{Q_a}{V_p \cdot n} \times 100\% \\ &= \frac{195}{0,1 \cdot 3300} \times 100\% \\ &= 59\%.\end{aligned}$$

Contoh soal 1-9. _____

Sebuah pompa pemindahan positif mempunyai efisiensi total 85%, efisiensi volumetrik 95%. Jika tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa 3500 watt pada putaran 1500 rpm, hitunglah efisiensi mekanis pompa dan efisiensi torsiya apabila pompa bekerja dengan tekanan 10 MPa dan pemindahan 0,05 liter/putaran.

Penyelesaian.

Efisiensi mekanis pompa adalah,

$$\begin{aligned}\eta_m &= \frac{\eta_{\text{tot}}}{\eta_v} \times 100\% \\ &= \frac{0,85}{0,95} \times 100\% \\ &= 89,5\%.\end{aligned}$$

Torsi aktual menggerakkan pompa adalah,

$$\begin{aligned}T_o &= \frac{60 P}{2 \pi n} \\ &= \frac{60 \cdot 3500}{2 \cdot 3,14 \cdot 1500} \\ &= 22,3 \text{ Nm}.\end{aligned}$$

Efisiensi torsi pompa yakni:

$$\eta_T = \frac{T_o}{\pi/2 (V_p \cdot p)} \times 100\%$$

$$= \frac{22,3 \cdot 2}{3,14 \cdot (0,05 \cdot 10 - 3 \cdot 10 \cdot 10^{-6})} \times 100\%$$

$$= 71\%.$$

F. Soal-soal.

1. Terangkan perbedaan prinsip pompa pemindahan positif dan pemindahan non-positif serta sebutkan jenis-jenisnya.
2. Apakah yang terjadi terhadap aliran volume dalam pompa rodagigi bilamana arah putarannya diubah ?
3. Sebutkan apa gunanya mekanisme pengontrol langkah pada pompa piston, terangkan !
4. Apakah fungsinya swashplate dalam pompa piston aksial.
5. Hitunglah volume teoritis pompa piston aksial yang mempunyai 9 buah selinder dengan diameter 9 mm panjang langkah 122 mm dan bekerja pada putaran 2500 rpm.
6. Sebuah pompa rodagigi berputar 1000 rpm, mengalirkan minyak 20 liter/menit pada tekanan maksimum 6 bar. Hitunglah tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa tersebut jika efisiensi totalnya 70%.

7. Sebuah pompa sentrifugal memindahkan fluida sebanyak $1,27 \text{ m}^3/\text{menit}$ pada putaran 1200 rpm . Diameter impeller 350 mm lebar sisi masuk impeller $12,7 \text{ mm}$, perbedaan tekanan masuk dan keluar 127 kPa . Tentukanlah sudut keluar sudu impeller !

BAB II

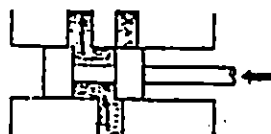
KATUP HIDROLIK

A. Pengantar

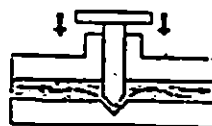
Katup hidrolik merupakan alat kelengkapan suatu Sistem Hidrolik yang berfungsi untuk mengatur atau mengontrol tekanan, arah, dan volume aliran fluida (minyak hidrolik) yang mengalir di dalam rangkaian pemipaan sistem. Menurut fungsinya katup hidrolik tersebut dibedakan atas tiga macam, yaitu katup pengontrol tekanan, katup pengontrol arah dan katup pengontrol volume seperti terlihat pada gambar 2-1.



katup kontrol tekanan



katup kontrol arah



katup kontrol volume

sumber : Hydraulics ; Doere,
Moline, 1982

Gambar 2-1. Jenis-jenis Katup Hidrolik

Katup pengontrol tekanan biasanya digunakan untuk membatasi dan mengurangi tekanan yang terjadi di dalam sistem hidrolik dan sekaligus juga berfungsi untuk dapat mencegah sistem dan para pekerja (operator) dari kerusakan dan bahaya yang dapat terjadi sebagai akibat tekanan kerja yang terlalu tinggi atau melebihi ketentuan sewaktu sistem dioperasikan atau bekerja.

Katup pengontrol tekanan ini meliputi, katup pembantu, katup penurun tekanan, katup penghubung tekanan, dan katup pembuangan.

Adapun katup pengontrol arah aliran berfungsi untuk mengatur dan menjaga arah aliran fluida (minyak) di dalam sirkuit atau rangkaian pemipaan suatu sistem hidrolis. Katup ini meliputi katup daun, katup kumparan, dan katup putar. Sedangkan katup-katup pengontrol volume aliran digunakan untuk mengatur besar atau jumlah minyak (fluida) yang dipompakan melalui rangkaian pemipaan sistem hidrolis terus ke aktuator, motor, dan silinder hidrolis.

Katup-katup hidrolis dapat dioperasikan dengan beberapa cara yaitu perantaraan tangan (manual), cara hidrolis, cara listrik dan menggunakan tekanan angin (pheneumatik). Untuk beberapa sistem hidrolis mesin yang bersifat lebih canggih dapat pula dilayani dengan cara otomatis.

B. Katup-katup Pengontrol Tekanan

Secara terinci katup-katup pengontrol tekanan ini dipergunakan untuk:

- 1). Membatasi tekanan yang terjadi di dalam sistem.
- 2). Menurunkan tekanan di dalam sistem.
- 3). Mengatur tekanan minyak (fluida) yang masuk ke dalam rangkaian pemipaan sistem.



4). Mengamankan dan menjaga pompa dari kerusakan.

Katup-katup pengontrol tekanan tersebut dibedakan atas beberapa macam, antara lain yaitu:

1. Katup Pembebas Tekanan

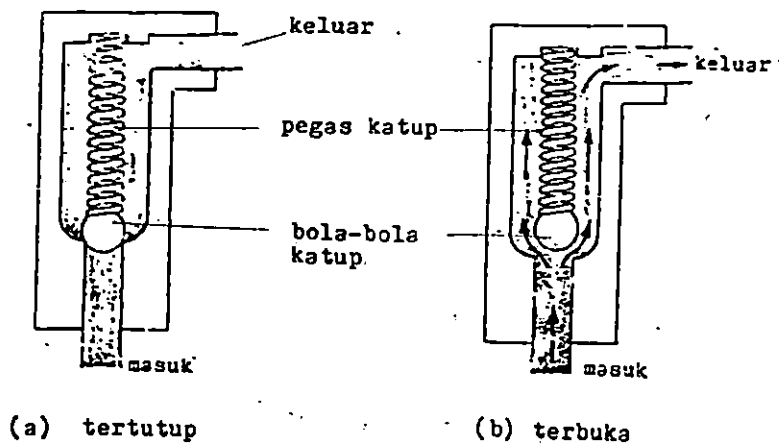
Semua sistem hidrolik direncanakan dan dioperasikan pada suatu kondisi tekanan tertentu. Tekanan kerja yang terlalu tinggi atau diluar batas yang diizinkan justru dapat merusak komponen-komponen sistem sehingga membahayakan bagi keselamatan dalam bekerja. Untuk menghindari hal demikian maka sistem perlu dilengkapi dengan katup pembebas tekanan yang berfungsi sebagai katup pengaman. Katup tersebut akan terbuka dan melepaskan sebagian minyak (fluida) apabila tekanan di dalam sistem terlalu tinggi.

Katup pembebas tekanan biasanya dipasang berdekatan dengan bagian saluran keluar (output) pompa hidrolis atau pada bagian masuk (input) sistem, terutama sekali untuk sistem-sistem dengan rangkaian pemipaan yang menggunakan pompa-pompa pemindahan positif ber-aliran tetap (konstan).

Ada dua bentuk katup pembebas tekanan yang sering digunakan pada sistem-sistem hidrolik yaitu, Katup Pembebas Tekanan dengan gerakan langsung, dan Katup Pembebas Tekanan yang dilengkapi atau dioperasikan dengan bantuan alat pemandu (Pilot).

a. Katup Pembebas Tekanan Gerakan Langsung.

Katup dengan bentuk seperti ini adalah sejenis katup yang dapat terbuka dan tertutup secara langsung, berdasarkan perbedaan tekanan aliran dan gaya pegas yang dipasang pada katup seperti tampak pada gambar 2-2.



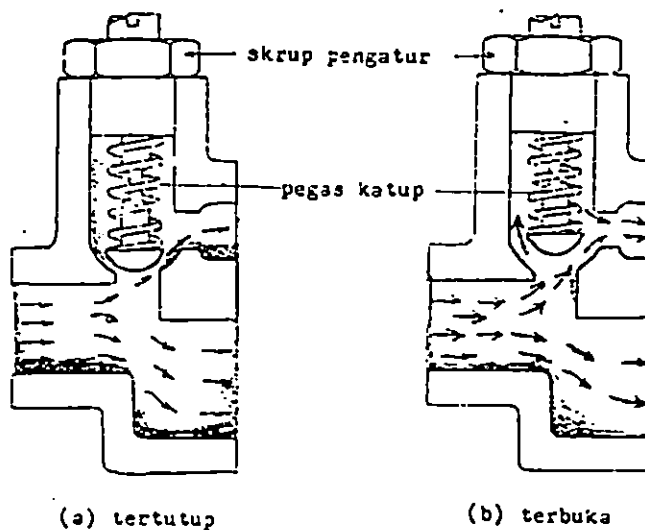
sumber : Hydraulics ; Deere, Holing, 1982

Gambar 2-2. Katup Pembebas Tekanan Gerakan Langsung

Prinsip kerja katup jenis ini secara sederhana dapat dipelajari melalui gambar 2-2a. Pada waktu keadaan tutup, penekanan yang diberikan oleh gaya pegas lebih kuat dari tekanan minyak (fluida) yang mengalir dari saluran masuk sehingga bola kecil yang terdapat di dalam katup akan terbuka apabila tekanan minyak yang masuk mengalami kenaikan sedemikian rupa melebihi penekanan pegas, maka menyebabkan pegas tertekan dan kemudian minyak mengalir masuk ke reservoir guna mencegah timbulnya tekanan selanjutnya. Dengan perkataan lain, ketika gaya yang dilakukan fluida

(tekanan \times luas) menjadi lebih besar dari gaya perlawanan pegas, maka bola kecil akan terangkat dari kedudukannya sehingga menyebabkan katup terbuka (lihat gambar 2-2b), maka minyak (fluida) mengalir langsung ke reservoir pada tekanan yang lebih rendah melalui saluran keluarnya. Tekanan yang terjadi pada saat fluida mengalir melalui katup tersebut dinamakan tekanan pengaliran penuh sedangkan pada saat akhir melalui katup disebut sebagai tekanan penutupan.

Beberapa di antara jenis katup ini dilengkapi dengan sebuah sekerup pengatur, seperti terlihat pada gambar 2-3. Sekerup tersebut berfungsi sebagai pengatur tekanan pegas sehingga bukaan katup dapat diatur menurut batas-batas jangkauan tekanan kerja yang ditentukan.



sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

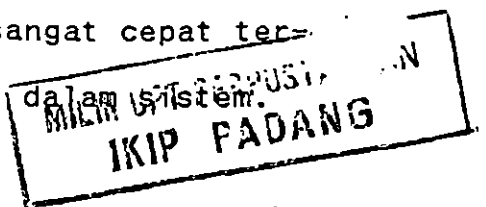
Gambar 2-3. Katup Pembebas Gerakan Langsung dengan Sekerup Pengatur

Katup-katup pembebas tekanan dengan tipe gerakan langsung ini dirakit sedemikian rupa melalui kombinasi beberapa mekanisme atau elemen katup, yaitu poppet (penggerak), diafragma, kumparan datar, kumparan putar, bola-bola, plat geser dan penyumbat (plug).

Element poppet (penggerak) berfungsi sebagai pengatur tekanan dan arah aliran minyak (fluida), yang biasanya dibedakan atas jenis poppet bola, poppet kerucut, cakram dan jenis kepala (Deere, 1981).

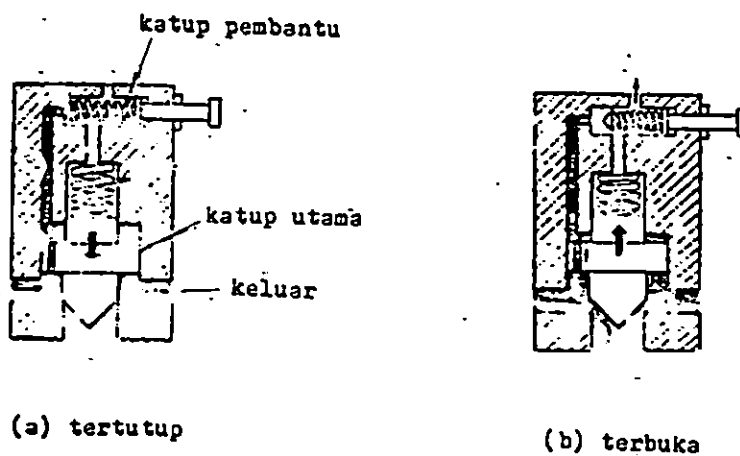
Pada gambar 2-3 di atas juga diperlihatkan aliran minyak selama dua kondisi peredaran, yaitu saat tekanan pembukaan ketika katup mulai terbuka dan pada saat tekanan aliran penuh bilamana katup dilalui minyak secara penuh. Tekanan aliran penuh ini agak lebih besar dari pada tekanan pembukaan, karena dipengaruhi oleh tegangan loncatan yang diberikan pegas sehingga mengakibatkan katup terlempar jauh. Dalam kondisi demikian katup akan mengalami tekanan cepat dan merupakan suatu bentuk kerugian yang dimiliki oleh katup pembebas tekanan jenis ini.

Katup Pembebas Tekan Gerakan langsung banyak dipakai untuk sistem-sistem hidrolik dengan volume aliran rendah. Di samping itu juga cocok digunakan sebagai katup pengaman guna pengontrol dan mencegah terjadinya kerusakan pada komponen-komponen sistem karena katup tersebut mempunyai suatu respons yang sangat cepat terhadap perubahan tekanan yang terjadi di dalam sistem.



b Katup Pembebas Tekanan Berpandu (Pilot)

Katup pembebas dengan sistem pemandu ini adalah sejenis katup yang dilengkapi dengan sebuah alat pemandu (pilot) guna mengontrol pergerakan katup utama. Alat pemandu tersebut sebenarnya adalah sebuah katup yang berukuran relatif lebih kecil dibandingkan dengan katup utamanya dan berfungsi sebagai pemandu di dalam mengatur pembukaan dan penutupan katup utama seperti diperlihatkan pada gambar 2-4.



sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

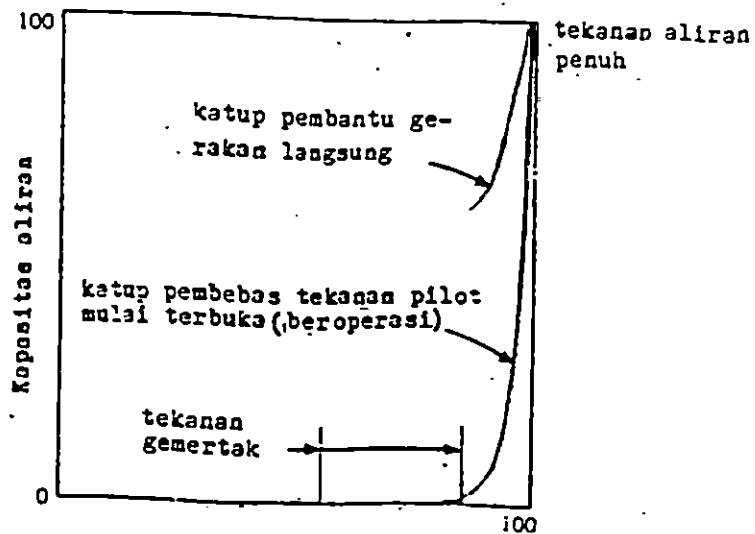
Gambar 2-4. Katup Pembebas Tekanan Pilot

Katup jenis ini tidak akan terbuka bilamana belum mencapai atau mendekati tekanan aliran penuh dan kerjanya lebih lambat dibandingkan dengan katup pembebas gerakan langsung. Oleh karena itu katup tersebut merupakan jenis katup yang terbaik dipakai untuk sistem-sistem hidrolik bertekanan tinggi dan volume aliran yang besar.

Dalam gambar 2-4 dapat dipelajari bagaimana prinsip kerja Katup Pembebas Tekanan dengan Pemandu tersebut. Katup utama akan tetap tertutup apabila tekanan minyak yang masuk di bawah katup lebih rendah dari gaya penekanan (loncatan) pegas sampai mencapai (terjadinya) keseimbangan hidrolis. Sampai dengan kondisi demikian, katup pilot (pemandu) yang dipasang pada katup jenis ini akan tertutup. Apabila tekanan aliran yang masuk mengalami kenaikan maka tekanan minyak yang terdapat dalam saluran juga ikut naik, sehingga akibatnya katup pilot akan terbuka. Selanjutnya minyak yang berada dibelakang katup utama akan mengalir melalui salurannya dan terus keluar melalui pintu pengaliran (output). Pada saat ini tidak ada penekanan dibelakang katup utama sehingga menyebabkannya terbuka.

Katup pembebas tekanan dengan Alat Pemandu ini memiliki tekanan cepat (reaksi penekanan) yang agak lebih kecil atau lambat dibanding katup gerakan langsung, sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 2-5. Katup Pembebas Tekanan langsung mulai terbuka kurang lebih 50% dari tekanan aliran penuhnya, sedangkan katup pembebas tekanan Berpemandu (pilot) akan terbuka kurang lebih 90% dari tekanan aliran penuhnya (Deere, 1981).

Untuk menentukan besar gaya besar tegangan bekerja pada katup pembebas tekanan digunakan rumus sebagai berikut:



sumber : Hydraulics; Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-5. Diagram Perbandingan
Tekanan Katup

$$F_f = P_u \cdot A$$

dimana: F_f = Gaya tarik (tegangan) pada katup N

P_u = Tekanan hidrolik yang bekerja Pa

A = Luas penampang katup yang ditutupi
bidang kerucut.

Contoh Soal 2.1

Berapakah besarnya lobang kerucut katup pembebas tekanan yang diperlukan, jika gaya tarik yang bekerja 500 N dan tekanan aliran tak lebih dari 64 bar.

Penyelesaian:

$$F_f = P_u \cdot A$$

$$\text{maka luas penampang } A = \frac{F_f}{P_u}$$

$$\pi/4 d^2 = \frac{Ff}{P_u}$$

$$\text{Jadi } d = \sqrt{\frac{4 Ff}{P_u}}$$

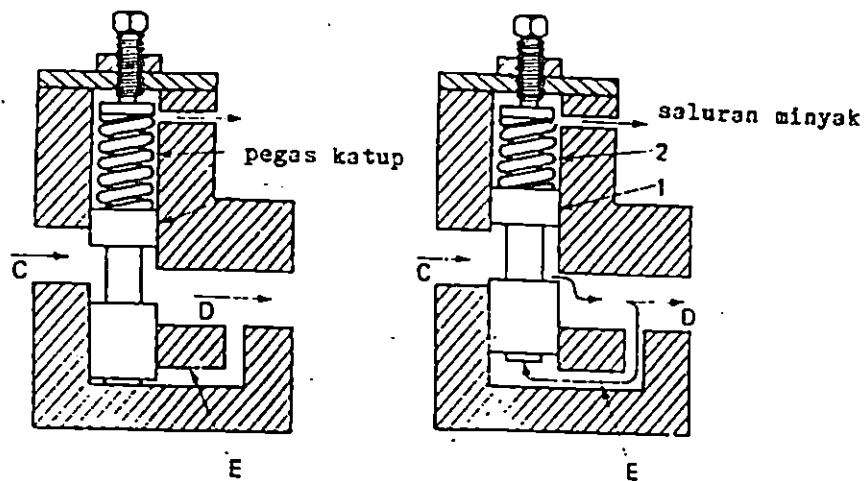
$$= \sqrt{\frac{4.500}{3,14 \cdot 64.105}}$$

$$d = 10 \text{ mm.}$$

2. Katup Penurunan Tekanan

Katup penurunan atau pereduksi tekanan biasanya digunakan untuk mengatur dan menjaga agar tekanan minyak (fluida hidrolik) yang masuk ke dalam suatu cabang rangkaian pemipaan sistem hidrolik lebih rendah dari pada tekanan yang bekerja dalam rangkaian utamanya atau tekanan kerja sistem. Katup ini akan terbuka sewaktu rangkaian sistem tidak bekerja dan sebaliknya akan tertutup jika sistem dalam bekerja seperti

Prinsip kerja katup penurunan tekanan tersebut dapat dipelajari dari gambar 2-6, dimana dalam gambar (a) minyak dengan bebasnya dapat mengalir dari C ke D. Kumparan atau sorong dari katup penurunan tekanan akan dibuka oleh pegas yang dipasang pada katup tersebut sehingga menyebabkan terjadi kebocoran sekeliling kumparan dan kemudian minyak akan mengalir terus ke saluran pada kondisi tekanan rendah. Selanjutnya tekanan pada pintu ke luar mengalami peningkatan sehingga



sumber : Fluid Power: Sullivan,
Virginia, 1982

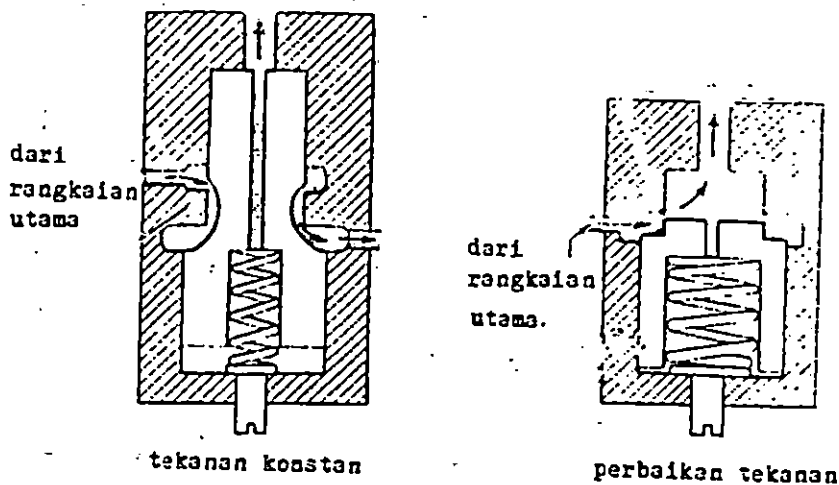
Gambar 2-6. Katup Penurunan Tekanan

minyak akan masuk ke lubang laluan E yang terdapat dibagian ujung kumparan. Ketidak seimbangan tekanan ini menyebabkan sisi atau ujung yang lain dari pada kumparan katup membuka saluran. Peningkatan tekanan yang terjadi pada pintu keluar tersebut mengakibatkan katup kumparan akan menekan pegas dan sekaligus membatasi pengaliran minyak ke bagian pintu penyaluran sampai mencapai pada suatu batas tertentu. Dalam posisi seperti ini tekanan pada pintu keluar akan berada dalam keadaan konstan. Sebaliknya apabila pengaliran berlangsung dari D ke C melintasi kumparan pada suatu kondisi tekanan yang terbatas akan menyebabkan katup tertutup.

