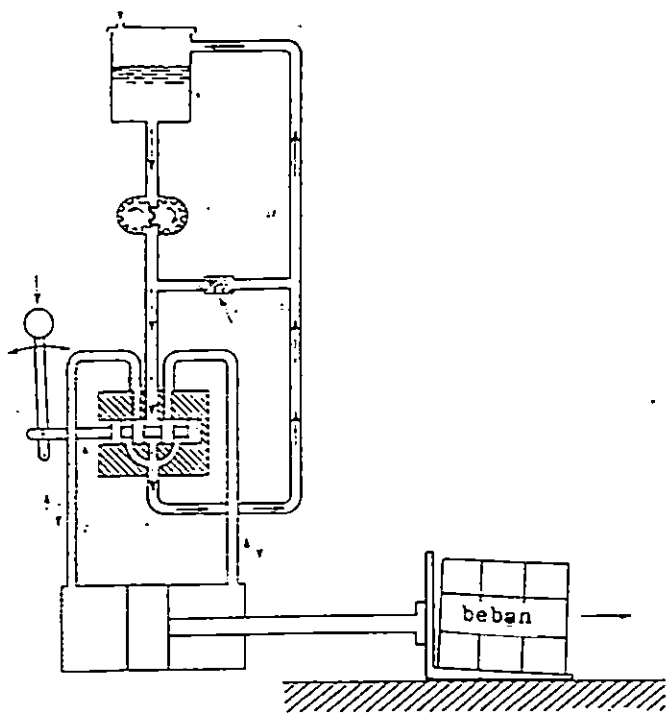


DASAR DASAR HIDROLIK

Oleh :

Drs. Hasanuddin, MS
Dosen FPTK IKIP Padang

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
DIPINJAM TGL. : 03 OCT 1997
SUDUT / HARGA : Rp 1
KOLEKSI : K
NO. INVENTARIS : 51677/1/97-dcd2
KELASIFIKASI : 625.204.24 HAS



FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PADANG
1996

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Seiring dengan perkembangan dan kemajuan industri dewasa ini terbukti bahwa penggunaan Tenaga Hidrolik dalam Sistem-sistem Pemindahan Tenaga dan Gerakan memegang peranan penting. Sekalipun mendapat persaingan yang cukup ketat dari Sistem Pemindahan dengan perantara Listrik dan Elektronika, namun Hidrolik telah menunjukkan keunggulan dan kemajuan tersendiri baik secara teknik maupun ekonomi sehingga pemakaiannya begitu luas, hampir menjangkau seluruh sektor kehidupan terutama sekali bagi keperluan mekanisasi dan otomatisasi.

Berkaitan dengan kepentingan tersebut, terasa sekali dari berbagai kalangan dunia usaha, industri, jasa perbengkelan serta bidang pendidikan akan kebutuhan buku pengetahuan yang membicarakan perihal Teknik Tenaga Fluida khususnya Sistem Hidrolik

Buku ini disusun untuk dapat memenuhi tuntutan tersebut, terutama ditujukan untuk mereka yang berkecimpung dalam menangani atau melayani sistem-sistem pemindahan tenaga hidrolik serta mereka yang antusias mendalami Mekanika Fluida Teknik. Titik berat pembahasannya lebih diarahkan pada Dasar-dasar Hidrolik, yang meliputi aspek-aspek: Prinsip Dasar Pemindahan Tenaga Hidrolik, Energi dalam Sistem Hidrolik, Perencanaan dan Analisis Rangkaian sistem, serta Pukulan Tekanan Hidrolik.

Ucapan terima kasih, penulis sampaikan kepada Saudara Drs. Ambiyar, M.Pd selaku rekan sejawat yang telah memberi sumbang : saran dalam penyusunan buku ini. Namun demikian bak kata pepatah "Tak ada gading yang tak retak" demikian halnya akan isi dan susunan buku ini tidak terlepas dari segala kekurangan dan kesempurnaan. Kritik dan saran demi perbaikan di masa datang sangat dinantikan. Akhirul Kalam Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, semoga buku Dasar-dasar Hidrolik ini dapat diterima kehadirannya dan bermanfaat bagi pembaca sekalian. Terima kasih.

Padang, September 1996

Penulis.

DAFTAR ISI

BAB	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
I. PENDAHULUAN	1
A. Pengantar	1
B. Berbagai Bentuk Penggunaan Tenaga Fluida	3
C. Prinsip Kerja Tenaga Fluida	6
D. Pengertian Tenaga dan Tenaga Fluida	8
E. Soal-Soal	
II. DASAR DASAR TENAGA HIDROLIK	21
A. Pengantar	21
B. Pemindahan Tenaga Fluida dan Penggandaan Gaya	23
C. Jenis-Jenis Sistem Hidrolik Mesin	30
D. Soal-Soal	
III. FLUIDA HIDROLIK	60
A. Pengantar	60
B. Jenis-jenis Fluida Hidrolik	60
C. Pemakaian Fluida Hidrolik	65
D. Sifat Sifat Fluida Hidrolik	67
E. Soal-Soal	68

IV. ENERGI DALAM SISTEM HIDROLIK	91
A. Pengantar	91
B. Hukum kontinuitas	93
C. Tekanan dan Tinggi Tekanan	97
D. Energi Pontensial dan Energi Kinetik	102
E. Persamaan Bernoulli	107
F. Teorema Torriceli's dan Aliran Melalui Orifis	115
G. Aliran Dalam Pipa dan Bilangan Reynold	122
H. Kehilangan Energi Aliran Pada Sistem Hidrolik	128
V. PERENCANAAN DAN ANALISIS RANGKAIAN SISTEM	172
A. Pengantar	172
B. Menentukan Spesifikasi Aktuator Sistem	175
C. Bentuk-Bentuk Pemindahan Tenaga Sistem Hidrolik	186
VI. PUKULAN TEKANAN HIDROLIK	201
A. Pengantar	201
B. Pukulan Hidrolik	201
C. Getaran Pribadi dan Getaran Paksa	206
D. Peredam Getaran	208
DAFTAR KEPUSTAKAAN	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Pengantar

Dalam lapangan keteknikan diketahui ada tiga bentuk sistem pemindahan tenaga, yaitu secara mekanik, listrik dan perantaraan fluida (zat cair dan gas). Cara pemindahan tenaga melalui perantaraan energi tekanan fluida guna dapat menghasilkan kerja disebut juga sebagai Teknologi Tenaga Fluida. Secara garis besarnya pengetahuan ini dibedakan atas Sistem Hidrolik dan Sistem Pneumatik. Pada Sistem Hidrolik pemindahan tenaga tersebut dilakukan dengan perantaraan energi tekanan dan sirkulasi zat cair, yang dihasilkan oleh sebuah pompa. Sedangkan Sistem Pneumatik menggunakan udara atmosfer sebagai fluidanya, yang dimampatkan di dalam suatu wadah tertentu dan kemudian dialirkan guna memanfaatkan energi yang dimilikinya untuk berbagai keperluan.

Ditinjau dari segi bahasa, kata hidrolik berasal dari bahasa Yunani "hydor" yang berarti air. Selain itu juga dapat berarti penggerak cara hidrolik, yaitu merupakan suatu penggerak dengan tenaga air. Sungguhpun demikian dewasa ini berbicara tentang hidrolik juga mengandung pengertian zat cair selain dari air, yaitu menyangkut fluida hidrolik, seperti minyak bumi dan minyak sintetis.