Berdasarkan prinsip kerja tersebut dapat disimpulkan bahwa katup penurunan tekanan cara kerjanya kebalikan dari prinsip katup pembebas tekanan karena

pada katup ini penekanan justru datang dari arah sisi keluar atau rangkaian kedua sistem sedangkan pada katup pembebas tekanan datangnya dari sisi masuk katup dan akan tertutup bila saat bekerja.

Secara prinsipnya katup-katup penurunan tekanan ini dapat bekerja dengan dua cara, yaitu dengan prinsip penurunan tekanan secara konstan dan cara perbaikan tekanan seperti terlihat pada gambar 2-7.



sumber : Hydraulics : Deere,
Moline, 1982 .

Gambar 2-7. Prinsip Kerja Katup
Penurunan Tekanan

Katup penurunan tekanan dengan cara konstan akan bekerja melalui proses penyeimbangan tekanan yang berlawanan dengan pegas. Jika tekanan di dalam rangkaian kedua atau sisi keluar berhenti maka pegas akan membuka katup untuk meningkatkan tekanan dan juga mengontrol penurunan tekanan di dalam rangkaian kedua tersebut secara konstan.

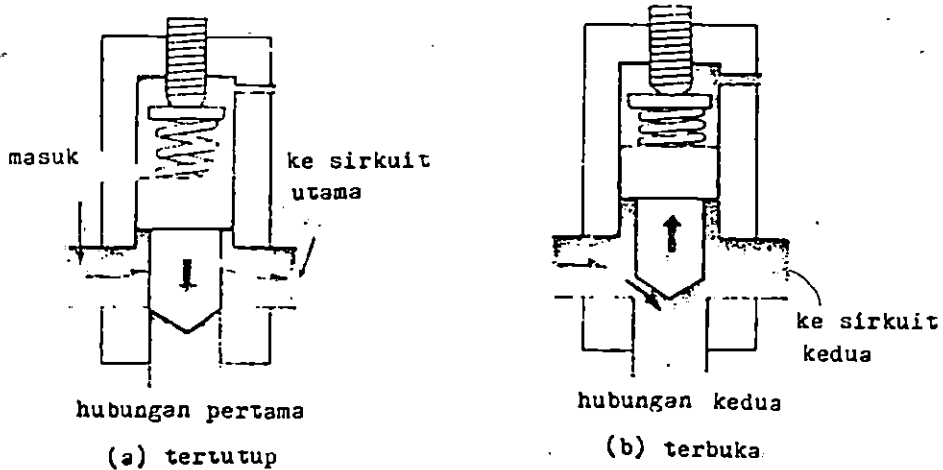
Pada katup penurunan tekanan dengan sistem perbaikan tekanan, bekerja dengan cara menyeimbangan tekanan pada rangkaian utama yang masuk berlawanan arah dengan tekanan pada rangkaian kedua yang terjadi di bagian pintu keluar dan tekanan pegas. Penurunan tekanan akan berlangsung bergantian dengan rangkaian utama sistem, misalnya apabila sistem bekerja dengan tekanan 3 GPa maka katup akan memperbaiki ataupun menurunkannya sampai 0,7 GPa.

Katup-katup penurunan tekanan ini sering juga dilengkapi dengan katup pilot sebagai pemandu di dalam pengontrolan penurunan tekanan, sehingga dapat memberikan pedoman pengaturan dan kerja yang lebih tepat.

3. Katup Penghubung Tekanan

Katup penghubung tekanan adalah sejenis katup yang dipakai untuk mengontrol hubungan aliran terhadap cabang-cabang yang beranekaragam di dalam suatu rangkaian ataupun sirkuit sistem hidrolis. Katup-katup tersebut hanya akan membiarkan aliran minyak (fluida hidrolis) terus kepemakaian yang berikutnya apabila pemakaian pada taraf sebelumnya bekerja dengan sempurna.

Prinsip kerja katup ini dapat dipelajari melalui gambar 2-8. Dalam keadaan tertutup, katup akan membiarkan minyak dengan bebasnya berada pada rangkaian pertama dan bilamana dalam keadaan terbuka katup membiarkan minyak memasuki rangkaian kedua atau berikutnya.



sumber : Hydraulics ; Deere,
: Moline, 1982.

Gambar 2-8. Katup Penghubung Tekanan

Katup penghubung tekanan akan terbuka ketika minyak pada rangkaian pertama mencapai suatu titik tertentu yang diatur oleh pegas katup dan kemudian katup itu sendiri akan terangkat dari kedudukannya seperti terlihat dalam gambar 8.b di atas. Dengan demikian minyak dapat mengalir melalui saluran atau pintu yang lebih rendah terus ke pemakaian kedua.

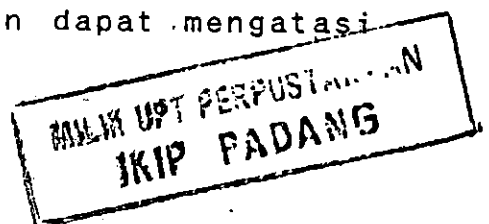
Pemakaian sebuah katup penghubung tekanan pada suatu sistem hidrolik juga berfungsi untuk mengatur tata hubungan kerja dari dua buah selinder hidrolik yang terpisah. Selinder kedua akan mulai menekan pada saat selinder pertama masih dalam taraf menyelesaikan penekanan, disinilah letak fungsinya katup penghubung tekanan tersebut untuk mengatur tekanan dalam selinder pertama selama pengoperasian selinder kedua.

Pemakaian sebuah katup penghubung tekanan pada suatu sistem hidrolik juga berfungsi untuk mengatur tata hubungan kerja dari dua buah selinder hidrolik yang terpisah. Selinder kedua akan mulai menekan pada saat selinder pertama masih dalam taraf menyelesaikan penekanan, disinilah letak fungsinya katup penghubung tekanan tersebut untuk mengatur tekanan dalam selinder pertama selama pengoperasian selinder kedua.

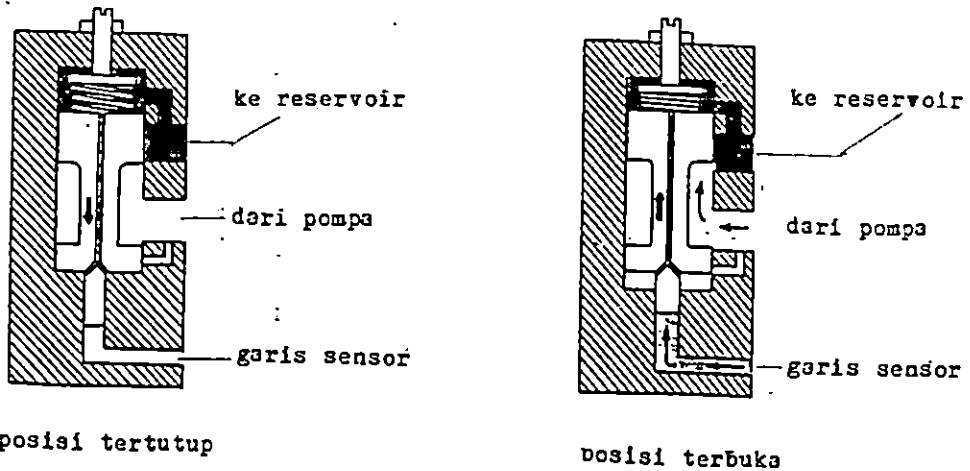
4. Katup Pembuang Aliran

Katup buang (cerat) ini digunakan untuk melepaskan minyak atau fluida hasil dari pemompaan, kembali masuk ke dalam reservoir pada kondisi tekanan yang lebih rendah bilamana tidak digunakan lagi yaitu setelah tercapainya tekanan sistem yang diinginkan. Di samping itu katup tersebut juga berfungsi untuk mengurangi kehilangan tenaga dan panas yang timbul pada waktu minyak (fluida hidrolik) melintasi katup-katup pembebas tekanan.

Prinsip kerja katup ini dapat dipelajari melalui gambar 2-9, dimana dalam keadaan tertutup pegas akan menekan katup pada kedudukannya. Tekanan alat perasa yang terdapat pada salah satu ujung katup lebih rendah dari tekanan yang diberikan pegas sehingga menyebabkan tertutupnya jalan keluar ke reservoir dan tidak terjadi pembuangan (pelepasan aliran). Apabila tekanan pada alat perasa naik dan dapat mengatasi



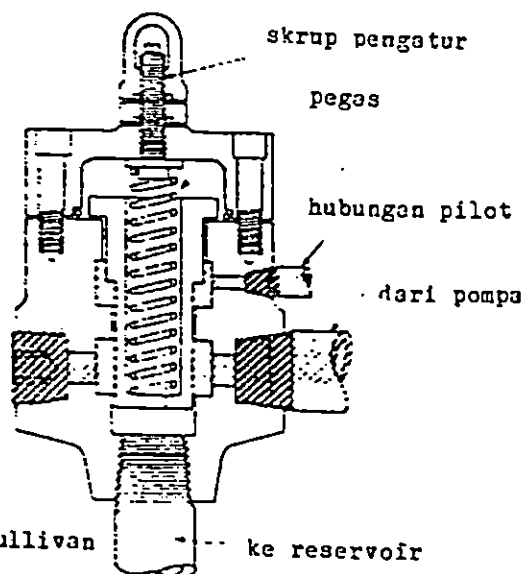
penekanan pegas, maka katup akan terbuka dan sekaligus membuka pintu atau saluran keluar ke reservoir.



sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-9. Prinsip Kerja Katup

Katup Buang ini sering juga dioperasikan dengan menggunakan sebuah katup atau alat pemandu (pilot) seperti terlihat pada gambar 2-10.



sumber : Fluid Power; Sullivan
Virginia, 1982

Gambar 2-10. Katup Pembuangan Pilot

Dalam keadaan tertutup tekanan alat pemandu yang bekerja pada permukaan piston berada dalam kondisi normal ataupun seimbang dengan penekanan pegas. Apabila tekanan alat pemandu mengalami peningkatan maka piston akan bergerak ke atas sehingga minyak atau fluida mengalir masuk ke reservoir.

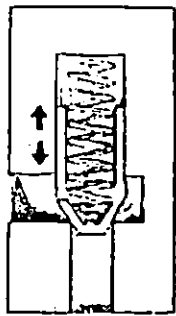
C. Katup Pengontrol Arah Aliran

Katup pengontrol arah aliran ini berfungsi untuk mengatur arah atau lintasan aliran fluida di dalam suatu sistem hidrolik. Secara terinci katup-katup tersebut berguna untuk menyetop, membuka, mengatur, mengalihkan, membagi, dan mengalirkan fluida ke dalam satu, dua, tiga, atau lebih lintasan aliran pada rangkaian atau sirkuit sistem hidrolik, (Sullivan, 1982:p. 138).

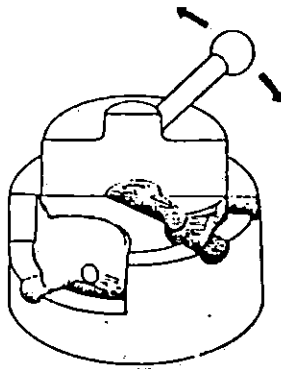
Katup-katup pengontrol arah aliran ini dibedakan atas tiga jenis, yaitu katup penghambat, katup putar, dan katup kumparan (sorong) seperti diperlihatkan pada gambar 2-11.

Ketiga jenis katup tersebut masing-masingnya memiliki elemen atau mekanik yang berbeda-beda di dalam mengarahkan aliran minyak atau fluida ke seluruh rangkaian sistem. Katup penghambat mempunyai sebuah elemen penggerak (poppet) sedangkan katup putar mempunyai elemen kumparan putar yang dapat berputar untuk keperluan membuka dan menutup aliran minyak. Sementara untuk katup kumparan (sorong) biasanya

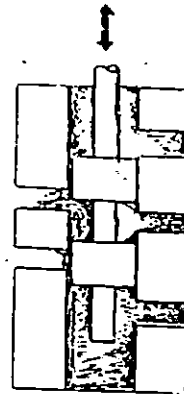
memakai sebuah kumparan luncur yang dapat berpindah-pindah ke belakang dan ke depan guna membuka dan menutup aliran tersebut.



katup penghambat



katup putar



katup sorong

sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-11. Jenis-jenis Katup Pengontrol Arah Aliran

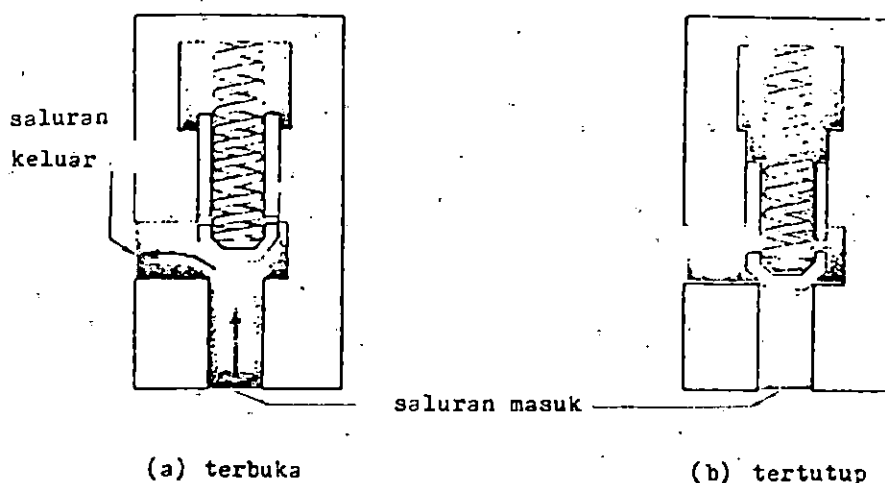
1. Katup Penghambat (Check Valve)

Katup penghambat atau cekik adalah sejenis katup pengontrol arah aliran yang sangat sederhana bentuknya. Katup ini terbuka dan membiarkan aliran minyak mengalir dalam satu arah tertentu dan akan tertutup bilamana aliran datang dari arah yang berlawanan.

Prinsip kerja katup tersebut dapat dipelajari melalui gambar 2-12. Katup akan terbuka oleh tekanan sistem yang bekerja, yaitu dengan mendorong atau melawan tekanan pegas yang digunakan sehingga fluida dapat mengalir masuk dengan bebasnya melalui katup seperti tampak dalam gambar tersebut. Selanjutnya katup

akan tertutup sewaktu tekanan masuk berhenti sehingga menyebabkan minyak berhenti mengalir dan mendorongnya ke dalam rangkaian sistem.

Katup penghambat ini biasanya dipasang segaris dengan garis lintasan aliran minyak dan sering juga dikombinasikan pemasangannya atau merupakan bagian dari katup lainnya seperti katup penghubung dan katup penurunan tekanan.



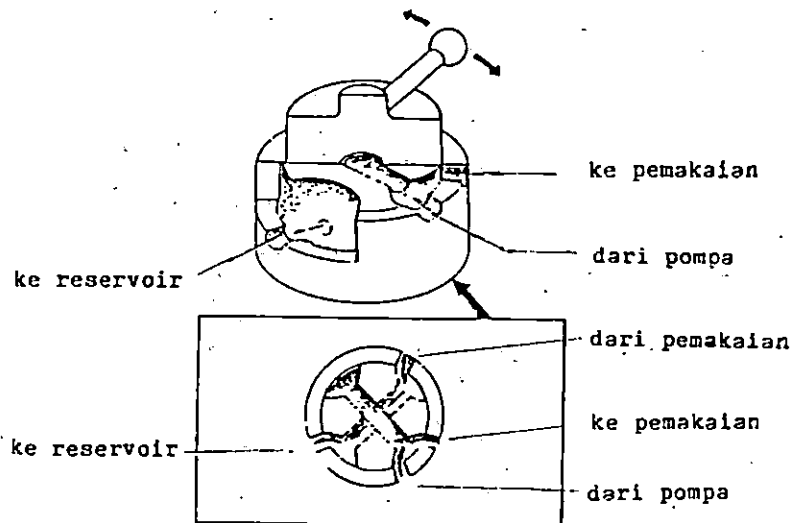
sumber : Hydraulics ; Desre, Mollne, 1982

Gambar 2-12. Prinsip Kerja Katup Penghambat

Katup penghambat tidak hanya digunakan untuk menghentikan aliran, tetapi juga untuk mengalirkan minyak selama jangka waktu pengoperasian sistem. Katup ini dapat dioperasikan secara langsung ataupun perantara alat pemandu (pilot) dari tempat yang jauh atau berdekatan dengan perantara seorang operator (mekanik), pneumatik, sistem tekanan hidrolis, elektronik, dan sinyal program (Sullivan, 1982).

2. Katup Putar

Katup putar biasanya dipakai sebagai katup pemandu (pilot) dalam mengarahkan aliran terhadap katup yang lainnya. Pada gambar 2-13 diperlihatkan empat jalur yang dimiliki katup jenis ini dan mempunyai lobang yang sederet dengan lubang-lubang yang terdapat di dalam rumah utama katup tersebut. Katup ini diputar perantara sebuah tangkai atau lengan yang dapat dioperasikan secara hidrolik ataupun listrik.



sumber : *Hydraulics* ; Deere, Moline, 1982

Gambar 2-13. Prinsip Kerja Katup Putar

Pada umumnya katup putar dipakai untuk mengarahkan aliran minyak yang mempunyai tekanan rendah dan volume aliran yang relatif kecil. Di samping itu, untuk sistem-sistem hidrolik yang lebih canggih penggunaan katup ini sering dioperasikan sebagai katup pemandu atau pilot bagi katup-katup lainnya.

Dalam gambar 2-13 diperlihatkan katup berada pada posisi sedang membiarkan tekanan fluida dari pompa memasuki sebuah pintu penyaluran agar fluida dapat mengalir melalui katup dan kembali melewati pintu lainnya, yang juga terdapat pada katup dan terus ke reservoir.

Katup putar dapat beroperasi dengan dua, tiga, dan empat jalur, tergantung pada cara pengoperasiannya yaitu mempertukarkan saluran atau meningkatkan dan memindahkan kecepatan fluida.

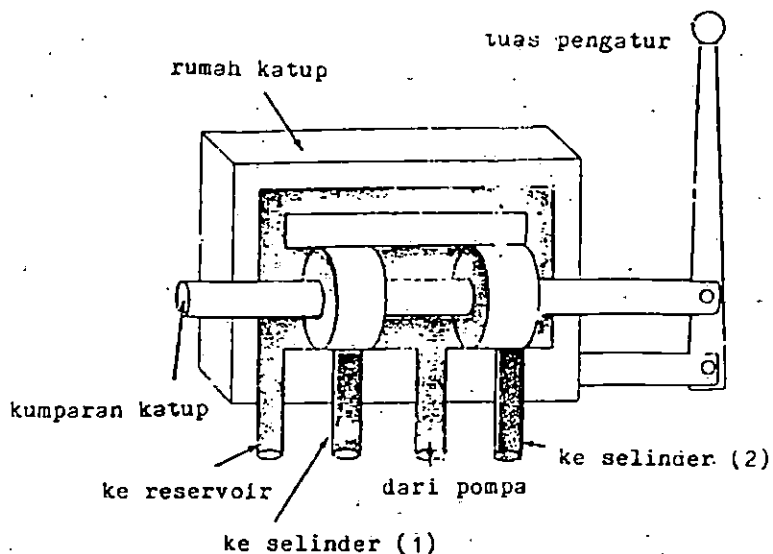
3. Katup Sorong

Katup sorong adalah sejenis katup pengontrol arah aliran yang sangat cocok digunakan untuk mengarahkan fluida (minyak hidrolik) di dalam mengoperasikan dan menghentikan unit-unit yang dijalankan pada sistem-sistem hidrolik modern.

Katup tersebut dapat direncanakan dan dibuat atas beberapa buah kumparan dan yang lebih umum dipakai adalah katup dengan dua, empat, dan enam kumparan. Kumparan dalam hal ini berfungsi untuk mengontrol dan mengarahkan minyak pada masing-masing cabang dari rangkaian pemipaan sistem.

Pada gambar 2-14 diperlihatkan sebuah katup sorong dengan dua buah kumparan (tingkatan) yang sederhana. Pemindahan kumparan dari posisi netral ke kanan dan ke kiri akan membuka beberapa buah saluran dan menutup

saluran lainnya. Seterusnya katup akan mengarahkan minyak masuk dan keluar silinder hidrolis yang sedang bekerja.

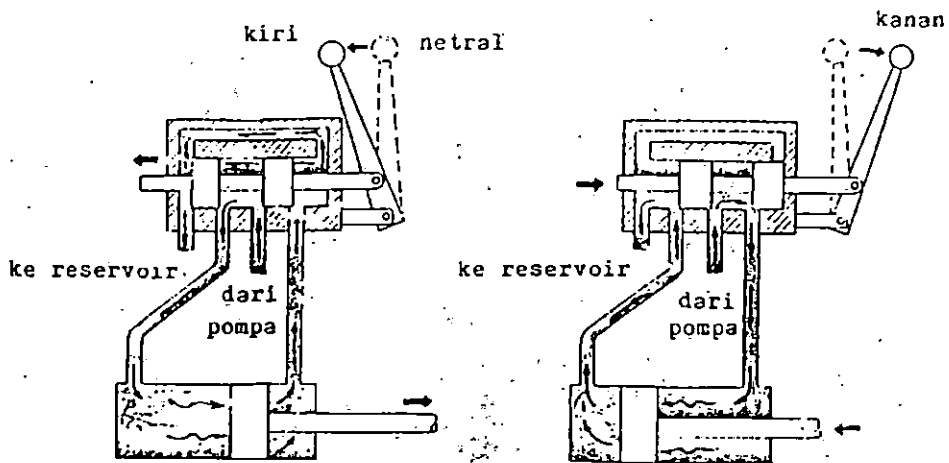


sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-14. Katup Sorong dengan Dua Tingkatan

Katup sorong seperti gambar 2-14 dinamakan katup kumparan tiga posisi-empat jalan (jalur), karena katup tersebut mempunyai tiga posisi yaitu, posisi netral, posisi kiri, dan posisi kanan. Di samping itu katup juga mempunyai hubungan rangkaian dalam empat jalur (jalan) yaitu, ke pompa, ke reservoir, ke pintu silinder satu dan pintu silinder dua.

Untuk mengetahui bagaimana pengoperasian katup sorong ini perhatikanlah gambar 2-15, dimana katup dihubungkan dengan sebuah silinder hidrolis.



sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

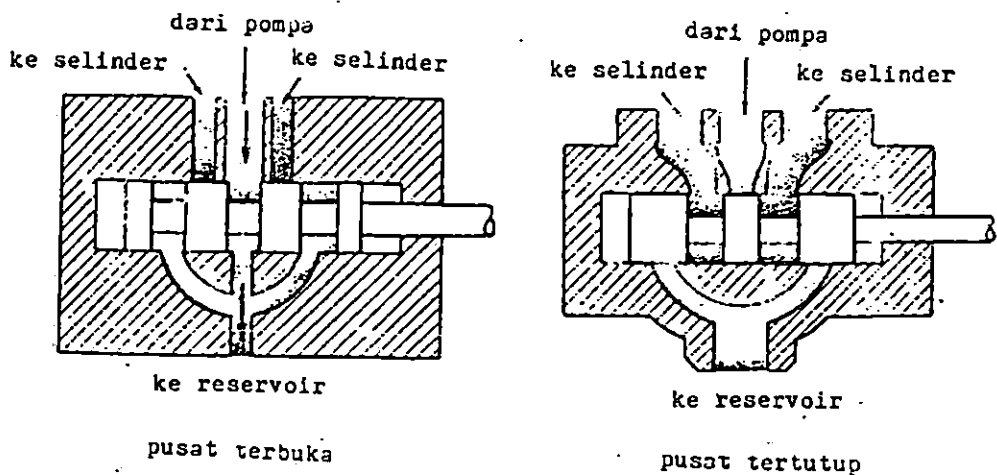
Gambar 2-15 Prinsip Kerja Katup Sorong.

Apabila katup digerakan ke kiri, maka minyak dari pompa akan diarahkan dan dialirkan kesebelah kiri selinder seperti tampak pada gambar (a). Pada waktu yang bersamaan katup membuka saluran dan membiarkan minyak yang terdapat dibagian sisi lain selinder kembali kedalam reservoir. Apabila katup digerakkan ke sebelah kanan selinder seperti terlihat dalam gambar (b), dan dalam waktu yang bersamaan pula katup akan membuka saluran sehingga minyak yang terdapat dibagian sisi lain selinder kembali ke reservoir atau dalam hal ini selinder bergerak ke arah yang berlawanan dengan keadaan sebelumnya. Dalam keadaan netral, katup kumparan akan berada dalam kondisi menutup kedua selinder dan penyemburan minyak hanya menyentuh dinding bagian dalam selinder.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADA'93

Berdasarkan jenis dari sistem hidrolik yang ada dewasa ini, katup sorong dibedakan atas katup sorong terbuka dan sorong tertutup seperti terlihat pada gambar 16 berikut ini (Deere, 1982)

Katup sorong Sistem Pusat Terbuka akan membiarkan pompa mengalirkan fluida atau minyak melewati katup selama keadaan netral dan kemudian terus mengalir ke reservoir. Sedangkan katup sorong Sistem Pusat Tertutup akan menghambat aliran minyak dari pompa selama keadaan netral.



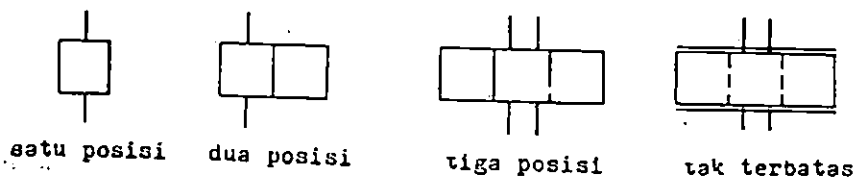
sumber : Hydraulics ; Deere, Holino, 1982

Gambar 2-16. Jenis-jenis Katup Sorong

Di dalam pengoperasiannya ataupun memahami fungsi katup kontrol arah ini ada tiga pengertian (istilah) yang perlu diketahui bagi seorang operator yaitu, posisi, jalan dan penyaluran (position), way, dan port (Sullivan, 1982.). Ketiga istilah tersebut biasanya

dinyatakan dalam bentuk simbol-simbol yang masing-masingnya mempunyai pengertian yang berbeda-beda.

Position adalah istilah yang menyatakan posisi atau jumlah arah aliran yang dapat diterima atau diberikan oleh sebuah katup sorong dengan cara memindahkan atau menggeser mekanisme katup itu sendiri. Simbol yang digunakan untuk menyatakan position (jumlah posisi dalam sebuah katup) adalah sampul (envelop) yang disebut sebagai envelop katup (Sullivan, 1982). Sampul katup dilukiskan dengan bidang empat persegi yang dibagi atas beberapa bagian bidang guna memperlihatkan jumlah posisi yang dapat memberikan arah aliran atau penyaluran minyak. Jumlah posisi tersebut biasanya dibedakan atas posisi tertentu dan dapat juga tak terbatas, dimana untuk posisi tertentu dapat digambarkan dengan garis lurus yang membagi envelop (sampul katup) atas beberapa bagian sedangkan untuk posisi tak tentu digambarkan dengan garis putus-putus yang membagi envelop dan ditambah dengan dua garis mendatar seperti diperlihatkan dalam gambar 2-17.



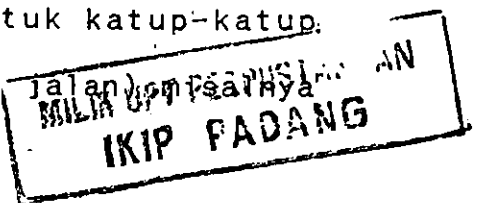
sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 2-17. Simbol Sampul Katup Kontrol Arah dengan Salurannya

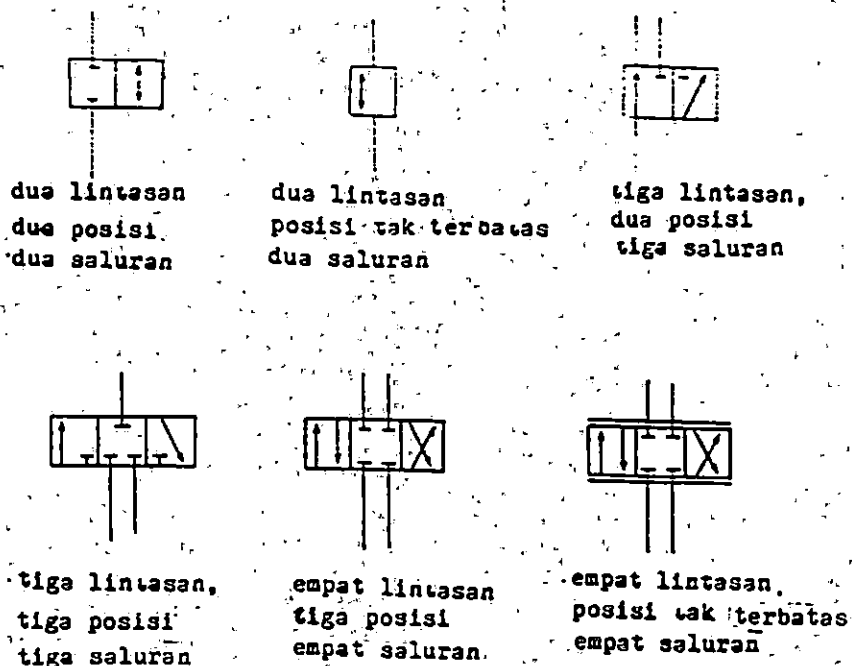
(Way) adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan banyak lintasan (jalan) aliran minyak melalui sebuah katup atau kotak katup. Lintasan aliran yang umum dijumpai di dalam sistem hidrolis mesin adalah satu jalan (one way), dua jalan (two way), tiga jalan (three way), dan empat jalan (four way). (Sullivan, 1982).

Katup kontrol satu jalan (one way) akan membiarkan fluida mengalir hanya dalam satu arah tertentu melalui katup. Sedangkan katup two-way akan membiarkan minyak atau fluida tersebut mengalir dengan dua arah untuk satu lintasan aliran melalui katup. Sedangkan untuk katup-katup four-way sistem fluida (minyak) dibiarkan mengalir dengan dua arah di dalam dua lintasan aliran, untuk mengoperasikan sebuah selinder hidrolis disatu sisi dan motor hidrolis di sisi lainnya. Di samping itu juga berfungsi untuk menggerakkan alat-alat perlengkapan lainnya baik untuk mendorong maupun mengembalikannya. Lintasan aliran melalui katup untuk setiap posisi ditunjukkan dengan sepotong garis di dalam masing-masing bagian envelop (sampul katup) dan arah alirannya ditunjukkan dengan tanda panah, seperti contoh dalam gambar 2-18.

Adapun istilah ikatan penyaluran (port) digunakan untuk menyatakan suatu penyambungan pipa aliran minyak dengan bagian katup kontrol arah. Untuk katup-katup penghambat dengan one-way system (satu



akan memiliki dua buah, penyaluran (port) yaitu bagian masuk (input) dan bagian keluar (output). Demikian juga untuk katup two-way (dua jalan) system akan mempunyai dua buah port. Sementara untuk jenis katup four-way harus mempunyai empat buah port sebagaimana terlihat pada gambar 2-18.

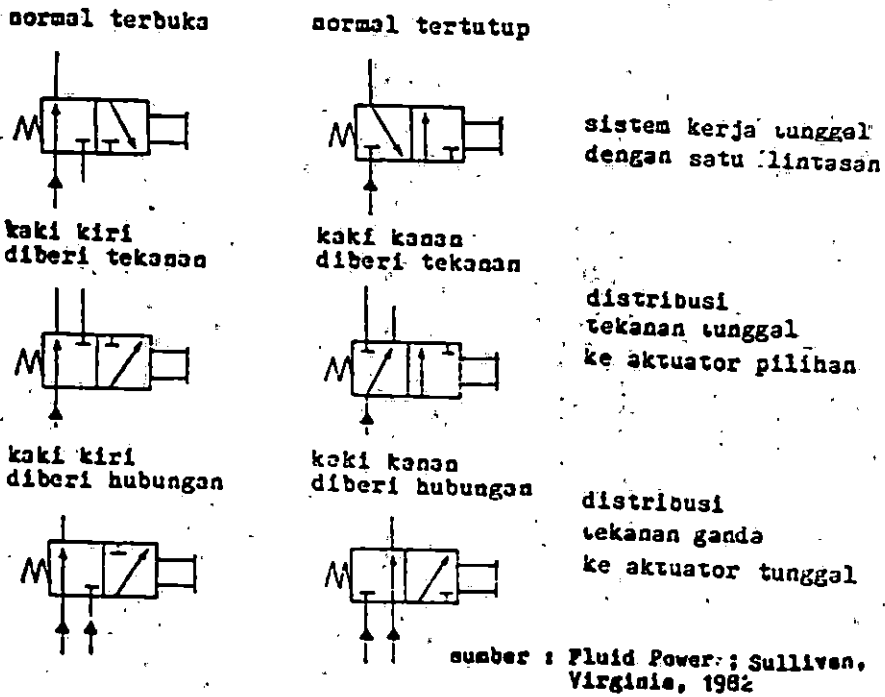


sumber : Fluid Power; Sullivan
Virginia, 1982

Gambar 2-18. Simbol sampul katup kontrol arah dengan tanda arah aliran

Perencanaan sebuah katup kontrol arah secara lengkap haruslah dilengkapi dengan jumlah posisi, lintasan aliran, dan ikatan penyaluran (penyambungan) terhadap bagian lainnya sehingga lebih menggambarkan kondisi arah alirannya serta sekaligus dapat memperjelas karakteristik pengoperasia katup tersebut.

Untuk katup-katup "three-way system" dapat memberikan tiga buah lintasan aliran minyak dan mempunyai dua posisi dalam mengarahkan aliran serta satu posisi netral. Di samping itu katup ini juga dilengkapi dengan tiga tempat penyaluran (port) yang dapat dihubungkan dengan alat kelengkapan di dalam suatu rangkaian sistem dengan berbagai fungsi pemakaian selain fungsi utamanya yaitu untuk memberikan tekanan pada motor dan selinder hidrolis. Suatu susunan dari katup dengan tiga penyaluran tersebut, dapat dilihat dalam gambar 2-19.

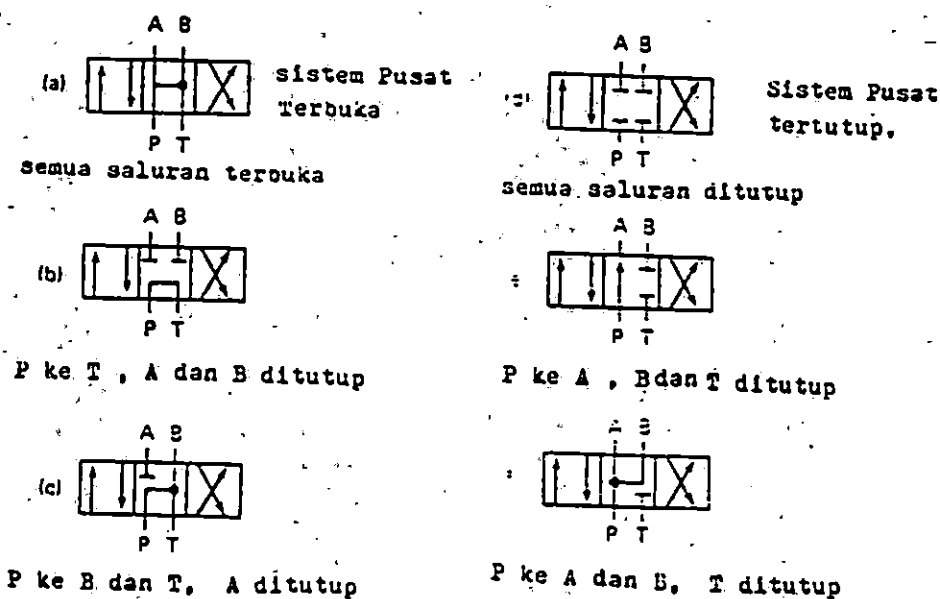


Gambar 2-19. Simbol sampul katup kontrol dengan tiga lintasan

Untuk katup-katup dengan 4 jalur (four-way system) dapat memberikan empat lintasan aliran utama di dalam mengarahkan aliran minyak ketika melewati katup atau

sampul katup. Biasanya katup ini mempunyai dua atau tiga posisi dengan empat tempat penyaluran, akan tetapi di dalam pemakaiannya yang lebih banyak dijumpai adalah katup dengan lebih dari tiga posisi dan empat penyaluran terutama sekali pada sistem hidrolis mobil.

Fungsi utama dari pada katup four-way system, adalah untuk memberikan tekanan dan sebagai tempat untuk penyaluran fluida pada komponen penggerak (actuator) sistem yaitu silinder dan motor hidrolis. Secara khusus keempat buah ikatan penyaluran (port) dari katup four-way system ini adalah terdiri atas, pompa (P), reservoir (T), dan tempat pemasangan dua komponen penggerak (aktuator), motor dan selinder hidrolis (A) dan (B) seperti terlihat dalam gambar 2-20 (Sullivan, 1982).

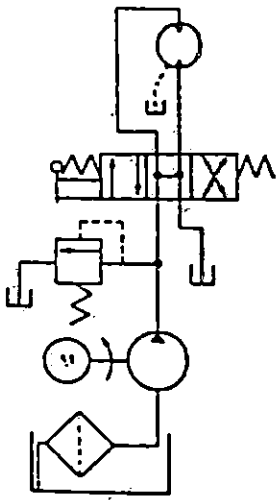


Gambar 2-20. Simbol posisi katup kontrol arah untuk sistem pusat terbuka dan tertutup.

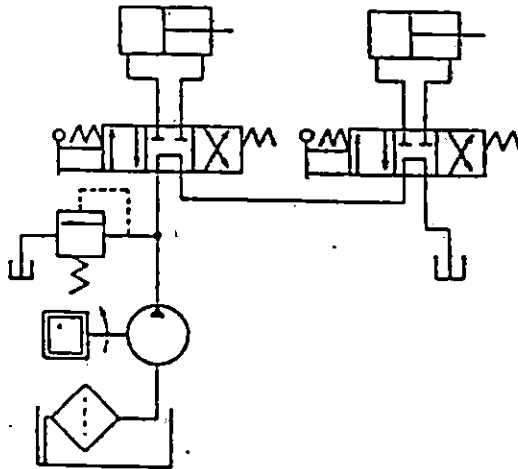
Posisi-posisi katup yang diperlihatkan dalam gambar 2-19 tersebut juga dibedakan menurut jenis sistem hidrolik yang digunakan, yaitu Sistem Pusat Terbuka dan Sistem Pusat Tertutup.

Pada sistem pusat terbuka katup kumparan akan membiarkan pompa mengalirkan minyak atau fluida melewati katup selama keadaan netral. Ini berarti katup pada Sistem Pusat Terbuka akan menghubungkan pompa dengan reservoir dalam posisi netralnya (tengah). Sedangkan pada katup Sistem Pusat Tertutup juga sebaliknya pompa dan saluran ke resistor tidak dihubungkan. Ini berarti katup kumparan akan menghambat aliran minyak dari pompa selama berada dalam posisi netralnya.