Di samping itu, terutama berhubungan dengan bidang permesinan, hidrolis mengandung pengertian suatu ilmu tentang proses mekanis yang mentransmisikan berbagai gerak dan gaya dengan bantuan zat cair. Jadi dalam arti luas akan meliputi suatu sistem atau bagian-bagian mesin dimana pemindahan, pengaturan dan pengendalian tenaga dilakukan dengan perantara fluida (tekanan zat cair)

Adapun tujuan pengembangan dan pemanfaatan tenaga fluida dalam lapangan keteknikan antara lain adalah untuk:

- 1). Menghasilkan gaya fluida yang cukup besar agar mampu menggerakkan aktuator yaitu motor dan selinder hidrolis/pneumatik sehingga dapat mengangkat dan memindahkan beban yang lebih besar.
- 2). Membantu dalam mendapatkan hasil-hasil pekerjaan dengan tingkat reaksi yang tepat dan ketelitian relatif tinggi, seperti pada pembuatan komponen-komponen dan suku-cadang permesinan di bengkel-bengkel atau perusahaan industri yang memerlukan standarisasi pengerjaan dengan spesifikasi dan toleransi tertentu

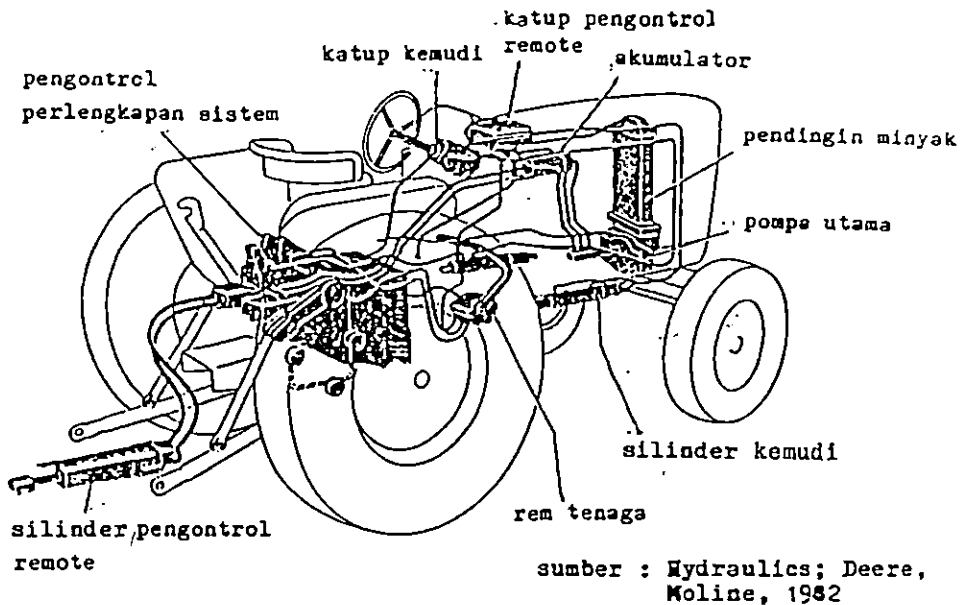
Dibandingkan dengan bentuk sistem pemindahan dan pengaturan tenaga yang lainnya, ternyata teknik pemindahan tenaga dengan cara fluida mempunyai banyak keuntungan,

antara lain adalah relatif mudah dalam menggerakkan aktuator serta dapat memindahkan beban pada jarak yang relatif jauh dan dapat bereaksi dengan cepat. Hal tersebut pengembangan dan penggunaannya semakin pesat dengan ini untuk berbagai keperluan, terutama untuk kepentingan mekanisasi dan automisasi.

B. Berbagai Bentuk Penggunaan Tenaga Fluida

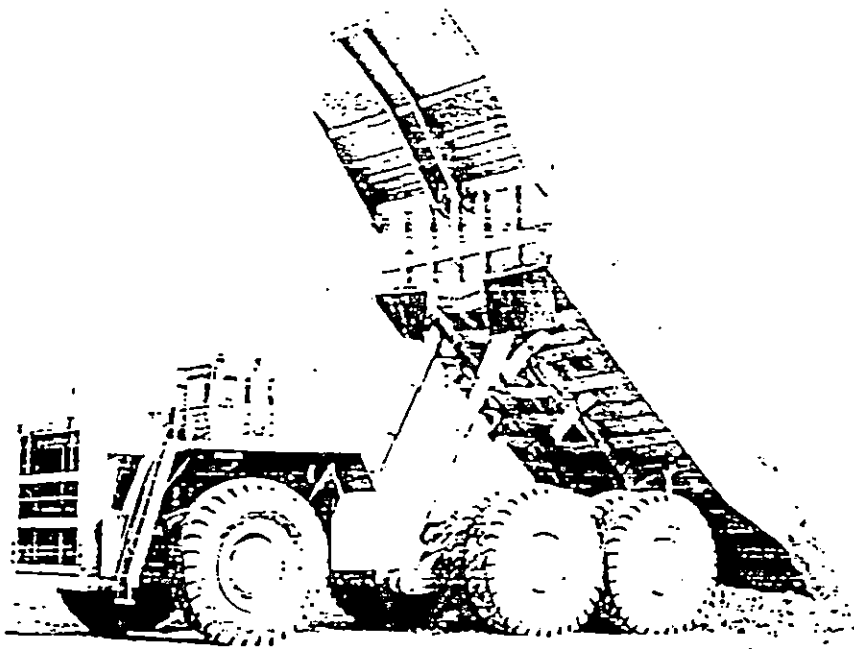
Kendatipun sistem pemindahan tenaga melalui pemanfaatan tekanan fluida tersebut merupakan teknologi yang sudah sangat usang namun saat ini penggunaannya hampir tak terbatas sudah menjangkau semua lapangan kehidupan baik di sektor produksi maupun jasa. Kebanyakan kalangan dunia industri, perusahaan, pertanian dan sebagainya mempercayakan kemampuan tenaga fluida di dalam membantu keterbatasan dan ketidakmampuan tenaga manusia untuk melakukan kerja serta melayani unit-unit pemindahan dan pengaturan tenaga, sehingga dengan demikian dapat membantu kelancaran proses produksi dan meningkatkan efisiensi kerja.

Pada gambar 1-1. diperlihatkan sejenis mesin Traktor yang digunakan dalam bidang pertanian. Sebagian besar alat kelengkapannya seperti, sistem pengereman, sistem kemudi, sistem pengerukan dan pengangkatan tanah, digerakan oleh tenaga fluida yang diatur melalui sistem hidrolik yang dimilikinya.