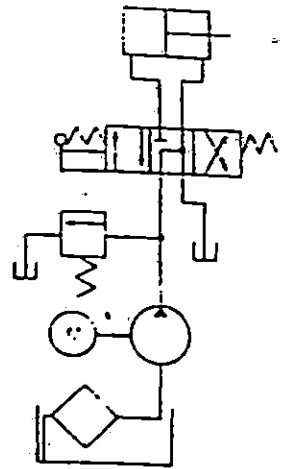
Beberapa posisi katup pada Sistem Pusat Terbuka dan Tertutup tersebut beserta pemakaiannya di dalam rangkaian pemipaan sistem hidrolik dapat dilukiskan seperti pada gambar 2-21. Pada gambar 2-21a, diperlihatkan katup dalam Sistem Pusat Terbuka dengan seluruh pintu pengeluarannya (saluran) berhubungan dengan reservoir ketika katup tersebut berada pada posisi netral. Sedangkan dalam gambar 20.b diperlihatkan suatu rangkaian hidrolik Sistem Pusat Terbuka dengan dua katup bekerja secara bersama-sama untuk mengatur dua buah selinder hidrolik.



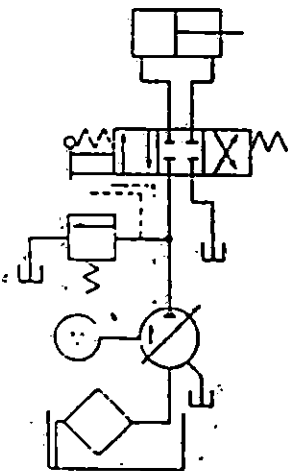
a. sistem pusat terbuka, semua saluran dihubungkan



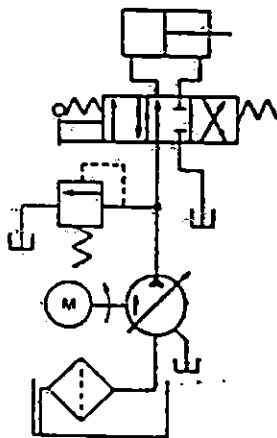
b. sistem pusat terbuka, katup dengan hubungan seri



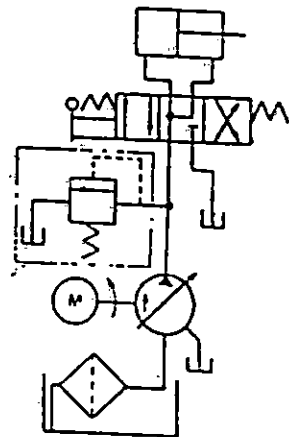
c. sistem pusat terbuka, pompa dihubungkan dengan satu saluran silinder dan saluran lainnya ditutup



d. sistem pusat tertutup, semua saluran ditutup



e. sistem pusat tertutup, pompa dihubungkan dengan satu saluran silinder dan saluran lainnya ditutup



f. sistem pusat tertutup, hubungan pompa ke saluran silinder dan reservoir ditutup

sumber : Fluid Power ; Sullivan, Virginia, 1982

Gambar 2-21. Sirkuit katup sistem pusat terbuka dan tertutup

MILIK UPT PERPUST. N
IKIP PADANG

Dalam posisi netral, minyak atau fluida mengalir dari pompa melalui setiap katup secara berurutan dan tanpa beban terus ke reservoir. Untuk gambar 2-20c, diperlihatkan pompa dan sebuah selinder hidrolis pada Sistem Pusat Terbuka yang dihubungkan dengan reservoir sementara pintu saluran yang lainnya ditutup ketika katup berada dalam posisi netralnya.

Kemudian pada gambar 2-20d, dilukiskan suatu Sistem Pusat Tertutup dengan semua pintu salurannya tertutup apabila katup dipindahkan pada posisi netral. Rangkaian akan mengunci selinder pada posisi mengangkat beban dalam dua arah yang diberikan. Sedangkan pada gambar 2-20e, diperlihatkan suatu rangkaian Sistem Pusat Tertutup dalam posisi mengangkat beban dimana pompa dihubungkan dengan sisi salah satu selinder sementara selinder yang lainnya serta pintu saluran ke reservoir ditutup. Kemudian pada gambar 2-20f, dilukiskan suatu rangkaian Sistem Pusat Tertutup dimana kedua ujung atau sisi dari pada selinder mengalami penekanan dari pompa dan pintu saluran reservoir ditutup dalam posisi netral.

Ditinjau dari segi pemakaiannya, ternyata katup secara bertingkat ini lebih populer digunakan di dalam sistem-sistem hidrolis karena disebabkan beberapa alasan, di antaranya adalah:

- 1). Cepat memberikan aksi dan mempunyai ketelitian yang baik.
- 2). Kemampuan penyesuaian artinya dengan menambah pintu-pintu saluran minyak katup ini dapat menjaga aliran di dalam beberapa arah.
- 3). Kokoh, artinya melalui himpunan beberapa katup di dalam suatu rumah katup akan didapatkan konstruksi yang lebih kuat dan mudah.

D. Katup Pengontrol Volume Aliran

Katup-katup pengontrol volume berfungsi untuk membatasi secara tepat jumlah volume aliran minyak atau fluida dari suatu pompa ke cabang-cabang rangkaian sistem atau sebaliknya, dari selinder dan motor hidrolis kembali ke reservoir. Sebagaimana diketahui bahwa kecepatan selinder dan motor hidrolis di dalam sistem harus diatur dengan rapat. Hal ini hanya dapat dicapai dengan mengatur volume aliran yang akan dipergunakan untuk masing-masing alat kelengkapan tersebut.

Pemakaian katup ini secara khusus dapat dijumpai pada pengaturan kecepatan alat-alat potong, spindle mesin-mesin perkakas, kecepatan batu gerinda mesin gerinda, dan alat-alat atau mesin-mesin kelengkapan lainnya yang dioperasikan berdasarkan sistem hidrolis, yang sering dijumpai pada bengkel-bengkel kerja dan perindustrian.

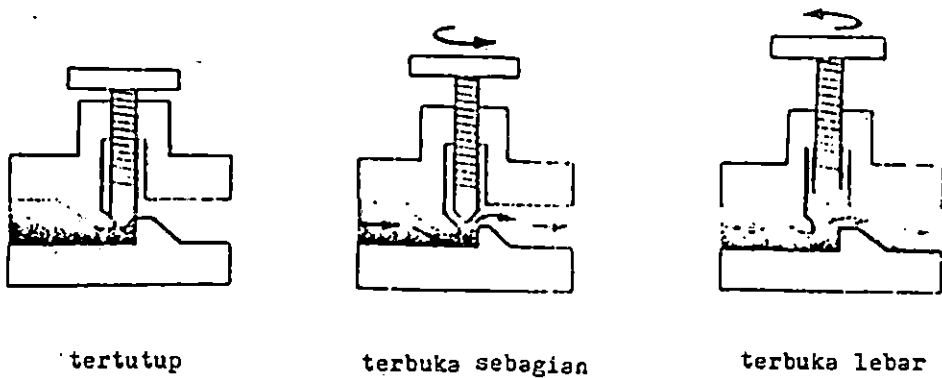
Dilihat dari segi prinsip kerjanya, katup-katup pengontrol volume tersebut digolongkan atas dua jenis, yaitu:

- 1). Katup kontrol volume dengan sistem pengaturan aliran melalui sebuah lubang atau orifice-meters.
- 2). Katup kontrol volume dengan sistem pengatur dan pembagi aliran menjadi dua atau lebih pemakaian di dalam sistem.

1. Katup Kontrol Volume Sistem Orifis

Katup kontrol volume jenis ini dapat mengatur aliran melalui pembatasan volume dan menghindari atau menghambat aliran yang datang dari komponen sistem yang akan diatur kecepatannya. Katup-katup yang tergolong jenis ini adalah, katup jarum dan bola, katup kontrol aliran dengan kompensasi tekanan, dan katup kontrol aliran bebas hambatan.

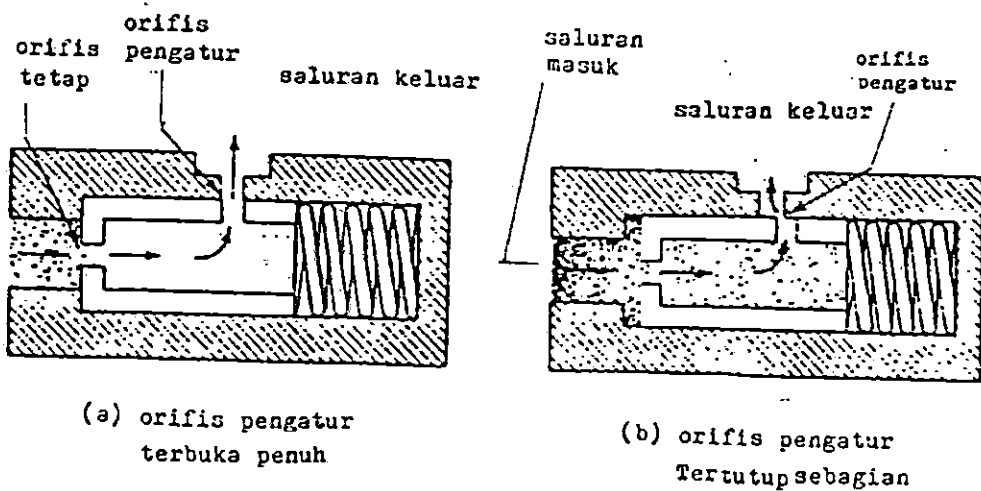
Katup jarum biasanya dipakai untuk beberapa sistem hidrolik yang tidak begitu peka atau sensitif terhadap pertukaran tekanan, seperti terlihat pada gambar 2-22. Katup jenis ini mempunyai bentuk yang sangat sederhana, dimana pembatasan alirannya hanyalah terdiri dari sebuah batang berulir (sekerup) yang dapat diangkat dan didudukkan pada lubang laluan minyak (orifis) dengan memutar tangkainya.



sumber : *Hydraulics* ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-22. Jenis-jenis Katup Jarum

Untuk jenis katup kontrol volume dengan sistem kompensasi tekanan biasanya diperlukan dua buah orifis, yaitu orifis tetap dan orifis pengatur, seperti tampak dalam gambar 2-23.

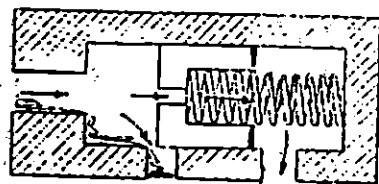


sumber : *Fluid Power*; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 2-23. Katup Kontrol Volume dengan Sistem Kompensasi

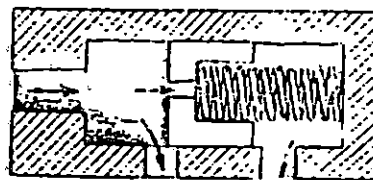
Fluida atau minyak yang mengalir ke dalam katup ini akan melalui pintu masuk (inlet) terus ke pintu keluar (outlet) setelah terlebih dahulu harus melewati orifis tetap dan kemudian keluar melewati orifis pengatur. Peningkatan volume aliran justru menyebabkan penurunan tekanan minyak yang akan melintasi orofis tetap sehingga terjadinya ketidakseimbangan dan menyebabkan komponen luncur katup tersebut bergerak, sekaligus menekan pegas katup yang terdapat pada bagian ujung komponen luncurnya. Dengan demikian katup akan membatasi jumlah aliran ke pintu keluar karena terjadinya pengecilan atau perubahan penampang orifis pengatur.

Bentuk lain dari pada katup pengontrol aliran ini adalah katup pengontrol bebas hambatan. Katup ini juga mempunyai sebuah pegas dan orifis untuk pengatur besar aliran dan tekanan katup, seperti terlihat dalam gambar 2-24.



bebas hambatan. saluran keluar

pengaliran penuh keluar
saluran bebas hambatan dkecilkan



bebas hambatan saluran keluar

pengaliran penuh ke saluran
bebas hambatan, saluran
keluar dkecilkan

sumber : Hydraulics ;
Deere, Moline, 1902

Gambar 2-24. Katup Kontrol Arah Dengan
Sistem Bebas Hambatan

Minyak yang mengalir masuk ke dalam katup akan mengisi bagian bebas hambatan dan bagian dalam dari pada katup tersebut. Kemudian minyak yang menumpuk dibagian bebas hambatan akan meningkatkan tekanan di bagian kepala katup dan sekaligus mendorong komponen luncur katup serta memperbesar pembukaan pintu keluar atau orifis bebas hambatan. Seterusnya sebagian minyak yang terdapat pada bagian hambatan ini mengalir keluar melalui orifis bebas hambatan dan selanjutnya dapat digunakan untuk fungsinya yang lain atau dikembalikan ke dalam reservoir. Sementara sebagiannya lagi masuk ke bagian dalam katup dan akan keluar melalui pintu atau saluran keluar (outlet), yang kemudian disalurkan ke fungsi utamanya, yaitu untuk selinder dan motor hidrolik.

Untuk menentukan volume aliran minyak yang mengalir (debit) melalui orifis tetap pada katup-katup kontrol volume aliran jenis ini digunakan rumus:

$$Q = A \cdot C_f \cdot \sqrt{2g \cdot \delta h}$$

atau

$$Q = C_m \sqrt{\frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot \delta p}{sg}}$$

dimana,

Q = debit aliran m^3/det

p = penurunan tekanan fluida, ketika melintasi katup Pa.

C_m = koefisien aliran fluida, A. Cf.

sg = spesifik gravity fluida

A = luas penampang orifis m^2

Cf = koefisien gesekan

h = perbedaan tinggi (head) tekanan m

g = gravitasi bumi m/det^2

Contoh soal. 2-1 _____

Hubungan koefisien aliran sebuah katup kontrol volume apabila minyak yang mengalir melewati katup tersebut mengalami penurunan tekanan 2,5 MPa, dengan debit aliran 65 m^3/det , dan spesifik gravity minyak 0,85. Jika volume aliran pada waktu pengembalian adalah sama besar dengan volume semula dan koefisien alirannya meningkat 5,1 berapakah besarnya penurunan tekanan yang terjadi ketika aliran tersebut melintasi katup pada waktu tersebut.

Penyelesaian:

Berdasarkan rumus di atas dapat ditentukan koefisien aliran, yaitu:

$$C_m = \frac{Q}{\sqrt{\left(\frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta p}{sg} \right)}}$$

$$C_m = \frac{65}{\sqrt{\left(\frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot 2,5 \cdot 10^6}{0,85} \right)}}$$

$$= 3,75.$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

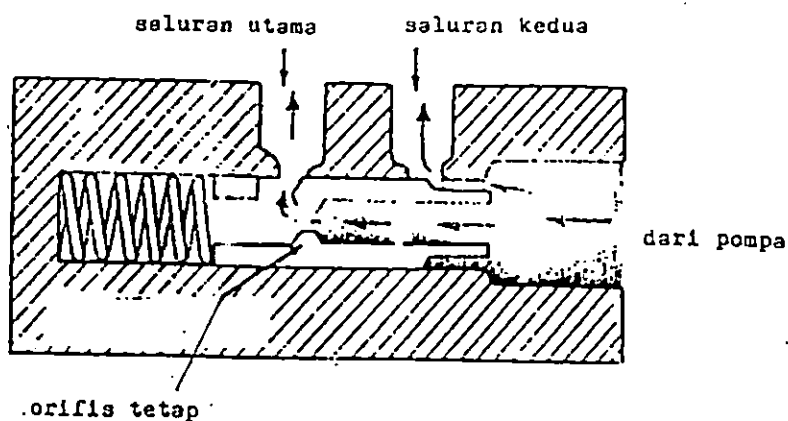
Besar penurunan tekanan pada waktu pengembalian aliran adalah,

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{Q^2 \cdot \rho \cdot g}{C_m^2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-4}} \\ &= \frac{65^2 \cdot 0,85}{(5,1)^2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-4}} \\ &= 1353646,03 \text{ Pa} \\ &= 1,35 \text{ MPa.} \end{aligned}$$

2. Katup Kontrol Volume Sistem Pembagi Aliran

Katup kontrol dengan pembagi aliran ini digunakan tidak hanya untuk mengatur volume aliran tetapi juga sekaligus membagi aliran tersebut menjadi beberapa arah aliran di dalam suatu rangkaian sistem hidrolik. Katup ini dibedakan atas katup pembagi aliran utama dan katup pembagi aliran seimbang.

Pada katup pembagi aliran utama seperti dilihat dalam gambar 2-25, alat pembaginya akan membagi aliran dari pompa hidrolik ke dalam dua pintu atau saluran keluar secara terpisah, yaitu saluran utama dan saluran kedua. Katup tersebut akan mengalirkan minyak dari saluran masuk (inlet port) terlebih dahulu guna dapat memenuhi saluran utamanya, dan bilamana telah terpenuhi baru kemudian disalurkan ke saluran yang kedua dari suatu rangkaian sistem.



sumber.: Hydraulics ; Deere,
Hollne, 1982

Gambar 2-25. Katup Kontrol Volume dengan
Sistem Pembagi Aliran

Sorong pembagi aliran yang terdapat di dalam katup ini akan meluncur untuk membuka jalan keluar utama dan membatasi saluran keluarnya yang lain. Pada waktu volume pemompaan atau hasil pompa lebih rendah, maka katup berpindah ke sebelah kanan dan membuka saluran utama secara lebih lebar lagi.

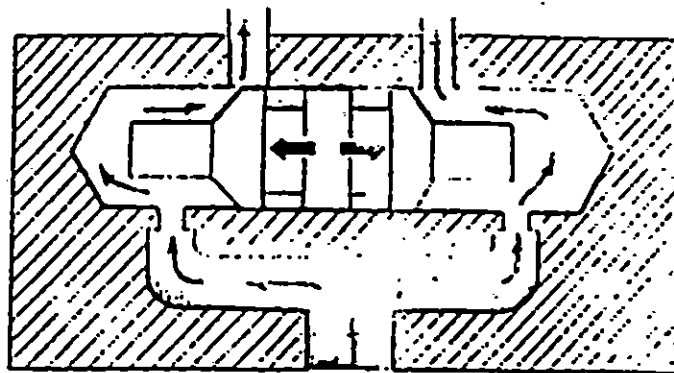
Katup ini juga dilengkapi dengan orifis tetap yang berfungsi untuk menentukan banyaknya volume aliran yang mengalir melalui saluran keluar utama tersebut. Aliran minyak yang datang dari pompa pertama-tama akan tertahan pada bagian orifisnya dan memberikan volume aliran yang lebih banyak pada saluran utama. Bersamaan dengan itu, akibat tekanan minyak yang datang maka katup akan bergerak ke sebelah kiri dan sekaligus menekan pegas serta membuka saluran keduanya agak lebih besar sehingga minyak dapat mengalir keluar melalui

saluran tersebut akan tetapi hanya mendapatkan bagian sisa dari minyak yang masuk, yaitu setelah saluran utama terpenuhi.

Adapun untuk Katup Pembagi Aliran seimbang (sama), minyak tersebut dialirkan pada dua rangkaian dengan jumlah yang sama. Katup mengalirkan minyak ke kiri dan ke kanan melalui dua buah orifis yang berukuran sama besar terdapat pada pintu masuk (inlet) sebelah kiri dan kanan kumparan seperti terlihat dalam gambar 2-26.

saluran keluar No, 1

saluran keluar no. 2



sumber : Hydraulics; Deere,
Moline, 1982

saluran masuk

Gambar 2-26. Katup Kontrol Arah dengan Pembagian Seimbangan

Pada waktu katup putar sebelah kanan dijalankan maka tekanan balik dari katup tersebut akan memindahkan kumparan ke sebelah kiri, dan akan membatasi pintu keluar nomor 2 yang terdapat di sebelah kiri dan sekaligus menjaga keseimbangan tekanan agar sama, yaitu tekanan yang dikehendaki pada waktu berputar pada

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

masing-masing sisi sorongnya. Oleh karena tekanan yang masuk ke dalam masing-masing orifis sama menyebabkan tekanan pada masing-masing ujung sorong juga sama besar sehingga aliran yang diterima terhadap masing-masing katup akan selalu dalam jumlah volume yang sama.

E. Soal-soal

1. Sebutkan fungsi dari masing-masing katup hidrolis di dalam sistem Hidrolis Mesin.
2. Apakah perbedaan antara katup pengaman dengan katup penurun tekanan secara operasionalnya.
3. Hitunglah kehilangan tenaga melalui katup pengaman yang bekerja secara langsung jika debit aliran yang dikembalikan ke reservoir 8 liter/menit, pada tekanan 13,5 MPa.
4. Apakah yang dimaksud dengan istilah way, port, dan position di dalam suatu rangkaian sistem hidrolis.
5. Apa perbedaan katup sistem pusat terbuka dengan katup sistem pusat tertutup.
6. Bagaimana prinsip kerja katup kontrol arah dengan sistem pilot.
7. Tentukanlah keefisien aliran sebuah katup kontrol volume yang bekerja pada tekanan 3 MPa dan mengalirkan minyak 6 liter/menit, $sg = 0,80$. Apabila minyak tersebut dikembalikan lagi ke reservoir dengan volume yang sama berapa penurunan tekanan melalui katup jika koefisiennya meningkat 3 kali semula.

BAB III

SILINDER HIDROLIK

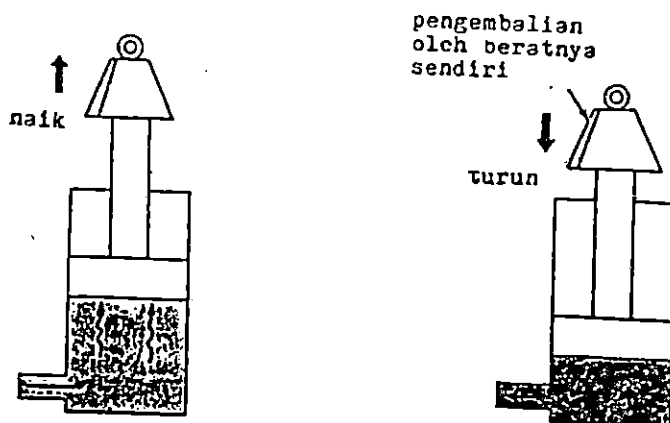
A. Pengantar

Silinder Hidrolik merupakan salah satu di antara alat kelengkapan aktuator Sistem Hidrolik, yang berfungsi untuk mengubah tenaga aliran yang berasal dari pompa kembali menjadi tenaga mekanik. Atau alat untuk mengubah tenaga aliran fluida pada suatu tekanan tertentu menjadi tenaga gerak liner (Sullivan, 1982).

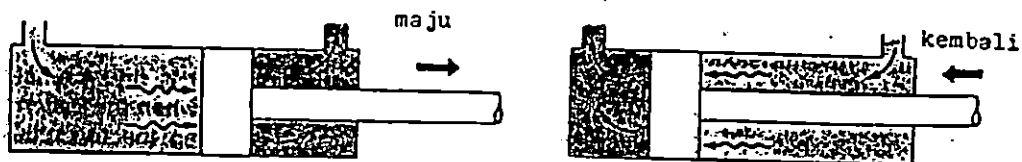
Ditinjau dari segi gerakannya, silinder hidrolik tersebut dapat dibedakan atas dua tipe, yaitu silinder hidrolik berpiston dengan gerak liner dan silinder jenis vane yang bergerak secara berputar. Jika dipandang dari segi prinsip kerjanya, silinder jenis piston dibedakan lagi atas silinder hidrolik kerja tunggal dan silinder hidrolik kerja ganda, seperti dalam gambar 3-1.

Silinder hidrolik kerja tunggal ini hanya memiliki satu sisi masukan (inlet) sehingga tekanan minyak atau fluida hanya diizinkan untuk satu kali jalan, yaitu untuk mengangkat atau memindahkan beban dalam satu arah tertentu seperti terlihat pada gambar 2-1a. Tenaga dari luar baik gaya berat maupun tekanan pegas harus dapat mengembalikan piston pada titik atau posisinya semula. Sedangkan pada silinder kerja ganda

memiliki dua posisi pemasukan (inlet) sehingga tekanan minyak tersebut diberi kemampuan melakukan kerja di dalam dua arah, yaitu saat langkah pengangkatan beban dan langkah pengembalian piston seperti tampak pada gambar 2-1b.



(a) selinder kerja tunggal



(b) selinder kerja ganda

sumber : *Hydraulics ; Deere, Moline, 1982*

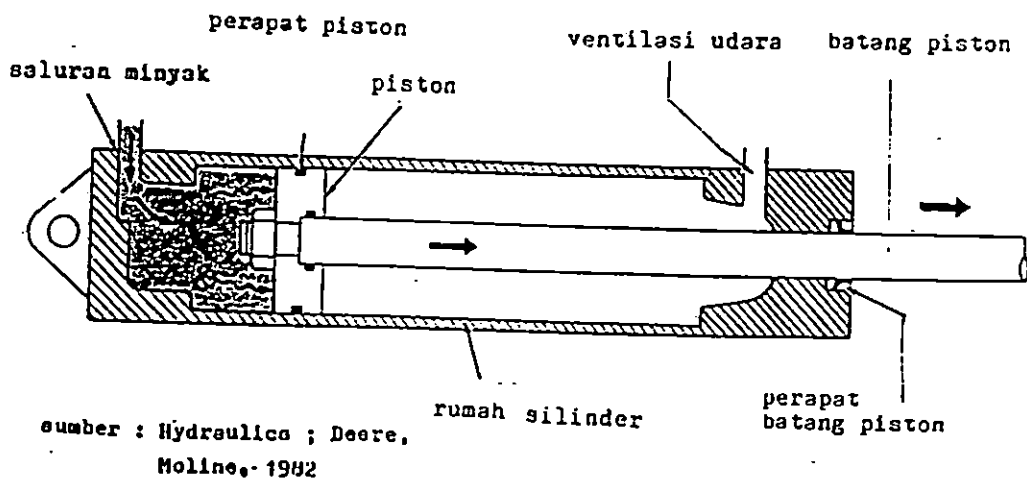
Gambar 3-1. Jenis-jenis Silinder Hidrolik Berpiston

B. Silinder Hidrolik Kerja Tunggal

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya bahwa silinder hidrolik dengan kerja tunggal ini hanya melakukan kerja dalam satu arah tertentu saja, yaitu pada saat langkah maju (naik). Oleh karena itu di dalam

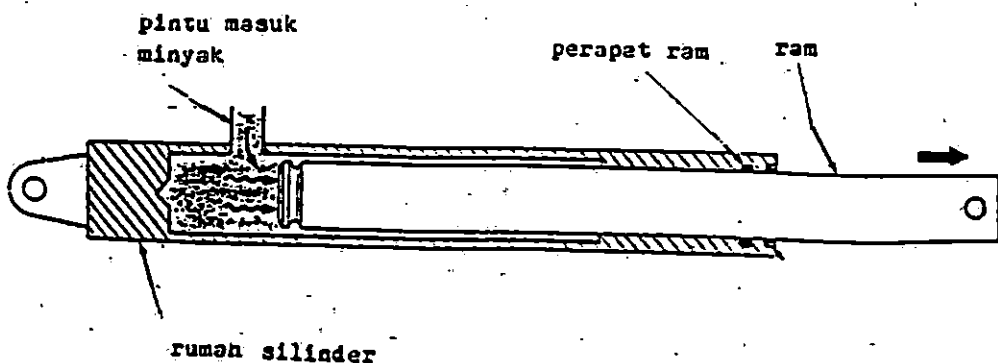
ruang silinder tekanan minyak atau fluida justru terjadi hanya pada satu sisi bagian atas (puncak) piston sementara dibagian bawahnya tidak terdapat minyak atau kering sehingga menyebabkan tidak terdapat tekanan hidrolik. Pada bagian sisi kering ini dibuat lobang-lobang udara guna dapat melepaskan udara dan kotoran-kotoran keluar dari selinder hidrolik.

Silinder hidrolik jenis ini juga dilengkapi dengan ring perapat (seal) guna mencegah minyak atau fluida jangan sampai mengalir masuk kebagian sisi kering tersebut atau menjaga jangan terjadinya kebocoran. Di samping itu pada bagian batang piston juga dipasang sebuah ring pembersih yang fungsinya adalah untuk membersihkan batang piston tersebut dari kotoran-kotoran sehingga piston lebih dapat bergerak atau berpindah dengan mulus dan keluar dari selinder seperti tampak pada gambar 3-2.



Gambar 3-2. Silinder Piston Kerja Tunggal

Di dalam pemakaiannya silinder dengan kerja tunggal ini lebih umum dijumpai tidak berpiston akan tetapi hanya dilengkapi dengan batang piston yang dibuat agak lebih besar, yakni mendekati ukuran diameter silindernya. Sebagai pengganti pistonnya maka pada bagian ujung batang piston dibuat sedikit ramping (mengecil) seperti terlihat pada gambar 3-3.



sumber : *Hydraulics* ; Deere,
Moline, 1962

Gambar 3-3. Silinder Hidrolik Kerja Tunggal
Tunggal Tipe Rams

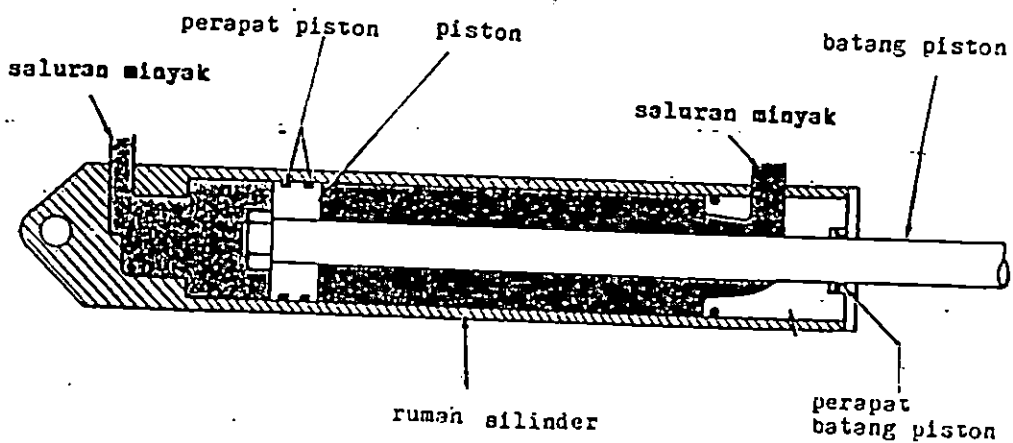
Silinder-silinder hidrolik seperti demikian sering dinamakan dengan Rams, dan lebih banyak digunakan untuk pesawat pengangkat, silinder dumper, dan pesawat-pesawat kempa (mesin press).

Dari segi konstruksinya selinder hidrolik kerja tunggal terdiri atas beberapa bagian utama seperti rumah silinder, piston dan batang piston, saluran masuk minyak (fluida), perapat (seal) dan penutup-penutup

ujung piston. Selain dari itu silinder hidrolik juga dilengkapi dengan alat perlengkapan seperti, dash-pot, snubber, ataupun decelerator yang berfungsi untuk mengurangi beban kejutan yang kemungkinan terjadi sewaktu silinder bekerja.

C. Silinder Hidrolik Kerja Ganda

Berbeda halnya dengan selinder kerja tunggal, silinder hidrolik kerja ganda ini menghasilkan kerja dalam dua arah gerakan piston, yaitu saat langkah maju (naik) dan langkah kembali (turun). Dengan demikian berarti kedua sisi piston terdapat minyak dan oleh karena itu kedua puncak piston tersebut harus memakai ring perapat (seal) guna mencegah kebocoran, seperti terlihat dalam gambar 3-4.



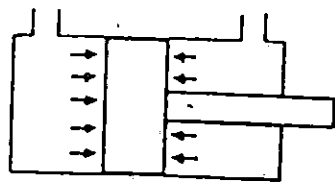
sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 3-4. Silinder Hidrolik Berpiston
Kerja Ganda

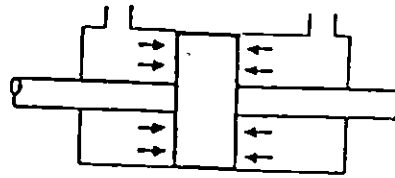
Dilihat dari segi konstruksinya silinder hidrolik jenis ini mempunyai dua saluran masuk minyak, sedangkan dari segi prinsip kerjanya dapat dibedakan atas dua prinsip, yaitu silinder hidrolik jenis tak seimbang (diferensial) dan jenis seimbang (sama).

Silinder hidrolik kerja ganda jenis tak-seimbang ini biasanya direncanakan pada pemakaian dengan jumlah pukulan (gerakan) yang perlahan-lahan dan kecepatan pukulnya lebih kecil ketika piston berada dalam langkah masuk (maju). Tenaga fluida pada sisi batang piston lebih kecil dibandingkan dengan sisi puncak piston. Ini disebabkan karena tekanan minyak pada kedua sisi tersebut tidak sama besar.

Untuk silinder hidrolik jenis seimbang batang piston dibuat langsung menembus puncak piston sehingga lebih dapat memberikan kemampuan kerja yang lebih luas dan seimbang baik saat langkah maju atau kembali (mundur). Namun demikian perlu diketahui bahwa seimbang dan tidak seimbang tenaga yang dihasilkan pada kedua jenis silinder tersebut sangat tergantung dari besarnya gaya yang bekerja diantara kedua bagian sisi silinder itu sendiri. Kedua jenis silinder hidrolik tersebut dapat diperlihatkan seperti gambar 3-5 berikut ini.



selinder tak seimbang



selinder seimbang

sumber : Hydraulics ;

Deere, Holins, 1982

Gambar 3-5. Jenis-jenis Silinder Hidrolik Kerja Ganda

D. Menghitung Besar Gaya dan Ukuran Utama Silinder

Selain dari segi konstruksi dan jenis pemakaiannya ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan di dalam memilih suatu silinder hidrolik, seperti besar gaya yang dibutuhkan (dihasilkan), tekanan kerja, beban dukung, bantalan silinder serta gaya pencepat dan pengerem silinder hidrolik.

Adapun besar gaya yang dibutuhkan atau dapat dihasilkan dari sebuah silinder hidrolik tergantung pada ukuran silinder atau diameternya serta tekanan minyak (fluida) yang bekerja didalam silinder tersebut. Ini dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$F = p \cdot A$$

dimana, F = gaya yang dibutuhkan N

p = tekanan minyak N/m^2 (Pa)

A = luas penampang silinder m^2 .

Sedangkan untuk menentukan ukuran diameter silinder atau pistonnya dapat diturunkan dari rumus tersebut, yaitu;

$$\text{luas silinder} = \frac{\text{G a y a}}{\text{tekanan}}$$

$$\frac{\pi db^2}{4} = \frac{F}{p}$$

$$db = \sqrt{\frac{4 F}{\pi p}}$$

dimana, db = diameter piston silinder mm

F = gaya yang dibutuhkan N

p = tekanan minyak N/m² (Pa)

Untuk langkah silinder hidrolik biasanya ditentukan oleh ukuran panjang selinder. Bilamana ukuran diameter dan panjang langkah silinder diberikan maka volume aliran minyak dapat ditentukan pada suatu kecepatan spesifik silinder tertentu. Dengan kata lain kecepatan spesifik silinder atau minyak yang mengalir melalui selinder dan saluran masuk penyambungan pemipaan merupakan fungsi dari luas penampang dan volume aliran minyak (fluida) tiap satuan waktu, yaitu:

$$V = \frac{Q}{A}$$

dimana, V = kecepatan fluida (minyak) mengalir atau kecepatan silinder hidrolik.

Q = debit atau volume minyak yang mengalir tiap satuan waktu.

A = luas penampang aliran atau silinder.

Apabila diameter dan panjang langkah silinder diberikan maka volumenya adalah,

$$\begin{aligned} v &= A \times s \\ &= \pi/4 \text{ db}^2 \times s \end{aligned}$$

sehingga dengan demikian didapatkan kecepatan,

$$\begin{aligned} v &= \frac{\text{volume/waktu}}{\text{l u a s}} = \frac{A \times s/t}{A} \\ &= \frac{s}{t} = \frac{\text{panjang langkah}}{\text{w a k t u}} \end{aligned}$$


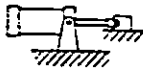
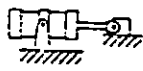
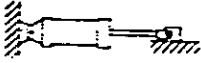
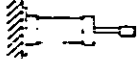
Perlu pula diketahui bahwa beban dukung yang dipindahkan (digerakan) oleh silinder sewaktu bekerja akan ditahan oleh batang piston. Oleh karena itu ukuran dari batang piston tersebut perlu direncanakan (dihitung), yang biasanya hal ini akan dipengaruhi oleh kekuatan bahan yang dipilih, gaya tekan yang bekerja pada batang piston, jenis bantalan (tumpuan) yang dipakai, serta panjang langkah silinder aktual ketika silinder mengalami pembebanan.

Adapun besar gaya yang akan dialami oleh batang piston sangat tergantung pada besar beban luar atau tekanan fluida yang bekerja di atas piston.

Sedangkan
MILIK UPT PERPOSTRIAN
IKIP PADANG

jenis tumpuannya dipengaruhi oleh bagaimana cara dan bentuk rumah silinder tersebut disusun (dipasang) pada bagian sistem hidrolik yang permanen (tidak bergerak) sifatnya, seperti diperlihatkan dalam tabel berikut 3-1.

Tabel 3-1. Jenis Tumpuan dan Perletakan Selinder Hidrolik

Jenis Tumpuan (Bantalan)	Contoh Perletakan (susunan)	Faktor kekuatan bgt.piston
1. Kedua Ujung Silinder diikat kaku dan batang piston dengan tumpuan jepit		Langkah x 0,5
2. Satu ujung Silinder diikat dan batang piston berpenyangga engsel		Langkah x 1,0
3. Silinder dengan ikatan ditengah dan batang piston berpenyangga engsel		Langkah x 1,5
4. Silinder dengan ikatan engsel (berflens) di bagian belakang dan batang piston berpenyangga engsel		Langkah x 2,0
5. Silinder dengan ikatan jepit di bagian belakang dan batang piston tanpa berpenyangga		Langkah x 4,0

sumber : Fluid Power; Sullivan Virginia, 1982

Prosedur yang perlu diperhatikan untuk menghitung ukuran batang piston dan panjang selinder di bawah kondisi pembebanan dapat dilakukan dengan cara sbb:

1). Tentukan faktor kekuatan batang berdasarkan bentuk perletakan (susunan) silinder seperti terlihat dalam Tabel 3-1.

2). Hitunglah panjang aktual batang dengan rumus,

$$\text{Panjang aktual} = \text{Langkah aktual} \times \text{faktor kekuatan batang.}$$

3). Tentukan gaya tekan yang akan didukung batang piston dengan menggunakan ukuran diameter piston dan tekanan maksimum katup pengaman (penolong).
Atau dengan rumus:

$$\text{Gaya} = \text{Tekanan} \times \text{Luas}$$

$$F = p \times A$$

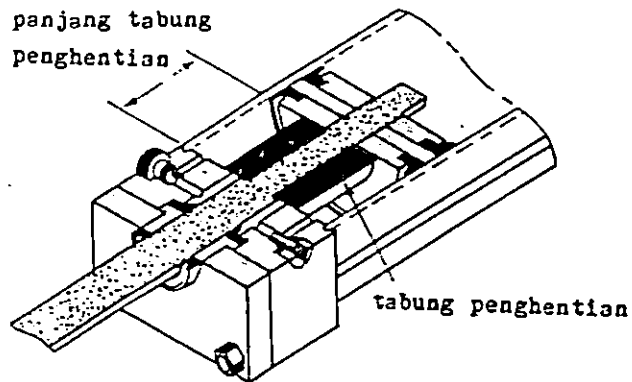
4). Tentukan diameter batang piston secara pendekatan dengan menggunakan Tabel 3-2.

5). Hitung panjang tabung penghentian (penyetop) yang dipergunakan seperti terlihat dalam gambar 3-8. Tabung ini dipasang pada batang silinder diantara piston dan penutup ujung (kepala) silinder, yang berfungsi untuk mencegah terjadinya kelebihan tarikan batang piston ketika silinder dalam keadaan pembebasan (langkah maju) maksimum, yang dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut (Sullivan:1982)

Tabel 3-2: Penentuan Ukuran Diameter Batang Piston Pada Pembebanan Maksimum.