Gambar 1-1. Alat Kelengkapan Traktor dengan Penggerak Tenaga Fluida

Dibidang industri konstruksi atau alat-alat berat misalnya, pemakaian tenaga fluida banyak sekali digunakan untuk menggerakkan berbagai unit kelengkapannya seperti pada Mesin giling tanah, Truk pengangkut, Forklift, bulldozer, Backhoe dan sebagainya. Gambar 1-2 berikut memperlihatkan sejenis pengangkut koral sedang membongkar muatannya dengan perantara kekuatan tenaga hidrolis dan pneumatik, dimana beban seberat 250 ton cukup hanya dikontrol melalui tuas pengatur yang terdapat di bagian depan Truk tersebut (ruang sopir)



sumber : Fluid Power; Sullivan
Virginia, 1982

Gambar 1-2. Truk Pengangkut Membongkar Muatan
dengan Penggerak Tenaga Fluida

Selain pemakaian di bidang tersebut tenaga fluida juga banyak dijumpai dalam bidang jasa transportasi, yaitu pada mobil-mobil dengan sistem pengereman hidrolis dan pneumatik (angin), sistem kemudi serta suspensi yang mengembangkan prinsip peredaman dan penyerapan kejutan hidrolis. Di samping itu, prinsip tenaga fluida juga dikembangkan untuk menggerakkan berbagai kelengkapan di bidang penerbangan, kemaritiman, industri manufaktur dan sebagainya. Bahkan dewasa ini teknologi tenaga fluida dipercaya kemampuannya untuk pemindahan, pengaturan dan,

MILIK UPT KEMPUST 100 AN
KIP 100000

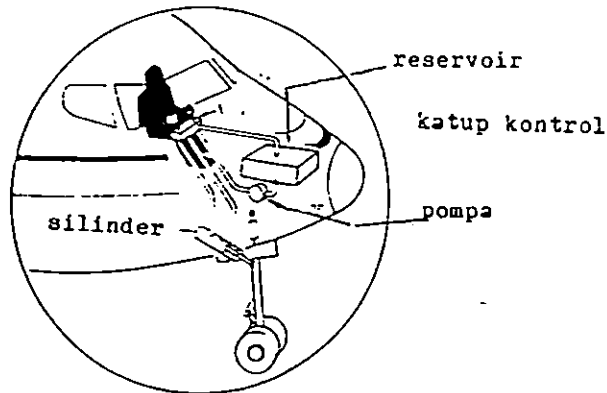
pengendali gerakan dengan reaksi-reaksi yang cepat dan tepat di dalam pengembangan Teknologi Robotik.

C. Prinsip Kerja Tenaga Fluida

Suatu sistem Tenaga Fluida senantiasa bekerja berlandaskan pada sifat-sifat dan hukum-hukum yang berkaitan dengan fluida itu sendiri, baik dalam keadaan diam maupun bergerak. Beberapa diantaranya yang terpenting adalah sifat tidak dapat dimampatkan kecuali untuk gas/uap, dapat menyerupai wadahnya, dapat meneruskan tekanan ke segala arah dengan kekuatan yang sama serta mampu melipatgandakan gaya.

Untuk mendapatkan tenaga fluida tersebut maka diperlukan suatu gaya yang bekerja diatas permukaan bidang yang bergerak. Di dalam sistem suatu tenaga hidrolik sesungguhnya hal ini diperoleh melalui gaya yang bekerja di atas permukaan piston aktuatornya, sebagai akibat dari tekanan fluida. Salah satu contoh pemakaiannya dapat dilihat pada waktu menurunkan dan menaikkan roda pesawat seperti terlihat dalam gambar 1-3. Dengan menggerakkan katup kontrol alirannya menyebabkan minyak mengalir masuk kebagian puncak piston selinder sehingga menekan batang penggerak roda dan sekaligus menurunkannya. Untuk menaikkannya kembali katup katup kontrol akan mengarahkan minyak ke

bagian bawah piston dan kemudian mendorongnya sehingga menyebabkan roda terangkat ke atas.



sumber : Fluid Power; Sullivan
Virginia, 1982

Gambar 1-2. Pemakaian Tenaga Fluida pada
Sistem Roda Pesawat

Dari dua bentuk kejadian gerakan tersebut, yaitu saat menurunkan dan menaikkan roda pesawat maka diketahui bahwa tenaga fluida bekerja dengan menggunakan suatu gaya di atas permukaan kedua sisi piston yang dapat bergerak di dalam ruang selinder hidroliknya. Jadi, tenaga fluida dikembangkan berdasarkan prinsip perkalian antara intensitas tekanan dengan luas permukaan bidang bergerak (Sullivan, 1982). Secara matematik hubungan pernyataan ini dinyatakan dengan rumus:

$$F = p \times A$$

dimana, $F =$ Gaya fluida N
 $p =$ Tekanan fluida Pa
 $A =$ Luas penampang bidang m^2

Apabila intensitas tekanan sistem dan besar gaya yang harus dipindahkan atau dihasilkan sudah diketahui maka luas penampang piston atau ukuran silinder hidroliknya dapat dihitung dengan rumus:

$$A = \frac{F}{p}$$

sedangkan diameter silindernya dapat ditentukan berdasarkan hubungan sebagai berikut:

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

atau, $d = \sqrt{\frac{4 F}{\pi p}}$

dimana : $d =$ diameter silinder/piston m
 $F =$ gaya fluida yang dipindahkan N
 $p =$ tekanan fluida Pa

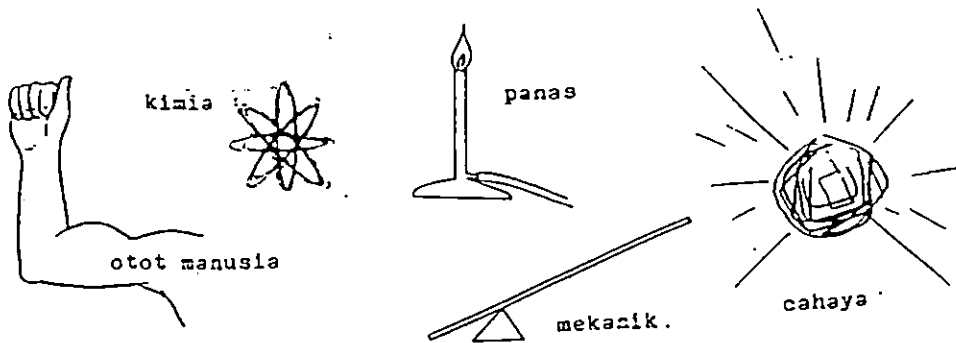
D. Pengertian Tenaga dan Tenaga Fluida

Energi, kerja, tenaga dan torsi adalah merupakan istilah-istilah yang sering digunakan dalam lapangan

MILIK UPT PUSJAKKAN
 IRIP LADANG

keteknikan dan tak terkecuali tentunya pada permasalahan pengembangan Teknologi Tenaga Fluida. Istilah-istilah tersebut sangat penting untuk diketahui terutama sekali menghindari kesalahpahaman dalam menafsirkan pengertiannya serta mencari bentuk hubungan yang dapat diturunkan antara satu dengan lainnya.

Energi dapat diartikan sebagai besaran yang menggambarkan potensi atau kemampuan yang dimiliki suatu benda (obyek) sehingga menyebabkannya dapat melakukan sesuatu, umpamanya bergerak, bercahaya, bekerja, dan sebagainya. Dengan demikian berarti energi tersebut dapat berbentuk energi otot manusia, kimiawi, panas, mekanik, cahaya, dan lain-lainnya yang dapat dijumpai di alam ini. Dilihat dari pada sifatnya maka energi tersebut tak dapat diciptakan atau dimusnahkan kecuali hanya dapat mengubah bentuknya. Jadi, selalu tersedia di alam ini dan tinggal lagi manusia mengupayakan pemanfaatannya ke dalam berbagai bentuk serta melestarikan atau menghemat pemakaiannya. Dari energi kinetik (gerak) aliran fluida dapat diantaranya diubah menjadi energi mekanik untuk mendorong piston sehingga dapat untuk menekan dan mengangkat beban. Beberapa bentuk energi tersebut dapat dilihat pada gambar 1-3.