Diameter Batang Piston (ca)												
Beban (kN)	1,587	2,540	3,492	4,445	5,080	6,350	7,620	8,890	10,160	11,430	12,700	13,970
0,4448	165,1											
0,6672	127,0											
1,1120	95,52	254,0										
1,7792	73,65	198,12	393,07									
3,1136	53,34	147,32	284,48	482,6								
4,4480	43,18	121,92	238,76	406,4	533,40							
6,2272	35,56	101,60	198,12	335,28	444,50	698,50						
8,0064	30,48	88,90	147,32	294,64	381,00	609,50						
10,6752	25,40	76,20	127,00	248,92	330,20	533,40	762,00					
14,2336		63,50	111,76	215,90	279,40	431,80	652,78					
17,7920		55,88	99,06	190,50	248,92	401,32	579,12	762,00				
22,2400		50,80	88,90	170,18	223,52	355,60	508,00	711,20				
26,6888		45,72	76,20	152,40	198,12	322,33	452,28	640,08	752,00			
35,5240		38,10	63,04	132,08	170,18	279,40	396,24	558,80	735,60			
44,4800		30,48	58,42	118,84	152,40	243,84	350,52	487,58	660,40	762,00		
53,3376		27,94	45,72	106,68	137,16	233,68	317,50	452,12	599,44	749,30		
71,1930			35,56	83,90	116,34	193,04	274,32	323,08	508,00	645,16	762,00	
88,950				73,56	101,60	172,72	241,30	345,44	457,20	579,12	698,50	762,00
133,4400				43,26	76,20	132,08	195,58	279,40	368,30	464,82	558,80	698,50
177,9200				25,40	53,34	101,60	162,56	239,76	317,50	403,86	482,60	609,50
222,4000					30,48	76,20	137,16	213,36	281,94	355,60	431,80	538,48
266,8800						33,02	111,76	187,96	256,54	330,20	393,70	487,68
355,8400							71,12	144,78	215,90	279,40	342,90	426,72
444,8000								109,22	177,80	246,38	304,80	375,92
533,7600								73,66	147,32	213,35	279,40	345,44
622,7200									111,76	185,42	246,38	314,96
711,6800									25,40	157,48	215,90	234,48
889,6000										96,52	162,55	236,22
1112,0000												175,25
1334,4000												25,40

Sumber: Fluid Power . Sullivan . Virginia, 1982
(Konversi dalam SI unit, Hasanuddin)



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 3-8. Tabung Pembatas Gerakan Batang Piston

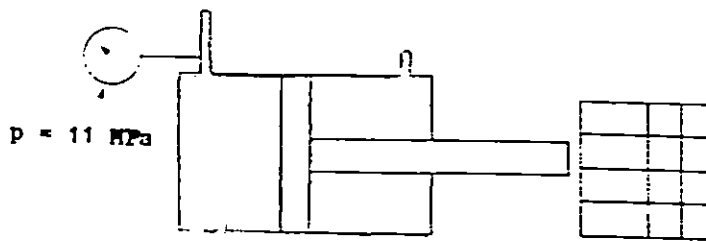
$$\text{Panjang Tabung} = \frac{\text{Panjang Aktual} - 40}{10} \quad (\text{inch})$$

atau,

$$\text{Panjang Tabung} = \frac{2,54 (\text{Pj. Aktual} - 40)}{10} \quad \text{cm.}$$

Contoh Soal. 3-1 _____

Hitunglah ukuran piston silinder yang digunakan dari suatu selinder hidrolis yang dioperasikan pada sistem 11 MPA dan memindahkan beban dukung sebesar 355,8 kN seperti gambar 3-6.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 3-6. Gambar Contoh Soal 3-1

Penyelesaian:

Ukuran diameter piston silinder adalah:

$$d_b = \sqrt{\frac{4 F}{p}}$$

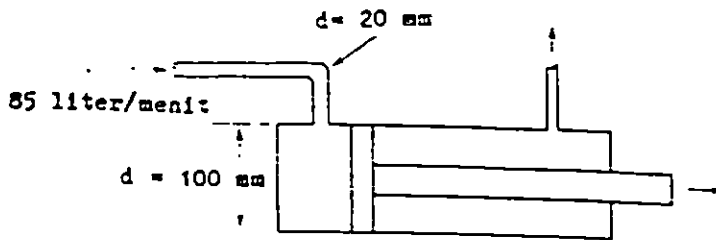
$$d_b = \sqrt{\left(\frac{(4)(355,8)}{(3,14)(11.10^6)} \right)}$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$= 20 \text{ cm.}$$

Contoh Soal. 3-2

Dari suatu silinder hidrolis diberikan volume aliran minyak 85 liter/menit melalui pipa saluran 20 mm terus masuk ke silinder hidrolis berukuran diameter 100 mm. Hitunglah kecepatan fluida mengalir melewati pintu saluran silinder dan kecepatan piston silinder hidrolis tersebut (lihat gambar 3-7).



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 3-7. Gambar Contoh Soal 3-2

Penyelesaian.

Kecepatan fluida melewati pintu saluran silinder adalah,

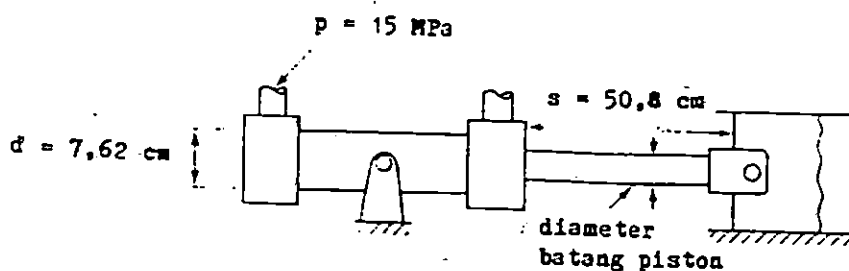
$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi/4 d^2} \\
 &= \frac{85 \times 10^{-3} \times (1/60)}{(3,14/4) \times (20 \cdot 10^{-3})^2} \quad \text{m/det} \\
 &= 4,5 \text{ m/det.}
 \end{aligned}$$

Sedangkan kecepatan piston silinder hidrolik adalah,

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{Q}{\pi/4 db^2} \\
 V &= \frac{85 \times 10^{-3} \times (1/60)}{(3,14/4) \times (100 \cdot 10^{-3})^2} \quad \text{m/det} \\
 &= 1,58 \text{ m/det.}
 \end{aligned}$$

Contoh Soal 3-3

Hitunglah diameter batang silinder yang digunakan dalam suatu silinder hidrolik berdiameter 7,62 cm dan bekerja pada tekanan maksimum 15 MPa. Silinder hidrolik yang digunakan memakai tumpuan dengan sistem ikatan ditengah seperti terlihat pada gambar 3-9. Kemudian tentukan juga panjang tabung penghentiannya, jika panjang langkah 50,8 cm.



sumber : Fluid Power : Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 3-9. Gambar Soal 3-3

Penyelesaian.

Berdasarkan jenis tumpuan yang digunakan diperoleh faktor koreksi kekuatan batang 1,5, yang diambil berdasarkan tabel (2-1). Jadi panjang aktual adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang aktual} &= \text{langkah aktual} \times 1,5 \\
 &= 0,508 \times 1,5 \\
 &= 0,762 \text{ m} \\
 &= 76,2 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Gaya penekanan pada batang piston adalah,

$$F = p \cdot A$$

$$\begin{aligned} F &= 15 \times 10^6 \times 10^5 \times 3,14/4 (7,62 \times 10^{-2})^2 \\ &= 68 \text{ kN.} \end{aligned}$$

Diameter batang piston dapat ditentukan berdasarkan tabel 2-2, yaitu dengan cara mencari nilai gaya yang sesuai (lebih besar) dari hasil perhitungan pada kolom sebelah kiri tabel tersebut. Dalam hal ini diperoleh dan diambil nilai sebesar 68 kN, kemudian dari sini tarik garis horizontal ke kanan untuk mendapatkan nilai panjang batang aktual, yang sesuai atau mendekati dari hasil perhitungan. Dalam hal ini diambil sebesar 8890 cm, kemudian dari sini tarik garis vertikal ke atas dan diperoleh ukuran diameter batang piston sebesar 35.

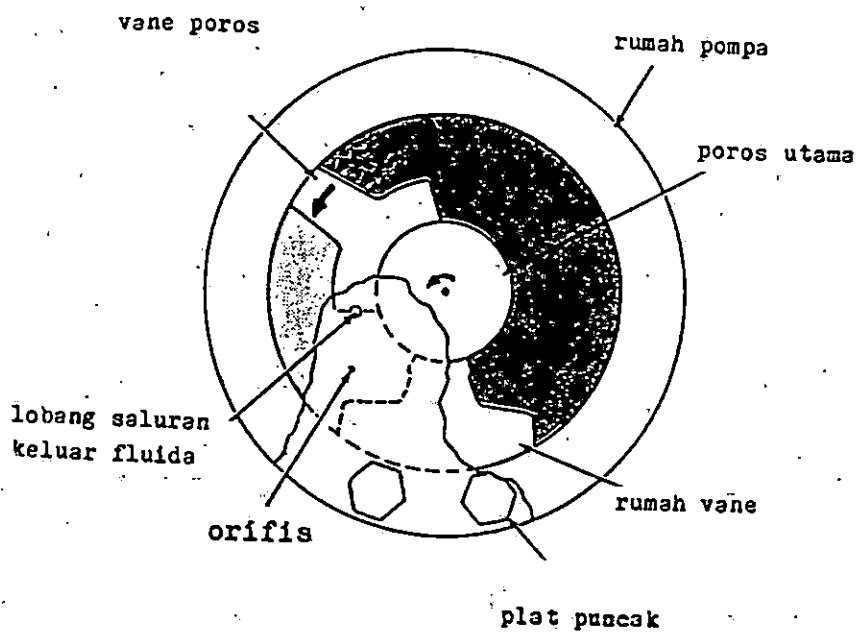
Selanjutnya, panjang tabung penghentian dihitung berdasarkan rumus,

$$\begin{aligned} Pj. \text{ Tabung} &= 0,254 (Pj. \text{ aktual} - 40) \\ &= 0,254 (76,2 - 40) \\ &= 9,2 \text{ cm (dibulatkan 10 cm).} \end{aligned}$$

E. Silinder Hidrolik Jenis Vane.

Selinder jenis ini merupakan salah satu di antara silinder hidrolik dengan gerak berputar dimana didalam perputaran silinder poros dan vane (kipas) akan membagi

penempatan dan tekanan minyak saat selinder bekerja, rumah silinder, poros utama, vane poros yang berputar, rumah vane, saluran keluar minyak, orifis, dan plat puncak seperti terlihat pada gambar 3-10



sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 3-10. Silinder Hidrolik
Jenis Vane

Minyak akan mengalir atau dilepaskan keluar melewati lubang saluran yang terdapat pada dinding di dalam silinder. Vane poros akan menutup minyak yang keluar melalui lubang pada plat puncak bilamana poros vane bergerak dan hanya akan membiarkan minyak keluar melewati lubang-lubang saluran kecil yang terdapat pada vane.

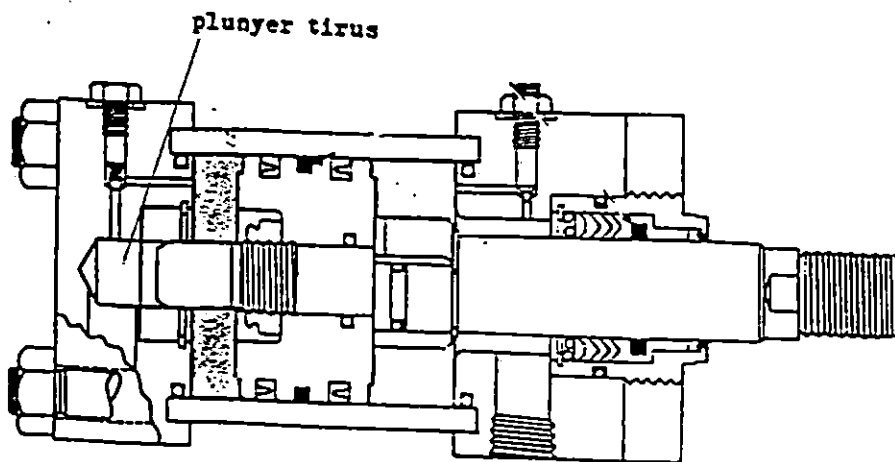
Sebagian besar dari silinder jenis vane ini bekerja berdasarkan prinsip kerja ganda dan vane porosnya ditempatkan terpisah pada dua kamar di dalam silinder. Tekanan minyak atau fluida terlebih dahulu disalurkan ke kamar pertama yang berada pada pengayun (lengan) sebelah kiri dan kemudian baru diteruskan kamar kedua yang terdapat pada pengayun (lengan) sebelah kanan,

F. Perlengkapan Pengereman Silinder Hidrolik.

Alat perlengkapan pengereman biasanya dipasang pada bagian ujung silinder hidrolik, yang berfungsi sebagai pemisah ketika beban harus dihentikan. Kejutan hidrolik terhadap selinder dan sistem dapat diperkecil secara perlahan-lahan sebelum piston berhubungan dengan penutup ujung selinder hidrolik. Energi yang diserap oleh sebuah benda yang digerakkan atau dipindahkan diubah menjadi panas dan disebarkan ke lingkungan melalui fluida dan selinder.

Gambar 3-11, memperlihatkan piston dengan langkah gerak maju, dimana alat perlengkapan pengereman jenis tirus membantu memasukkan penutup ujung batang yang sedang menghambat aliran minyak (fluida). Aliran fluida kemudian disalurkan melalui saluran bebas hambatan dan katup jarum pada suatu kecepatan yang terkontrol akan memperlambat gerakan piston. Alat pengereman yang terdapat pada ujung kepala selinder selama langkah

kembali akan bekerja dengan cara yang sama perantaraan gerakan dari plunyer alat pengereman bentuk tirus tersebut. Penutupan aliran akan menyebabkan fluida (minyak) disalurkan kembali melalui saluran bebas hambatan dan katup pengukuran akan memperlambat gerakan piston.



sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 3-11. Alat Kelengkapan Pengereman
Silinder Hidrolik

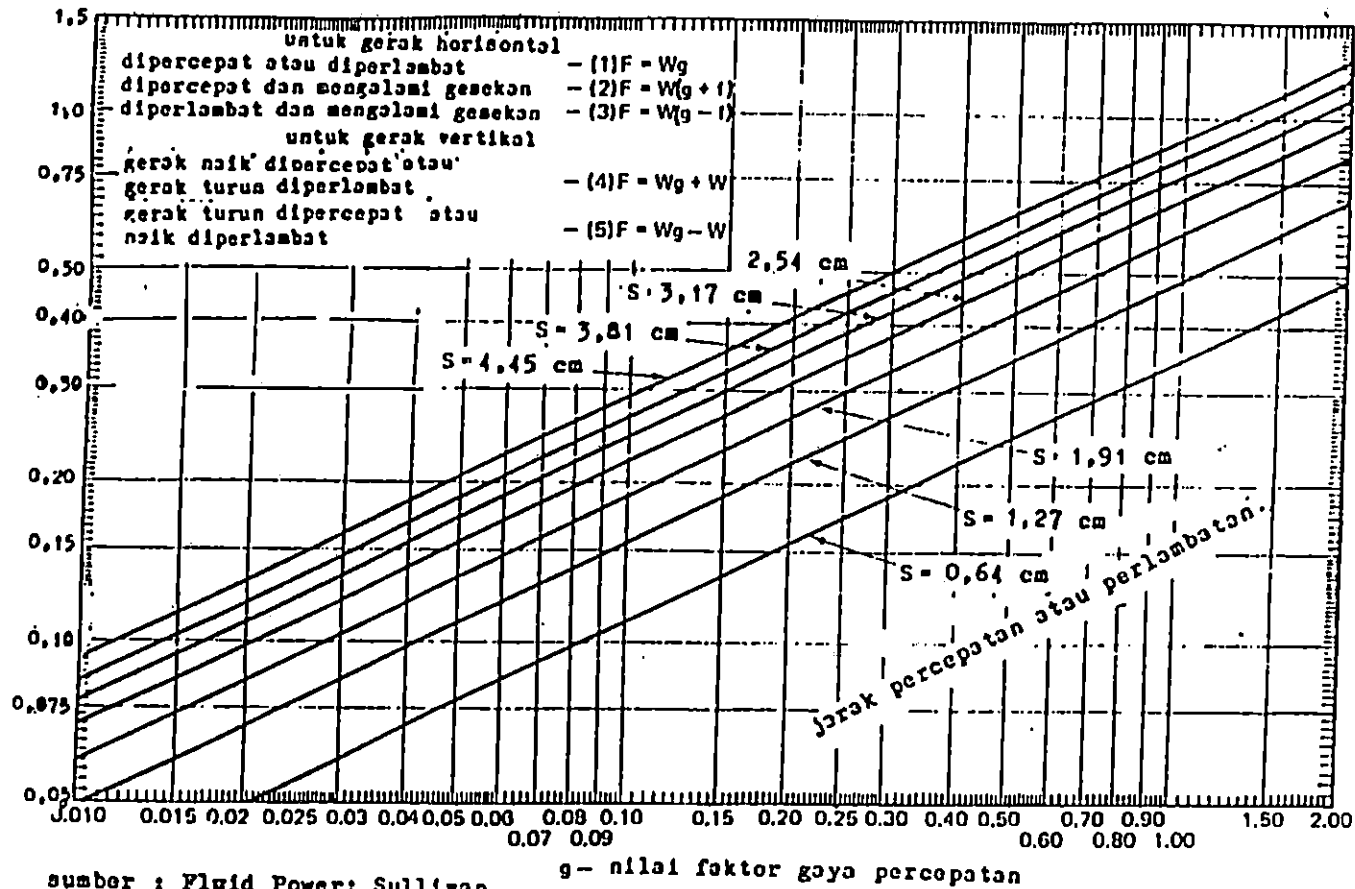
Adapun gaya yang digunakan untuk memperlambat gerakan tersebut dapat diturunkan dari hukum Kedua Newton, yakni:

$$F = m \cdot a$$

dimana, F = gaya (N)

m = massa benda (kg)

a = percepatan benda (m/det²).



sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1962

Gambar 3-12 Faktor-faktor Gaya Percepatan

Dalam bentuk lain rumus tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F = \frac{w \times a}{g}$$

atau, $F = w \times ga$

dimana, w = berat benda (N)

g = grafitasi (m/det^2)

ga = faktor percepatan benda.

Faktor percepatan benda tersebut nilainya dapat ditentukan berdasarkan grafik seperti pada gambar 3-12 berikut ini, atau dapat juga dihitung berdasarkan rumus:

$$ga = \frac{v^2}{2 g S}$$

dimana, v = kecepatan benda

S = Langkah atau jarak pengereman atau perlambatan.

g = grafitasi (m/det^2)

ga = faktor percepatan benda.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Apabila ada gaya gesekan yang bekerja maka hal ini perlu diperhitungkan di dalam menentukan besar gaya yang dibutuhkan. Jika benda mengalami percepatan berarti diperlukan suatu penambahan terhadap gaya F dan sebaliknya jika mengalami perlambatan maka diperkurangkan, yang nilai masing-masingnya tergantung pada berat benda dan faktor gesekan (f) yang bekerja. Hal tersebut dapat ditulis dalam bentuk rumus sebagai berikut:

$$F = (w \times g_a) \pm (w \times f)$$

$$F = w (g_a \pm f).$$

Jika benda yang dipindahkan bergerak naik dan turun atau keatas dan kebawah, maka nilai gaya F tersebut perlu ditambah atau dikurangi sebesar berat benda yang digerakkan. Ini tergantung apakah benda mengalami percepatan atau perlambatan, sehingga:

$$F = w (g_a \pm f) \pm w$$

atau secara lebih terinci dapat dijabarkan,

1). Gerak naik dipercepat,

$$F = w (g_a + f) + w$$

2). Gerak turun diperlambat,

$$F = w (g_a - f) + w$$

3). Gerak turun dipercepat,

$$F = w (g_a + f) - w$$

4). Gerak naik diperlambat.

$$F = w (g_a - f) - w$$

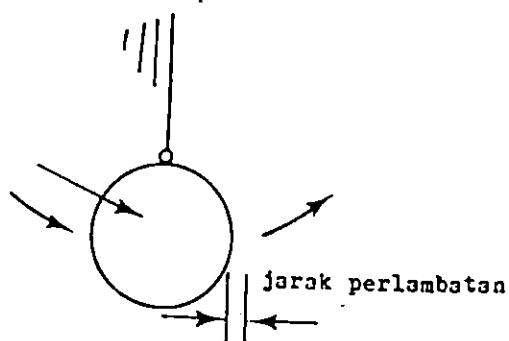
Selanjutnya untuk benda-benda dengan gerak mendatar gaya yang dibutuhkan selama perlambatan tersebut adalah:

$$F = w (g_a - f) + F_a$$

dimana, F_a = adalah gaya tambahan yang harus dilakukan piston untuk menahan beban selama perlambatan.

Contoh Soal. 3-4

Hitunglah besar gaya yang dibutuhkan untuk memperlambat gerakan sebuah benda sebesar 35,6 N pada kecepatan 0,5 m/det dengan jarak perlambatan 0,04 m seperti pada gambar 3-13.



Gambar 3-13 Gambar Contoh Soal 3-4

Penyelesaian.

Faktor perlambatan adalah,

$$g_a = \frac{v^2}{2 g S}$$

$$g_a = \frac{(0,5)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,04}$$

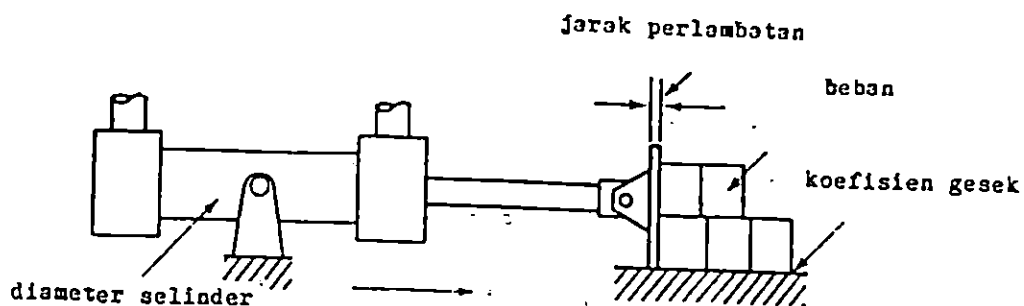
$$= 0,31.$$

Gaya perlambatan yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} F &= w \times a_g \\ &= 35,6 \times 0,31 \\ &= 11,04 \text{ kN.} \end{aligned}$$

Contoh Soal. 2-5

Hitunglah besar gaya total yang diperlukan untuk memperlambat suatu beban sebesar 6672 N pada kecepatan perjalanan 15,24 m/menit dengan koefisien gesekan $f = 0,12$ dan jarak pemindahan sejauh 0,01905 m. Silinder hidrolik menggerakkan beban pada tekanan 5,172 MPa dengan diameter selinder 0,0762 m seperti pada gambar 3-14.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 3-14. Gambar Contoh Soal 3-15

Penyelesaian.

Oleh karena beban bergerak secara horizontal, maka gaya yang dibutuhkan adalah:

$$F = w (g_a - f) + F_A$$

sedangkan faktor perlambatannya dihitung dengan rumus:

$$g_a = \frac{V^2}{2 g S}$$

$$\frac{(15,24 \cdot 1/60)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (0,01905)}$$

$$= 0,16.$$

dan gaya tambahan (F_A) dihitung dengan rumus:

$$F_A = p \cdot A$$

$$= p \cdot \frac{\pi}{4} (db)^2$$

$$= 5,172 \cdot 10^6 \cdot 3,14/4 (0,0762)^2$$

$$= 23,576 \text{ N.}$$

Jadi besar gaya perlambatan yang dibutuhkan adalah,

$$F = (6672)(0,16 - 0,12) + (23.576)$$

$$= 23,842,9 \text{ N.}$$

G. Soal-soal Latihan.

1. Sebutkanlah fungsi dari silinder hidrolik di dalam suatu sistem hidrolik mesin dan jelaskan prinsip kerja dari masing-masing jenis silinder yang biasa digunakan pada sistem tersebut !
2. Jelaskan kegunaan alat perlengkapan pengereman di dalam sistem hidrolik.
3. Hitunglah kecepatan liner dari suatu silinder berdiameter 5,08 cm dan menerima aliran fluida setiap menitnya sebesar 20 liter.
4. Sebuah silinder berdiameter 10 cm dan diameter batang piston 6 cm. Hitunglah kecepatan silinder yang mensuply minyak 35 liter/menit terhadap sistem hidrolik.
5. Hitunglah besar gaya yang dibutuhkan untuk memperlambat sebuah benda yang dipindah sistem hidrolik seberat 10 kN pada kecepatan 45 m/menit dalam jarak perpindahan sejauh 6 cm.

6. Sebuah silinder hidrolik berdiameter 6 cm bekerja pada tekanan 12 MPa dan menggerakkan beban sebesar 14 kN dengan kecepatan 7 m/menit. Tentukan gaya yang diperlukan untuk memperlambat beban tersebut.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

BAB IV

MOTOR HIDROLIK

A. Pengantar

Motor hidrolik juga merupakan salah satu di antara kelengkapan aktuator suatu Sistem Hidrolik, yang bekerja berdasarkan kebalikan prinsip kerja pompa hidrolik. Pada pompa hidrolik fluida akan didorong keluar dengan mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga aliran sedangkan pada motor hidrolik tenaga aliran fluida tersebut diubah kembali menjadi tenaga mekanik.

Penggunaan aktuator motor hidrolik tersebut dipasang saling berhubungan dengan pompa hidrolik guna dapat memberikan tenaga penggerak terhadap sistem hidrolik. Tenaga aliran yang dihasilkan pompa terhadap fluida terus dialirkan ke motor hidrolik yang selanjutnya diubah menjadi tenaga mekanik, guna dapat menggerakkan dan memindahkan beban.

Seperti halnya prinsip pompa, motor hidrolik juga direncanakan atas dua jenis prinsip pemindahan, yaitu motor dengan prinsip pemindahan tetap (konstan) dan motor pemindahan berubah-ubah. Motor pemindahan tetap biasanya mempunyai kecepatan yang konstant yang dapat diatur menurut jumlah aliran minyak (fluida) yang masuk pada gerak atau perputaran normal. Sedangkan motor pemindahan berubah-ubah mempunyai kecepatan dan putaran yang berubah-ubah, yang diatur perantaraan mekanik pengatur pemindahannya.

B. Jenis-jenis Motor Hidrolik

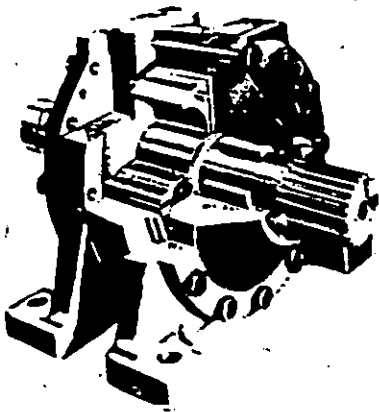
Ditinjau dari sifat gerakannya, aktuator Sistem Hidrolik Mesin dapat diklasifikasikan atas aktuator dengan gerak putar (rotasi) dan aktuator gerak bolak balik (translasi). Sedangkan aktuator gerak rotasi tersebut dibedakan pula atas gerak rotasi terbatas dan rotasi terus menerus.

Aktuator-aktuator dengan rotasi terbatas biasanya menggunakan sejumlah susunan komponen yang dirakit sedemikian rupa sehingga menghasilkan putaran tertentu dan terbatas sesuai menurut susunan dan jenis komponen yang digunakan. Sementara aktuator-aktuator dengan rotasi terus menerus lebih umum disebut sebagai motor-motor tenaga fluida (hidrolik).

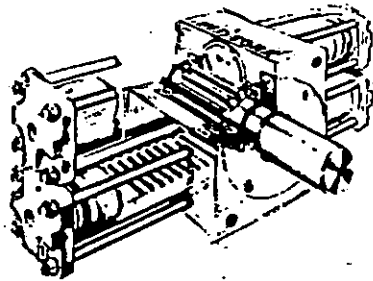
1. Aktuator Putaran (Rotasi) Terbatas.

Aktuator-aktuator putaran terbatas ini dinamakan juga sebagai motor torsi (puntir), yang digunakan untuk berbagai macam keperluan, akan tetapi mempunyai suatu derajat perputaran spesifik yang terbatas (tertentu) pada poros output (keluaran).

Secara umum aktuator jenis ini banyak dijumpai dan digunakan pada perusahaan industri yang menggunakan berbagai perlengkapan seperti, alat penjepit (pengepit), alat pengangkat, poros cam mekanik rem, ban-ban berjalan, dan sebagainya. Dua di antara jenis aktuator tersebut diperlihatkan pada gambar 4-1.



(a) motor vane



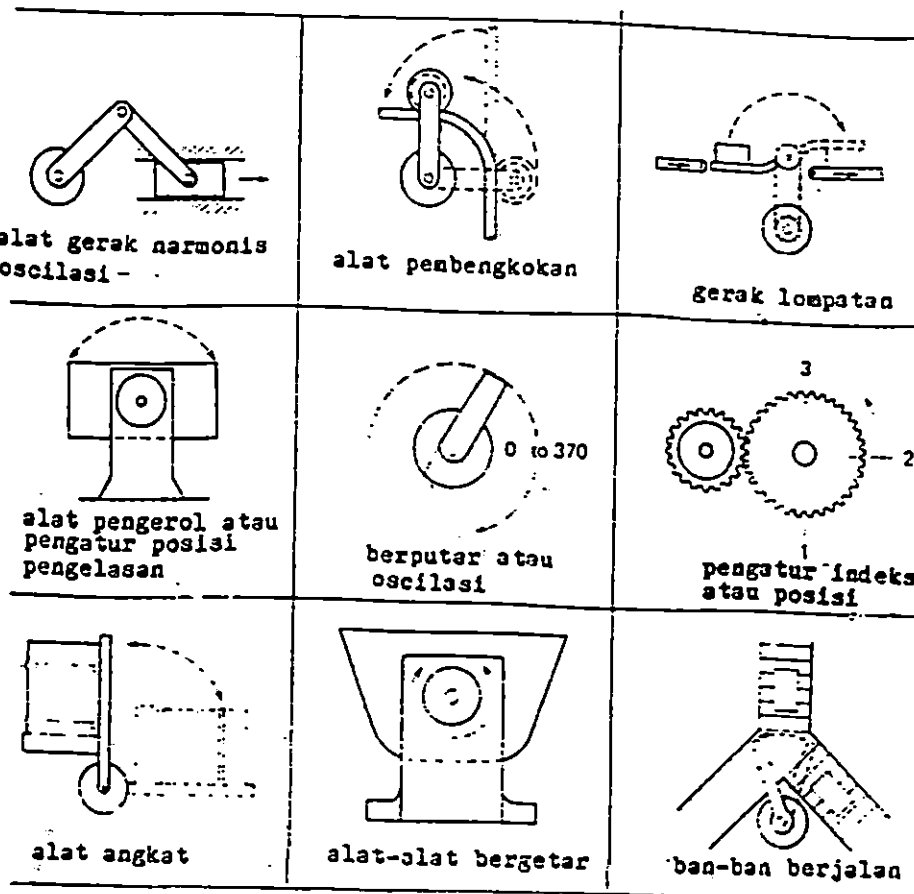
(b) motor batang gigi dan pinion

sumber : Fluid Power : Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 4-1. Motor Hidrolik Jenis Aktuator Vane dan Aktuator Batang Gigi dan Pinion.

Gambar 4-1a merupakan aktuator jenis vane, yang menggunakan gaya tekanan fluida terhadap satu atau sejumlah vanenya, sedangkan gambar 4-1b aktuator jenis batang gigi dan roda gigi pinion, yang juga menggunakan gaya fluida untuk menggerakkan roda pinionnya melalui gerakan batang gigi.

Adapun beberapa di antara peralatan yang digerakan oleh aktuator putaran terbatas tersebut dapat dilihat pada gambar 4-2.



sumber : Fluid Power ; Sullivan, .
Virginia, 1982

Gambar 4-2. Peralatan yang digerakkan dengan aktuator putaran terbatas.

2. Aktuator Putaran Terus-Menerus.

Aktuator putaran terus menerus disebut juga sebagai motor-motor hidrolis, yang dapat memberikan putaran secara terus menerus di dalam satu arah tertentu. Beberapa diantara motor hidrolis jenis ini juga dapat berfungsi sebagai sebuah pompa hidrolis jika suatu mekanik penggerak digunakan pada poros outputnya (keluaran).

Ditinjau dari segi konstruksinya aktuator jenis ini dibedakan atas tiga bentuk dasar, yakni motor roda gigi, motor vane dan motor piston. Ketiga jenis aktuator ini direncanakan berdasarkan prinsip putaran baik untuk pemindahan tetap maupun pemindahan berubah-ubah.

1). Motor Roda Gigi

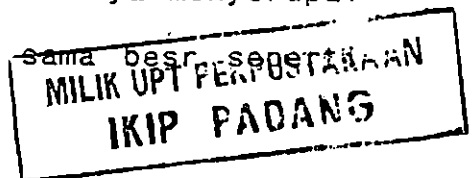
Motor roda gigi merupakan jenis aktuator yang banyak sekali digunakan pada sistem-sistem hidrolis karena bentuk dan konstruksinya yang lebih sederhana serta hemat di dalam pengoperasiannya. Dengan ukurannya yang relatif kecil dan pemasangannya yang bersifat tidak permanen sehingga mudah untuk dipindah-pindahkan serta tidak membutuhkan ruangan yang cukup besar.

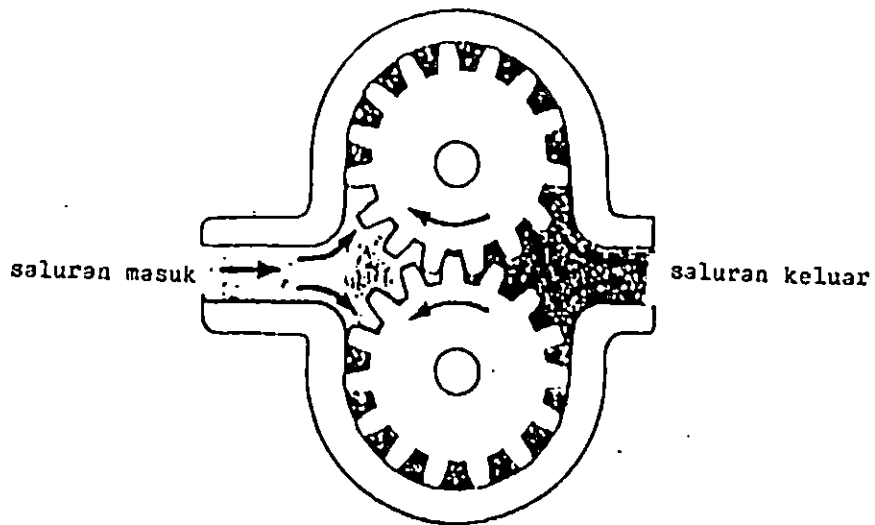
Motor hidrolis jenis ini dapat berputar dengan arah yang saling berlawanan tetapi biasanya tidak dapat dioperasikan dengan pemindahan yang berubah-ubah.

Ditinjau dari segi perencanaannya motor roda-gigi, dibedakan atas motor roda gigi luar dan motor roda gigi dalam. Adapun prinsip kerja dan konstruksi masing-masing motor ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

a). Motor Roda gigi Luar.

Motor roda gigi luar ini pada pokoknya menyerupai pompa roda gigi dengan ukuran yang sama besar, sebagaimana terlihat dalam gambar 4-3.





sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

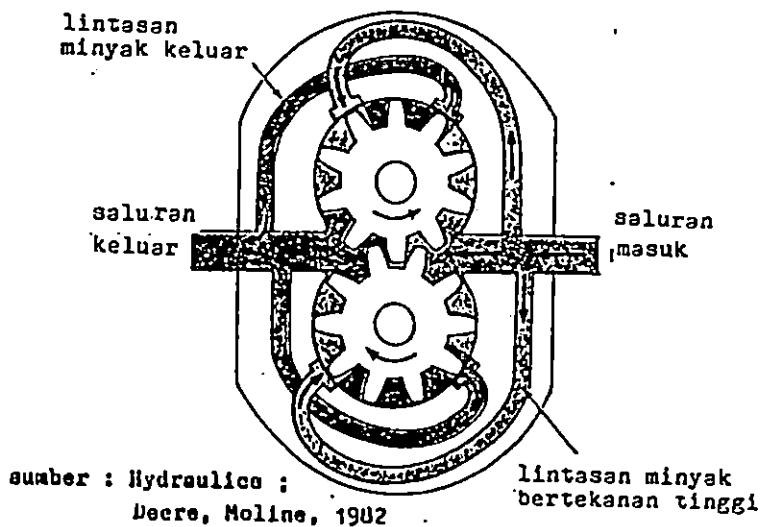
Gambar 4-3. Motor roda gigi luar

Prinsip kerja motor roda gigi tersebut adalah sederhana sekali. Aliran dan tekanan fluida (minyak) yang berasal dari pompa akan terus disalurkan ke motor melalui saluran masuknya (inlet), seperti tampak dalam gambar di atas. Minyak yang masuk ini akan mendorong roda gigi sehingga menyebabkan berputar, yang sekaligus juga memutar poros motor. Gaya tekanan minyak (fluida) akan dihasilkan dalam gerak perjalannya di antara celah gigi roda gigi dan ruangan dalam rumah motor hidrolis, yang kemudiannya keluar melewati saluran pengeluaran (outlet).

Kadang-kadang motor jenis ini dibuat dengan metoda penyeimbang-tekanan, guna menyamakan tekanan fluida terhadap semua sisi pada bagian pemuatannya. Untuk itu

motor tersebut perlu penambahan sebuah saluran di dalam ruangnya yang dihubungkan dengan saluran pemasukan dan pengeluarannya, seperti tampak pada gambar 4-4.

Motor-motor roda gigi luar ini umumnya mempunyai efisiensi total cukup tinggi, yakni sekitar 90% dan jangkauan kecepatan putarannya antara 1000-2500 rpm (Sullivan: 1982).



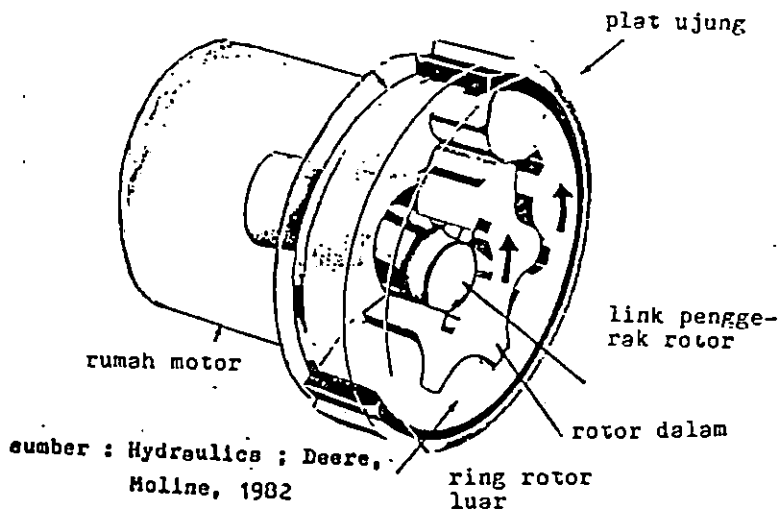
Gambar 4-4. Motor roda gigi luar dengan penyeimbang-tekanan

b). Motor Rodagigi Dalam

Motor rodagigi dalam ini umumnya menyerupai bentuk sebuah pompa hidrolis seperti terlihat pada gambar 4-5. Dalam hal ini sebenarnya bukan gigi-gigi rodagigi yang menggerakkan rotor dan ring motor, melainkan rotor yang digerakkan ke dalam ring rotor.

Ring rotor mempunyai jumlah kepingan atau propil gigi yang lebih banyak dari pada rotornya, sehingga di

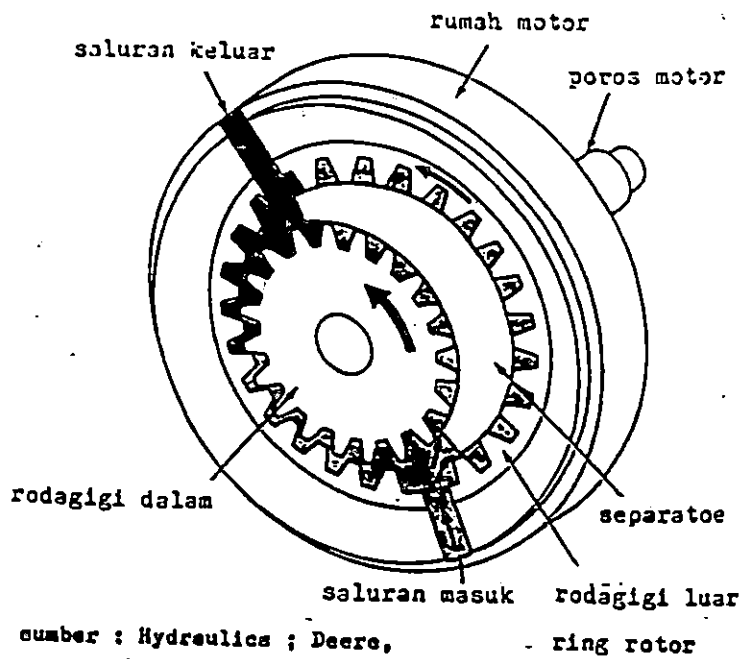
dalam pengoperasian hanya akan ada satu profil gigi yang selalu berpasangan penuh terhadap ring luar rotor.



Gambar 4-5. Motor Roda gigi Dalam

Cara kerja motor rodagigi dalam ini adalah, dimulai dari tekanan fluida yang masuk dari motor akan menggerakkan rotor dan kepingan ring rotor sehingga menghasilkan putaran. Fluida akan dilepaskan keluar melalui saluran pengeluarannya pada tekanan rendah.

Jenis lain dari motor roda gigi dalam tersebut dapat dilihat gambar 4-6 berikut ini. Motor jenis ini menggunakan seperator (pemisah) yang berbentuk bulan sabit yang tetap sifatnya diantara rodagigi dalam dan rodagigi rotor luar dari motor sebagaimana halnya yang terdapat pada Pompa Rodagigi Dalam. Di samping itu cara kerjanya juga sama kecuali dari segi fungsinya di dalam sistem hidrolis mesin.



Gambar 4-6. Motor Rodagigi Dalam dengan Separator

Saluran masuk dan keluarnya terdapat di antara ujung-ujung separator (pemisah) yang berbentuk bulan sabit dengan gigi roda yang bertautan seperti terlihat dalam gambar di atas. Minyak (fluida) yang dipompakan akan mengalir masuk ke dalam motor melalui saluran masuk (inlet) dan kemudiannya keluar melewati saluran keluar (outlet), setelah terlebih dahulu mendorong atau memutar rodagigi dalam motor tersebut. Sebagai akibatnya roda gigi rotor luar juga ikut berputar yang sekaligus akan menggerakkan poros motor.