Sumber: Power Technology, Vega,
Vega Enterprise, 1977

Gambar 1-3, Beberapa Bentuk Energi

Sedangkan kerja atau usaha diartikan sebagai besaran fisis yang dapat terjadi jika sesuatu kekuatan atau gaya bekerja terhadap sebuah benda sehingga menyebabkannya berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya dalam jarak tertentu. Secara sederhana ditentukan besarnya melalui rumus (Sullivan, 1982)

$$W = F \times L$$

dimana, W = kerja yang dilakukan (N-m)

F = gaya yang bekerja (Newton)

L = jarak perpindahan (meter)

Sedangkan tenaga atau daya dapat diartikan sebagai kemampuan suatu obyek dalam melakukan kerja pada selang (jangka) waktu atau jangka waktu tertentu. Secara sederhana

na biasanya dinyatakan sebagai perbandingan antara kerja yang dilakukan terhadap waktu yang digunakan,

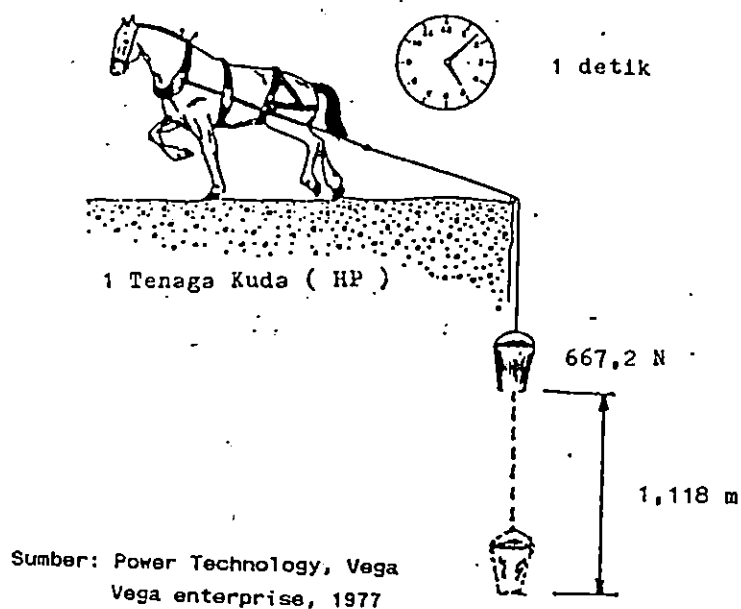
$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \times L}{t}$$

dimana,	P = tenaga atau gaya	(Watt)
	W = kerja atau usaha	(N-m)
	t = waktu	(detik)
	F = gaya	(Newton)
	L = jarak perpindahan	(meter)

Menurut ketentuan sistem Satuan Internasional (SI unit) satuan untuk tenaga dinyatakan dalam bentuk satuan daya listrik (watt). Namun demikian pada kenyataan di lapangan masih dijumpai penggunaan satuan tenaga yang dinyatakan dengan satuan Tenaga Kuda (HP)

Penggunaan satuan tenaga kuda (HP) ini adalah mengingat pada zaman dulunya kuda lebih banyak menggantikan tenaga atau membantu manusia di dalam melakukan kerja. Untuk seekor kuda yang sehat biasanya akan sanggup bekerja selama delapan jam sehari (Vega, 1977). Oleh karena itu satuan tenaga kuda dapat dijadikan sebagai acuan untuk menyatakan kemampuan dalam bekerja. Lagi pula diantara kedua jenis sistem satuan tersebut dapat dikonversikan satu sama lainnya.

Adapun hubungan antara tenaga kuda (HP) dengan satuan daya listrik (watt) dapat ditentukan melalui percobaan seperti pada gambar 1-4. Setelah dilakukan berulang kali percobaan ternyata seekor kuda yang kuat sanggup mengangkat beban kurang lebih 667,2 N sejauh 1,118 m selama 1 detik.

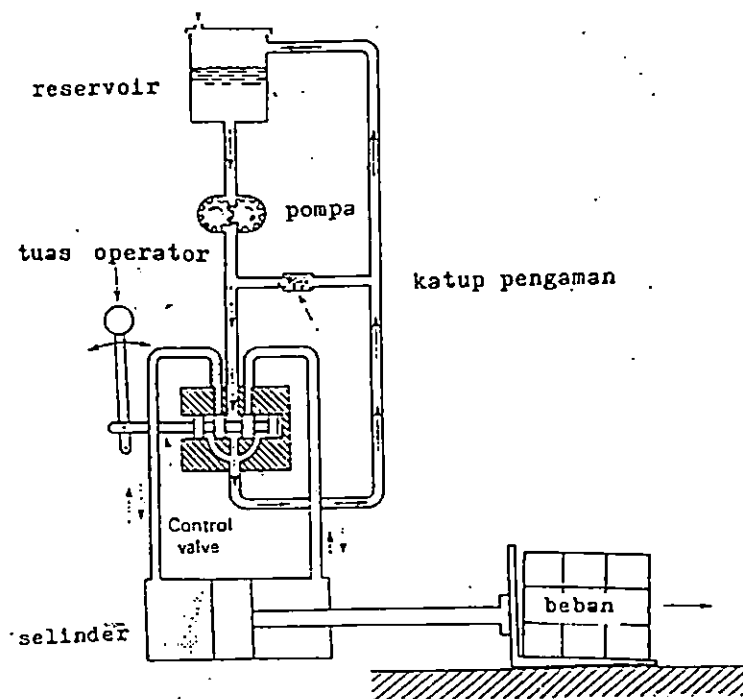


Gambar 1-4 Tenaga Kuda (HP)

Jadi, kerja yang sanggup dilakukan seekor kuda adalah sebesar $(667,2 \times 1,118)$ atau 746 N-m, sehingga tenaga selama 1 detik adalah,

$$\begin{aligned} 1 \text{ HP} &= 746 \text{ Nm/detik} \\ &= 746 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dalam sistem hidrolis tenaga tersebut diperoleh melalui aliran fluida dengan tekanan dan volume aliran tertentu, yang dihasilkan oleh pompa hidrolis. Perhatikanlah suatu sistem hidrolis seperti gambar 1-5, dimana fluida yang berasal dari reservoir akan dialirkan oleh pompa ke seluruh rangkaian sistem melalui katup kontrolnya.



Sumber: Fluida Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 1-5 Salah satu Contoh Sistem Hidrolis

Dengan menggerakkan tuas pengontrol ke kiri dan ke kanan maka katup hidroliknya akan mengalirkan fluida ke silinder ataupun mengembalikannya ke reservoir. Tenaga

aliran yang diberikan ke silinder hidrolik akan bekerja pada permukaan piston sekaligus menggerakkannya dan memindahkan beban.

Tenaga aliran fluida yang dihasilkan sistem tersebut dalam bentuk kesetaraan tenaga kuda dinamakan juga sebagai Tenaga Kuda Fluida (FHP), yang besarnya dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Sullivan, 1982)

$$FHP = \frac{p \cdot Q}{44760}$$

dimana, FHP = Tenaga Kuda Aliran Fluida

p = Tekanan sistem (kPa)

Q = Volume aliran fluida (liter/menit)

Besar tenaga kuda aliran yang ditimbulkan di dalam sistem tersebut tidak akan terlepas dari kemampuan dan ukuran pompa yang digunakan, yaitu tergantung pada tekanan dan kapasitas aliran fluida yang dipindahkan. Sedangkan tenaga untuk menggerakkan pompa justru berasal dari tenaga puntir (Torsi) yang dipindahkan oleh mesin penggeraknya melalui poros pompa. Jadi, dengan mengetahui besar Torsi pada poros akan dapat pula ditentukan besar tenaga yang diperlukan untuk kebutuhan sistem hidrolik.