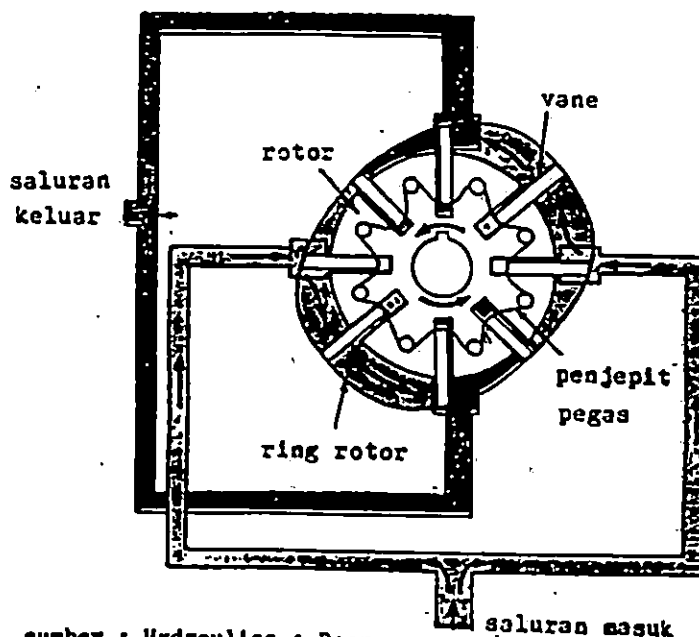
2). Motor Ruji-ruji (Vane)

Motor ruji-ruji (vane) ini pada dasarnya juga mempunyai bentuk konstruksi dan cara kerja yang sama.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

dengan Pompa Vane, kecuali pegas vane yang digunakannya. Di samping itu perapat (seal), bantalan putaran tinggi, dan saluran yang digunakannya perlu mendapatkan perhatian yang khusus.

Fluida (minyak) yang mengalir masuk ke dalam motor dengan tekanan tinggi akan bekerja dan menekan permukaan kepingan vane sambil meningkatkan volume ruangan motor, selanjutnya mengalir keluar dan dilepaskan pada tekanan rendah melalui saluran pengeluarannya. Untuk motor-motor vane jenis seimbang biasanya mempunyai dua saluran masuk yang masing-masing ditempatkan pada kedudukan 180° satu sama lainnya seperti terlihat dalam gambar 4-7. Hal ini bertujuan agar dapat memperkecil gaya tekanan ke samping yang akan dialami oleh poros dukung dan bantalannya saat motor bekerja.



sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

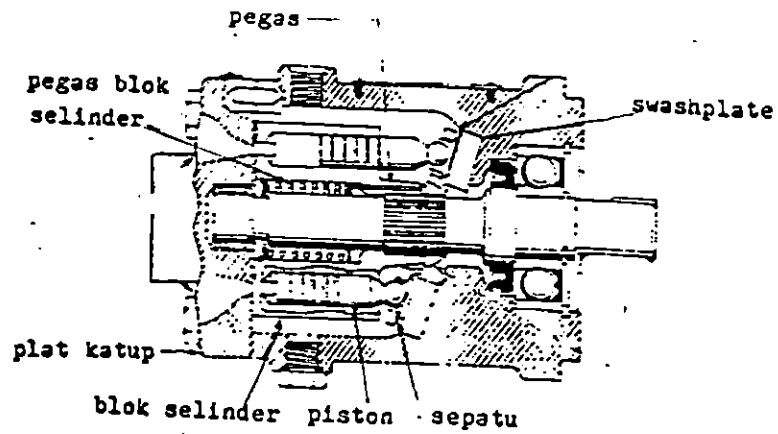
Gambar 4-7. Motor Vane Seimbang

3). Motor Piston.

Motor Piston sering dijumpai dan digunakan pada sistem-sistem hidrolis berkecepatan atau bertekanan tinggi. Berbeda halnya dengan dua jenis motor sebelum ini, motor piston lebih rumit dan bahkan lebih mahal serta membutuhkan pemeliharaan yang teliti.

Ditinjau dari segi sifat gerakannya, motor piston tersebut dapat dibedakan atas dua macam, yakni motor piston aksial dan motor piston radial. Akan tetapi di dalam pemakaiannya motor piston aksial lebih banyak digunakan karena tidak membutuhkan tenaga yang begitu besar dibandingkan dengan motor piston radial. Motor piston radial banyak dipakai untuk sistem-sistem berkecepatan rendah dan torsi yang tinggi.

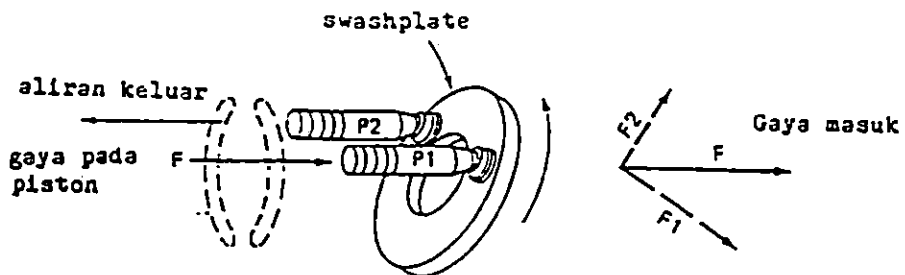
Dari segi prinsip pemindahannya, motor piston aksial dibedakan pula atas motor piston aksial pemindahan tetap (konstan) dan motor piston aksial pemindahan berubah-ubah. Motor piston aksial pemindahan tetap umumnya mempunyai sembilan buah selinder dengan kemiringan plat miring (swash plate) 15° seperti diperlihatkan pada gambar 4-8. Tekanan hidrolis terhadap piston akan menghasilkan gaya tangensial pada plat miring, yang sekaligus dibutuhkan untuk membangkitkan momen puntir pada poros motor. Minyak (fluida) mengalir masuk ke dalam



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 4-8. Motor Piston Aksial
Pemindahan Konstan

rotor melalui saluran masuknya (inlet) dan saluran yang berbentuk lonjong yang terdapat di dalam plat katup, akan menghasilkan gaya aksial F pada piston dan selanjutnya akan terurai atas dua komponen gaya F_1 dan F_2 seperti diperlihatkan dalam gambar 4-9 berikut ini.

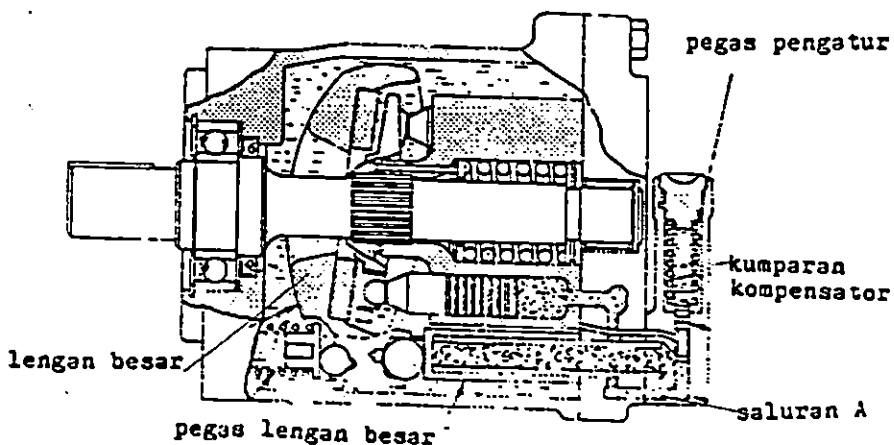


sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 4-9. Gaya Aksial yang Bekerja
pada Piston

Gaya F_1 akan bekerja tegak lurus permukaan bidang plat miring (swash plate) dan tidak menghasilkan kerja sedangkan gaya F_2 bekerja sejajar dengan permukaan plat miring, sehingga dengan demikian akan dapat menggerakkan kumpulan piston, blok selinder piston dan poros keluaran (output) motor.

Untuk motor piston aksial pemindahan berubah-ubah berbeda dari motor aksial pemindahan tetap dari segi sudut kemiringan plate miringnya yang dapat dibuat bervariasi antara $+ 15^\circ$ sampai $- 15^\circ$ seperti diperlihatkan dalam gambar 4-10.



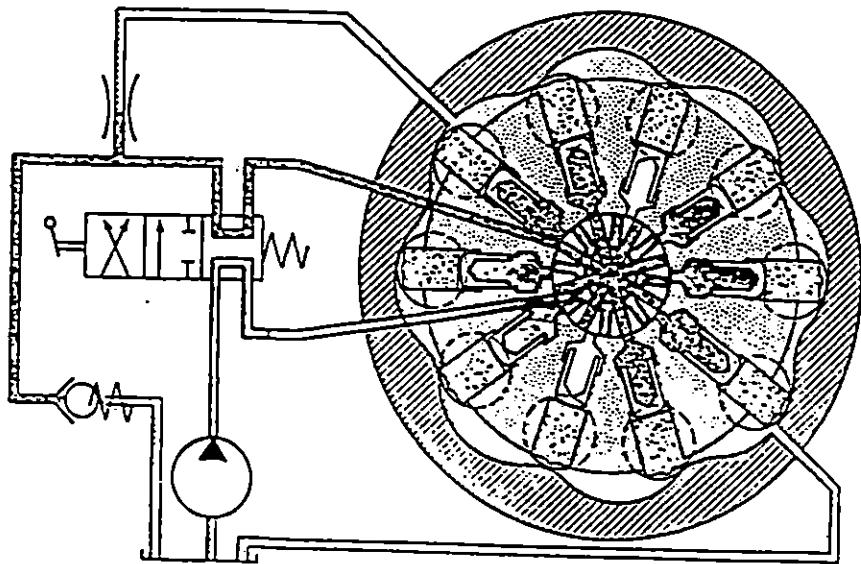
sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 4-10. Motor Piston Aksial Pemindahan Berubah-ubah.

Putaran motor dapat diatur berdasarkan kemiringan beban lengan yang terletak di atas plat miring yang dapat digerakan secara servo atau kontrol manual.

Cara kerja motor jenis ini lebih banyak persamaannya dengan motor pemindahan tetap, hanya perbedaan utamanya terletak pada bentuk dan pengaturan sudut plat miringnya. Minyak (fluida) dengan tekanan tinggi yang berasal dari pompa utama akan dialirkan ke dalam selinder piston dan terus menekan permukaan bidang plat miring sehingga menyebabkan lengan penggerak dan blok selinder bergerak.

Pada motor-motor piston radial pistonnya ditempatkan sekeliling dan tegak lurus poros keluaran (output) seperti terlihat dalam gambar 4-11.



sumber : Fluid Power : Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 4-11. Motor Piston Radial

Fluida (minyak) yang masuk melalui saluran masuknya akan mendorong piston keluar secara radial. Bagian

dalam dari rumah motor terdapat sebuah cam yang berfungsi memberikan gaya tangensial sehingga dapat menyebabkan poros keluaran (output) berputar. Piston-piston yang berada di dalam rumah motor dihubungkan dengan roler yang terdapat pada ring cam. Setiap akhir langkah piston minyak (fluida) dilepaskan ke luar melalui saluran pengeluarannya dengan tekanan rendah.

C. Menentukan Karakteristik Motor Hidrolik

Karakteristik suatu motor hidrolik biasanya ditentukan oleh beberapa hal antara lain adalah, torsi, kecepatan, putaran, tenaga poros yang dihasilkan, besar volume aliran, efisiensi volumetrik dan efisiensi total. Besaran-besaran ini penting untuk diselidiki atau diketahui terutama sekali di dalam memilih ataupun merencanakan jenis motor yang akan dipergunakan pada sistem hidrolik mesin tertentu.

Adapun mengenai besar torsi yang dihasilkan dapat diturunkan melalui persamaan dasar tenaga fluida yakni:

$$p \times Q = \frac{T \times 2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$$T = \frac{60 \times p \times Q}{2 \pi \cdot n}$$

$$\text{atau, } T = \frac{30 \times p \times V_m}{\pi}$$

dimana, T = Torsi poros Nm

p = tekanan fluida Pa

Q = Debit aliran m³/det

n = jumlah putaran rpm

$$V_m = \frac{Q}{n} = \text{volume motor m}^3/\text{put}$$

Contoh Soal 3-1. _____

Hitunglah torsi teoritis yang dihasilkan oleh suatu motor hidrolik yang bekerja pada tekanan sebesar 13,8 MPa dan volume pemindahan 10 cm³/putaran.

Penyelesaian.

$$\text{Diketahui, } p = 13,8 \text{ MPa} = 13,8 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$V_m = 10 \text{ cm}^3/\text{put} = 10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{put}$$

$$V_m = \frac{30 \times p \times V_m}{\pi}$$

$$T = \frac{30 \times 13,8 \times 10^6 \times 10 \times 10^{-6}}{3,14}$$

$$= 1315,28 \text{ Nm}$$

Contoh Soal 3-2. _____

Hitunglah kecepatan putaran motor tenaga fluida dengan volume pemindahan tiap putarannya 0,03281 liter, dan menerima aliran fluida sebesar 28,39 literan tiap menit.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Penyelesaian.

Kecepatan motor dapat dihitung berdasarkan,

$$V_m = \frac{Q}{n}$$

atau

$$n = \frac{Q}{V_m} = \frac{28,39}{0,0328} = 866 \text{ rpm}$$

$$= 1315,28 \text{ Nm}$$

Selanjutnya efisiensi total dapat dihitung berdasarkan perbandingan antara tenaga yang dihasilkan motor terhadap tenaga aliran (tekanan) yang dimiliki fluida. Efisiensi ini biasa juga disebut efisiensi motor, yaitu merupakan kemampuan penampilan motor dalam mengkonversikan tenaga fluida menjadi tenaga poros (output). Jadi efisiensi totalnya.

$$\eta_{\text{tot}} = \frac{\frac{2 \pi \times n \times T}{60}}{p \times Q} \times 100 \%$$

$$= \frac{2 \pi \times n \times T}{60 \times p \times Q} \times 100\%$$

Sedangkan efisiensi volumetriknya dapat ditentukan berdasarkan perbandingan antara volume efektif aliran fluida (minyak) digunakan oleh motor dengan volume aktual aliran yang dipasok ke dalam motor. Volume efektif aliran tersebut ditunjukkan oleh hasil perkalian antara volume pemindahan motor dengan kecepatan putaran-

nya. Jadi efisiensi volumetri tersebut adalah:

$$\begin{aligned}\eta_{vol} &= \frac{Q_e}{Q_a} \times 100 \% \\ &= \frac{V_m \times n}{60 \quad Q_a} \times 100 \%\end{aligned}$$

Suatu hal penting yang perlu diperhatikan di dalam efisiensi volumetrik ini adalah faktor atau persentase kehilangan saluran, yakni banyaknya volume aliran yang hilang atau yang dapat dikembalikan motor dari salurannya ke reservoir. Ini dapat ditentukan dengan rumus,

$$\text{Kehilangan saluran} = \frac{q}{Q_a} \times 100 \%$$

dimana, q = volume fluida yang dikembalikan dari saluran ke reservoir.

Q_a = volume aktual fluida yang mengalir tiap detiknya.

Kemudian efisiensi mekanik motor tersebut ditentukan berdasarkan hubungan,

$$\begin{aligned}\eta_{tot} &= \eta_{vol} \times \eta_{mek} \\ \eta_{mek} &= \frac{\eta_{tot}}{\eta_{vol}} \times 100\%\end{aligned}$$

Contoh Soal 3-3. _____

Hitunglah efisiensi total sebuah motor hidrolis yang bekerja pada tekanan 13,8 MPa, debit aliran 30 liter/menit dan kecepatan putaran 1200 rpm dengan torsi 35 N-m.

Penyelesaian.

$$\text{Diketahui, } p = 13,8 \text{ MPa} = 13,8 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$Q = 30 \text{ l/menit} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$n = 1200 \text{ rpm}$$

$$T = 35 \text{ N-m.}$$

Jadi efisiensi total adalah,

$$\begin{aligned} \eta_{\text{tot}} &= \frac{2 \pi \times n \times T}{60 \times p \times Q} \times 100\% \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 1200 \times 35}{60 \times 13,8 \times 10^6 \times 0,0005} \times 100\% \\ &= 74 \%. \end{aligned}$$

Contoh Soal 3-4. _____

Tentukanlah efisiensi volumetrik sebuah motor hidrolis dengan volume pemindahan 9,83 cm³/menit, pada putaran 2400 rpm dan menerima aliran minyak tiap menitnya 24,6 liter. Berapa banyaknya volume minyak yang diharapkan kembali ke reservoir dari saluran motor jika 50% kehilangan efisiensi volumetriknya dapat disebabkan karena kebocoran di dalam motor tersebut.

Penyelesaian.

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui, } V_m &= 9,83 \text{ cm}^3/\text{menit} \\
 &= 9,83 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3/\text{menit} \\
 n &= 2400 \text{ rpm} \\
 Q_a &= 24,61 \text{ liter/menit} \\
 &= 24,61 \text{ dm}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

Jadi efisiensi volumetriknya adalah,

$$\begin{aligned}
 \eta_{vol} &= \frac{V_m \times n}{60 \times Q_a} \times 100\% \\
 &= \frac{9,83 \cdot 10^{-3} \times 2400}{60 \times 24,61} \times 100\% \\
 &= 95,9 \%.
 \end{aligned}$$

Total kehilangan aliran minyak dimulai dari saluran tekanan tingginya (masuk) dan ruang pompa serta kebocoran di bagian dalam, yang akan dikembalikan melalui saluran motor adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Total kehilangan Fluida} &= (1 - 0,959) \times Q_a \\
 &= 0,041 \times 24,61 \\
 &= 10,09 \text{ liter/menit}
 \end{aligned}$$

Jika 50% dari kehilangan ini disebabkan kebocoran di dalam motor, maka kehilangan melalui saluran adalah,

$$\text{Kehilangan saluran} = \frac{q}{Q_a}$$

atau jumlah minyak dapat dikembalikan atau hilang yakni:

$$\begin{aligned}
 q &= \% \text{ kehilangan} \times Q \text{ aktual} \\
 &= 0,50 \times 10,09 \\
 &= 5,045 \text{ liter/menit.}
 \end{aligned}$$

D. Soal-soal Latihan

1. Terangkanlah perbedaan motor hidrolis dengan pompa hidrolis !
2. Uraikanlah cara kerja motor roda gigi luar dan apa perbedaan yang prinsipil dengan motor roda gigi dalam ?
3. Terangkanlah secara teoritis kenapa torsi yang dihasilkan dari sebuah motor hidrolis pemindahan tetap yang bekerja dengan tekanan konstan sama untuk setiap perubahan putarannya.
4. Hitunglah torsi teoritis dari suatu motor hidrolis yang bekerja pada tekanan 10,3 MPa dan mempunyai volume pemindahan 41 cm³/putaran.
5. Sebuah motor hidrolis dengan pemindahan 18 cm³/put berputar pada 2500 rpm. Jika diasumsikan tidak terjadi kehilangan volumetrik, berapa debit seharusnya yang masuk ke motor ?
6. Hitunglah efisiensi total sebuah motor hidrolis yang bekerja pada tekanan 17,2 MPa, debit 18,9 liter/menit, putaran 1500 rpm dan torsi 28 N-m.

7. Tentukan efisiensi volumetrik motor hidrolik yang berputar 1800 rpm, pemindahan 9 cm³/put dan menerima aliran fluida 18,9 liter/menit. Jika 75% dari efisiensi volumetrik dapat disebabkan kebocoran di dalam motor, berapa volume fluida yang diharapkan dapat dikembalikan melalui salurannya ?.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Bosch, Robert; 1984; Hydraulics-Theory and Application from Bosch; Technical Publication Departemen-Hydraulics Division; Stuttgart-Federal Republic of Germany.
- Deere, Jhon; 1982; Hydraulics-Fundamental of Services; Deere Enterprise: Moline - USA.
- Dauglas, J F; 1975; Solution of Problems in Fluid Mechanics; Pitman Publishing Inc; Wellington-New Zealand.
- Khurmi, R.S; 1982; Hydraulics-Fluid Mechanics and Fluid Machines; S.Chand & Company Ltd; Ram Nagar-New Delhi.
- Nekrasov, Boris; 1971; Hydraulics for Aeronautical Engineers; Pease Publishing; Moscow.
- Parker; 1981; Fluid Power-An Introduction to Hydraulics and Pheneumatics; Parker-Hannifin Corporation; Cleveland; Ohio USA
- Sayers, A T; 1992; Hydraulics Compressible Turbomachines; Mc Graw Hill Co; Singapore
- Sullivan, James A; 1982; Fluid Power; Reston Publishing Company Inc; Virginia - USA.