Besar tenaga kuda puntir yang dipindahkan dinamakan juga Torsi Tenaga Kuda (THP), yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{THP} &= \frac{\frac{2 \pi n T}{60}}{746} \\ &= \frac{2 \pi n T}{44760} \\ \text{atau, THP} &= \frac{n \times T}{7120} \end{aligned}$$

dimana, n = putaran pompa atau motor tiap menit

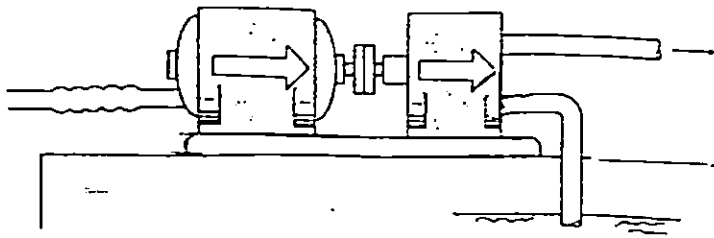
T = Torsi poros (N m)

Bilamana diperhatikan kedua bentuk rumus tenaga di atas, maka tenaga yang dihasilkan poros (THP) dapat disebut sebagai masukan (input) sedangkan tenaga yang diberikan oleh aliran fluida (FHP) merupakan keluaran (output). Secara teoritis kedua besaran tenaga tersebut adalah sama nilainya, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{THP} &= \text{FHP} \\ \text{atau,} &= \frac{n \times T}{7120} = \frac{p \times Q}{44760} \end{aligned}$$

Contoh Soal 1-1

Sebuah motor listrik digunakan untuk menggerakkan pompa hidrolik berkapasitas 3 HP seperti terlihat pada gambar 1-6. Jika motor tersebut memasok daya listrik 2000 watt tanpa ada kerugian mampukah motor menggerakkan pompa



Sumber: Fluida Power ; Sullivan
Virginia, 1982

Gambar 1-6. Gambar Contoh Soal 1-1

Penyelesaian

Tenaga Motor Listrik Dalam HP adalah,

$$\begin{aligned} \text{HP} &= \frac{P}{746} \\ &= \frac{2000}{746} = 2,68 \text{ HP} \end{aligned}$$

Jadi lebih kecil dari tenaga yang dibutuhkan pompa sehingga dengan demikian motor listrik tersebut tidak mampu menggerakkan pompa.

Contoh Soal 1-2

Berapakah tenaga kuda fluida yang dihasilkan oleh suatu sistem hidrolik dengan tekanan kerjanya 15 MPa pada volume aliran 20 liter/menit ?

KJ
621.2042
17/AS
10

1677/k/97-d(2)

Penyelesaian.

Tenaga fluida yang dihasilkan adalah,

$$\begin{aligned} \text{FHP} &= \frac{p \times Q}{44760} \\ &= \frac{15.13^3 \text{ (kPa)}. 20 \text{ (liter/menit)}}{44760} \\ &= 6.702 \text{ hp} \end{aligned}$$

Catatan: Cara lain untuk menentukan tenaga aliran tersebut adalah dengan menggunakan tabel 1-1 berikut ini, kalau kondisi tekanan dan volume alirannya diketahui.

Lihat pada kolom debit (liter/menit) pada baris Q = 20 dan kolom tekanan 15000 kPa, maka diperoleh tenaga FHP = 6,702 Hp

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

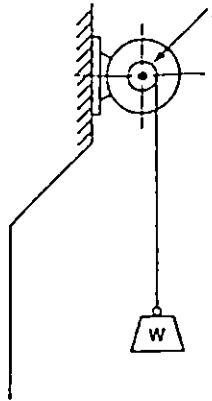
Contoh Soal 1-3

Tekanan dalam salah satu komponen utama sistem hidrolik diketahui 14 MPa yang dipergunakan untuk memutar tromol pengangkat seperti gambar 1-7. Jika alat tersebut berputar 20 rpm dengan torsi 2750 Nm berapakah seharusnya volume aliran dan tenaga untuk menggerakkan motor tersebut

Tabel. 1-1 Tenaga Kuda Fluida dalam satuan SI

$\text{FHP} = \frac{P \times Q}{44\,760}$											
Liter/ menit	500 kPa	1000 kPa	1500 kPa	2500 kPa	3500 kPa	5000 kPa	7500 kPa	10000 kPa	12500 kPa	15000 kPa	17500 kPa
1.	0.011	0.022	0.034	0.058	0.078	0.112	0.168	0.224	0.280	0.336	0.382
2.	0.022	0.045	0.067	0.112	0.156	0.223	0.335	0.447	0.558	0.670	0.782
3.	0.034	0.067	0.101	0.168	0.235	0.335	0.501	0.667	0.833	0.002	0.169
2.	0.045	0.089	0.134	0.223	0.313	0.447	0.670	0.893	1.117	1.340	1.563
5.	0.058	0.112	0.168	0.279	0.391	0.559	0.838	1.117	1.397	1.676	1.955
10.	0.112	0.223	0.335	0.558	0.782	1.117	1.676	2.235	2.793	3.352	3.911
15.	0.168	0.335	0.503	0.838	1.173	1.676	2.513	3.351	4.188	5.026	5.864
20.	0.223	0.447	0.670	1.117	1.564	2.234	3.351	4.468	5.585	6.703*	7.819
25.	0.279	0.559	0.838	1.398	1.955	2.793	4.189	5.585	6.982	8.378	9.774
30.	0.335	0.670	1.005	1.678	2.346	3.351	5.027	6.702	8.378	10.054	11.730
35.	0.391	0.782	1.172	1.955	2.737	3.910	5.865	7.819	9.774	11.728	13.684
40.	0.447	0.894	1.340	2.234	3.128	4.462	6.702	8.937	11.171	13.404	15.639
45.	0.503	0.005	1.508	2.513	3.519	5.027	7.540	10.054	12.587	15.080	17.593
50.	0.559	1.117	1.678	2.793	3.910	5.585	8.378	11.171	13.963	16.756	19.549

Sumber : Fluid Power; Sullivan, Virginia, 1982



Sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 1-7. Gambar Contoh Soal 1-2

Penyelesaian

Hubungan antara tenaga kuda torsi dan tenaga kuda fluida memperlihatkan :

$$\begin{aligned} \text{THP} &= \text{FHP} \\ \frac{n \times T}{7120} &= \frac{p \times Q}{44760} \end{aligned}$$

maka volume aliran yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{44760 \ n \ T}{7120 \ p} \\ &= \frac{44760 \times 20 \times 2750}{7120 \times 14 \times 10^3} \\ &= 24,7 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

sedangkan tenaga yang dibutuhkan motor, yakni

$$\begin{aligned} \text{THP} &= \frac{n \times T}{7120} \\ &= \frac{20 \times 2750}{7120} = 7,725 \text{ HP} \end{aligned}$$

.E. Soal-soal

1. Sebutkan konsep konsep dasar pengembangan tenaga fluida
2. Jelaskanlah pengertian tentang energi, kerja; tenaga dan torsi serta berikanlah contohnya !
3. Sebuah alat angkat menaikkan mobil seberat 13500 ton pada ketinggian 2 m dari atas lantai. Jika diperkirakan berat alat angkat itu sendiri serta gesekan yang timbul dapat diabaikan berapakah kerja dibutuhkan untuk menaikkan mobil tersebut ?
4. Hitunglah tekanan yang dibutuhkan sebuah silinder hidrolis berdiameter 5 cm untuk mengangkat beban 6500 N
5. Hitunglah tenaga kuda fluida dari suatu aliran di dalam sistem hidrolis dengan volume 20 liter/menit pada tekanan 12,5 MPa
6. Sebuah silinder luas penampangnya 25 cm² mengangkat beban 8500 N setinggi 0,5 m perantaraan tekanan fluida dari sebuah pompa hidrolis tangan dengan luas selinder 161 mm² dan langkah.

BAB II

DASAR DASAR TENAGA HIDROLIK

A. Pengantar

Titik tolak perencanaan dan pengembangan Sistem Tenaga Fluida berangkat dari persoalan bagaimana cara dan upaya untuk memindahkan energi dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya. Dalam hubungan ini diperlukan beberapa konsep pemikiran yang berkaitan dengan pernyataan:

- 1). Bagaimana caranya meningkatkan energi suatu aliran fluida, yaitu meningkatkan energi tekanan ataupun energi kinetiknya
- 2). Bagaimana upaya melipatgandakan gaya mekanik, yaitu cara memanfaatkan gaya yang relatif kecil sehingga dapat mengangkat beban sebesar-besarnya
- 3). Bagaimana caranya memindahkan dan meneruskan tenaga fluida serta mengatur arah dan besar aliran fluida dari satu bagian ke bagian lainya di dalam sistem.

Berkaitan dengan persoalan dan pemikiran tersebut di atas maka suatu sistem Tenaga fluida di dalam melakukan kerja memerlukan beberapa alat kelengkapan seperti:

- 1). Pompa Hidrolik, yaitu merupakan salah satu komponen utama sistem hidrolik yang berfungsi untuk memindahkan

atau mengalirkan fluida ke seluruh rangkaian komponen dan sistem sekaligus juga meningkatkan energi alirannya.

- 2). Silinder dan motor hidrolis, yaitu alat perlengkapan sistem yang berfungsi untuk mengubah energi tekanan atau aliran fluida yang diberikan pompa menjadi energi kerja atau mekanik.
- 3). Katup kontrol arah aliran yang berfungsi untuk mengarahkan dan menyetop fluida masuk kedalam silinder atau motor hidrolis agar supaya tidak berbalik kembali ke reservoir selama berlangsungnya langkah penekanan atau pembebanan.
- 4). Reservoir, yaitu perlengkapan sistem yang berguna sebagai bak (tangki) penyimpan fluida dan sekaligus sebagai tempat persediaan fluida dimana saat-saat langkah penekanan diperlukan tambahan fluida. Reservoir ini dilengkapi lobang udara yang memungkinkan fluida berkontak dengan atmosfer dan memberikan gaya gravitasi terhadap fluida untuk dapat memasuki pompa hidrolis.

Di samping itu, pada sistem-sistem hidrolis moderen dewasa ini perlu dilengkapi lagi dengan dua macam katup pengontrol, yaitu:

- 1). Katup kontrol volume aliran, yang berfungsi untuk membatasi ataupun mengatur jumlah aliran yang akan disalurkan ke seluruh rangkaian sistem.
- 2). Katup kontrol tekanan, yang berfungsi untuk melindungi atau sebagai pengaman sistem dari tekanan yang tinggi dan membahayakan.

B. Pemindahan Tenaga Fluida dan Penggandaan Gaya

Prinsip pemindahan tenaga fluida yang dikembangkan untuk sistem-sistem hidrolik didasarkan pada Hukum Pascal, yang menyatakan bahwa tekanan zat cair dapat diteruskan ke segala arah dengan kekuatan yang sama (Khurmi, 1983). Prinsip ini juga menunjukkan bagaimana suatu tenaga hidrolik dapat dipindahkan perantara tekanan yang bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya.

Perhatikanlah gambar 2-1 dua buah silinder berpiston dihubungkan dengan sebuah pipa kecil yang didalamnya terdapat zat cair sebagai fluida kerjanya. Tekanan yang dihasilkan oleh piston A ketika bergerak ke bawah akan diteruskan ke piston B perantara fluida yang terdapat dalam pipa penghubung dengan kekuatan yang sama sehingga mengakibatkan piston B bergerak keatas. Jika kedua silinder ini mempunyai ukuran yang sama, maka gaya dan kecepatan yang dihasilkan pada silinder B juga sama dengan gaya dan

kecepatan yang bekerja pada silinder A. Hal ini hanya terpenuhi jika semua kerugian yang terjadi selama pemindahan tersebut diabaikan atau jumlah masukan (input) sama dengan jumlah keluaran (output).

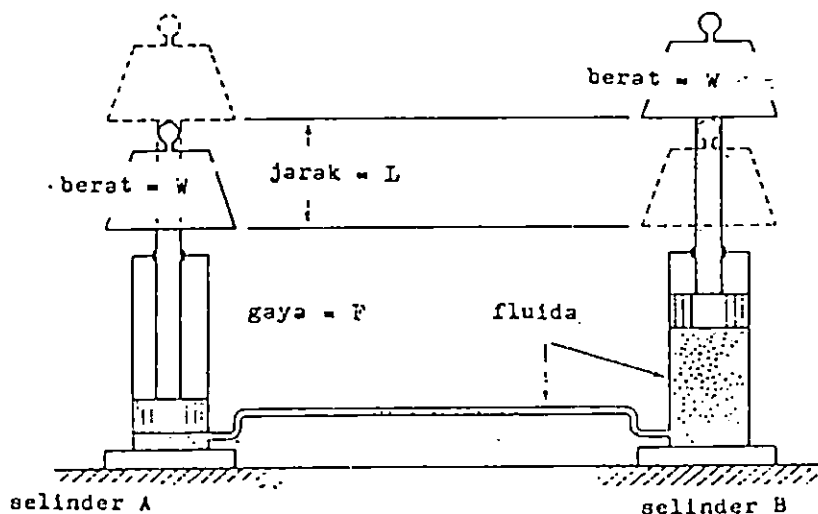
Apabila F adalah gaya yang bekerja pada piston dan L jarak perpindahannya maka kerja (usaha) yang dihasilkan dapat ditentukan dengan rumus (Sullivan, 1982)

$$W = F \times L$$

dimana, W = kerja (usaha) Nm

F = Gaya (beban) N

L = Jarak perpindahan m



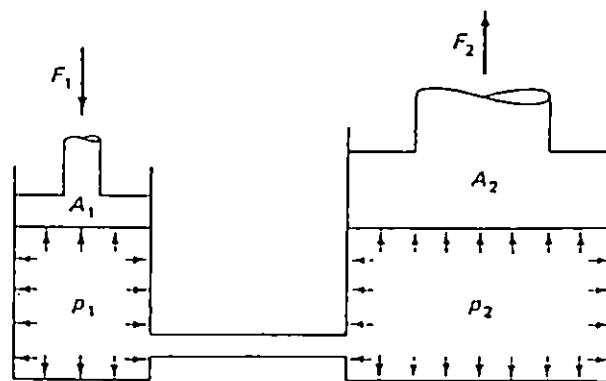
sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 2-1. Prinsip Pemindahan Gaya

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
KEP. P. P. 1982

Selanjutnya, jika piston masukan (input) disebut sebagai piston sebuah pompa hidrolis sedangkan piston selinder keluaran (output) merupakan piston suatu alat aktuator sistem. Bilamana diberikan ukuran piston pompa lebih kecil dari piston atuatornya maka gaya yang dihasilkan lebih besar dibandingkan gaya pada pompa, akan tetapi gerak perpindahannya lebih pendek dari perpindahan piston pompa.

Secara sederhana hal tersebut dapat dijelaskan melalui gambar 2-2. Oleh karena tekanan di dalam sistem adalah sama maka disini berlaku prinsip keseimbangan antara gaya dan jarak perpindahan piston silinder masukan (input) dan silinder keluaran (output).



sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 2-2. Prinsip Perkalian gaya

Jika, F_1 = gaya pada piston silinder input

A_1 = luas penampang silinder input

P_1 = tekanan didalam silinder input

F_2 = gaya pada silinder output

A_2 = luas penampang silinder output

P_2 = tekanan didalam silinder output

Berdasarkan prinsip keseimbangan maka kerja yang dilakukan silinder input sama dengan kerja pada silinder output. Jadi,

Kerja input = Kerja output

$$W_1 = W_2$$

$$\text{atau, } F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2$$

$$F_2 = F_1 \times \left(\frac{L_1}{L_2} \right) \quad (\text{Newton})$$

dimana, L_1 = jarak perpindahan piston silinder input (m)

L_2 = jarak perpindahan piston silinder output (m)

Apabila diperhitungkan semua kerugian yang terjadi maka efisiensi penekanan hidrolis yaitu:

$$\eta = \frac{\text{Intensitas tekanan pada silinder output}}{\text{Intensitas tekanan pada silinder input}}$$

$$= \frac{F_2/A_2}{F_1/A_1} = \frac{F_2}{F_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

Perbandingan antara (F_2 / F_1) disebut sebagai efisiensi mekanik, yang dalam prakteknya merupakan perbandingan antara besar beban yang diangkat terhadap gaya (usaha) yang digunakan.

Prinsip pemindahan tenaga fluida seperti di atas banyak sekali dijumpai atau untuk perencanaan alat-alat pengangkat, seperti dongkrak hidrolik, accumulator hidrolik, intensifier, crane hidrolik dan sebagainya.

Contoh. 2-1

Berapakah kerja yang harus dibutuhkan oleh sebuah alat pengangkat guna memindahkan beban 4448 N sejauh 38 cm

Penyelesaian.

Jauh perpindahan piston pompa adalah,

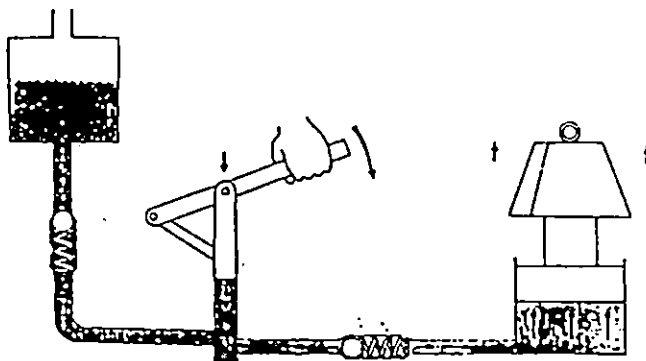
$$\begin{aligned} L_1 &= L_2 \times \frac{F_2}{F_1} \\ &= 0,3048 \times \frac{8895}{4450} \\ &= 0,6089 \text{ m} \end{aligned}$$

Kerja yang dilakukan untuk mengangkat beban,

$$\begin{aligned} W &= F \times L \\ &= 4448 \cdot 38 \cdot 10^{-2} \\ &= 1695 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Contoh Soal. 2-2

Seorang operator menggerakkan tangkai penggerak piston pompa suatu sistem hidrolik seperti pada gambar 2-4. Jika piston pompa mengalami gaya tekan sebesar 4450 N dan piston ram hidroliknya mengangkat beban seberat 8895 N, setinggi 30,48 cm. Berapa jauh perpindahan piston pada pompa mesti digerakkan? Bilamana piston pompa berdiameter 6,5 cm dan silinder ram berdiameter 25 cm berapaakah berat beban yang dapat diangkat ram hidrolik tersebut jika operator menekan piston pompa 668 N.



Sumber : Fluida Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 2-3. Gambar Contoh Soal 2-2

Penyelesaian.

Jauh perpindahan piston pompa adalah,

$$L_1 = L_2 \times \frac{F_2}{F_1}$$

$$= 0,3048 \times \frac{8895}{4450}$$

$$= 0,6089 \text{ m}$$

Berdasarkan hukum pascal berarti tekanan di dalam sistem adalah sama disemua tempat, sehingga berlaku:

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = F_1 \times \frac{A_2}{A_1}$$

$$= F_1 \times \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2$$

$$= 668 \times \left(\frac{25}{6,5} \right)^2$$

$$= 10,7 \text{ kN}$$

Contoh Soal 2-3

Sebuah crene hidrolik menggunakan tenaga senilai 20 MN-m untuk mengangkat beban sebesar 15 ton sejauh 10 m. Tentukanlah efisiensi crene tersebut !

Penyelesaian.

$$\text{Kerja yang digunakan, } W_1 = 20 \cdot 10^6 \text{ Nm}$$

$$\text{Kerja yang dilakukan } W_2 = \text{massa} \times g \times L_2$$

$$\begin{aligned}
 &= 15 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \times 10 \\
 &= 15 \cdot 10^6 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Jadi efisiensi adalah,

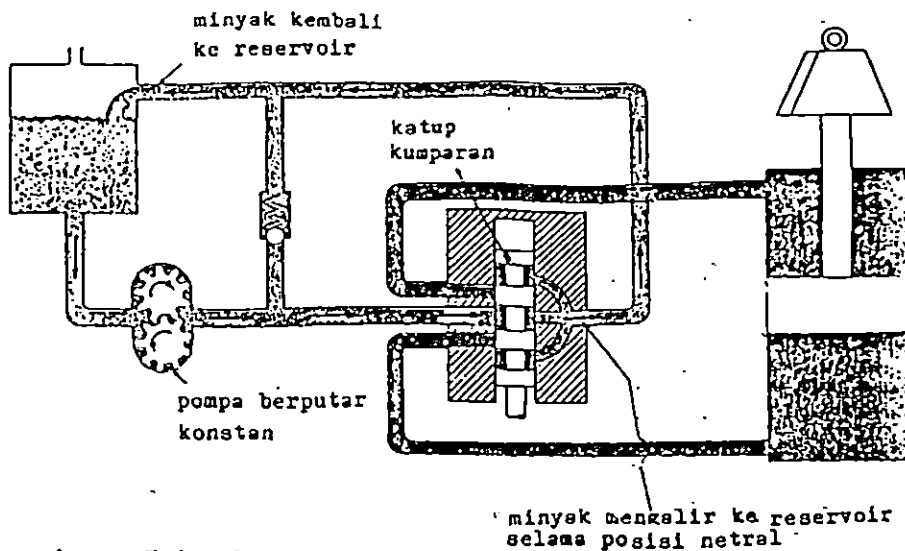
$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{\text{Kerja yang dilakukan}}{\text{Kerja yang dilakukan}} \\
 &= \frac{15 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6} \\
 &= 0,75
 \end{aligned}$$

C. Jenis-Jenis Sistem Hidrolik Mesin

Secara garis besar sistem hidrolik dapat diklasifikasikan atas dua macam, yakni Sistem Pusat Terbuka dan Sistem Pusat Tertutup. Perbedaan ini pada prinsipnya didasarkan atas jenis katup kontrol arah yang digunakan dan posisi bukaannya sewaktu mengalirkan minyak serta bentuk hubungan antara katup tersebut dengan pompa dan saluran pengembalian ke reservoir.

1. Sistem Pusat Terbuka

Sistem pusat terbuka adalah sejenis rangkaian sistem hidrolik dengan bukaan katup kontrol arahnya sewaktu berada dalam posisi netral. Sekaligus membiarkan fluida mengalir, yaitu saat katup mencapai kedudukan di pertengahan gerakannya, seperti tampak dalam gambar 2-4



sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-4. Sistem Pusat Terbuka

Sistem-sistem Hidrolik mesin dengan rangkaian terbuka tersebut biasanya menggunakan katup sorong, yaitu sejenis katup kontrol arah aliran yang menyerupai poros bertingkat yang direncanakan sedemikian rupa sehingga pompa dapat berhubungan dan sekaligus mengalirkan minyak (fluida) melewati katup serta mengembalikannya ke reservoir ketika katup berada dalam posisi netralnya.

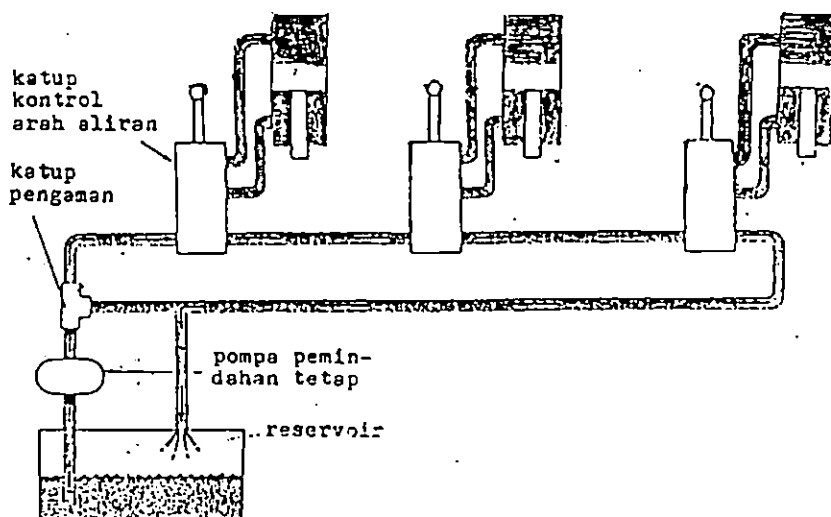
Pompa hidrolik yang digunakan untuk keperluan Sistem Pusat Terbuka ini adalah sejenis pompa dengan pemindahan (volume) konstan, seperti pompa roda gigi. Selama katup kontrol berada dalam posisi netral akan menyebabkan sistem dan pompa mengalami penurunan tekanan karena tidak adanya pembebanan. Hal ini juga akan mengurangi pemakaian tenaga

selama periode waktu tersebut serta memberikan kesempatan minyak bersikulasi dan sekaligus untuk mendinginkan.

Ditinjau dari penyambungan (hubungan) rangkaian pemipaannya maka sistem hidrolik dengan sistem pusat terbuka ini dibedakan atas beberapa macam, yaitu:

- 1). Sistem Pusat Terbuka dengan Hubungan Serie
- 2). Sistem Pusat Terbuka dengan Hubungan Serie-Paralel
- 3). Sistem Pusat Terbuka dengan Pembagi Aliran

Pada Sistem Pusat Terbuka dengan Hubungan Serie, minyak yang berasal dari pompa akan mengalir melalui beberapa katup kontrol arah secara berurutan seperti terlihat dalam gambar 2-5.



Sumber: Hydraulics, Deere,
Moline, 1982

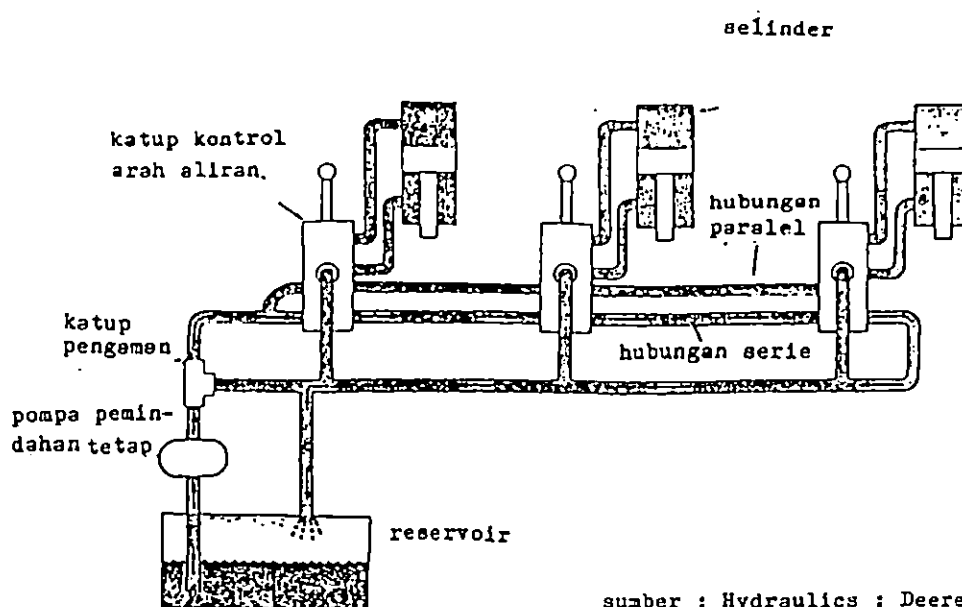
Gambar 2-5. Sistem Pusat Terbuka
Hubungan Seri

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
KIP PADANG

Pengembalian fluida dari katup pertama akan mengalir ke dalam inlet katup kedua dan demikian seterusnya. Saat katup berada pada posisi netralnya fluida akan mengalir melalui katup seri dan kemudian kembali ke reservoir dan jika katup dioperasikan fluida akan mengalir masuk dan dialirkan ke dalam selinder hidrolis. Pengembalian fluida tersebut dari selinder akan melalui saluran balik dan terus masuk ke katup berikutnya.

Sistem Hidrolis jenis ini cukup baik digunakan jika hanya atau selagi satu buah katup saja yang dioperasikan dalam waktu yang bersamaan. Sehingga dengan demikian tekanan maksimum yang diberikan pompa terhadap sistem dapat dicapai ketika katup bekerja. Jika dua buah atau lebih katup dioperasikan sekaligus maka tekanan maksimum tersebut tidak mungkin dapat tercapai.

Untuk Sistem dengan Seri Paralel fluida (minyak) dari pompa justru mengalir secara berentetan ke katup kontrol baik melalui hubungan seri maupun hubungan paralel dan bahkan katup diizinkan untuk menerima tambahan aliran. Dalam Posisi netral minyak ini akan mengalir melalui rentetan katup-katup sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 2-6.

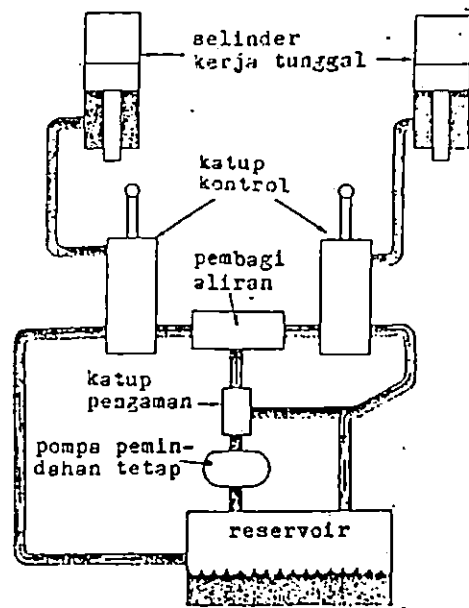


suaber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-6. Sistem Pusat Terbuka
Hubungan Seri Paralel

Pada saat katup dioperasikan saluran balik dari sistem ini atau tertutup sehingga fluida yang mengukur dapat digunakan untuk seluruh katup melalui hubungan paralel. Jika ada dua katup atau lebih dioperasikan sekaligus maka selinder yang membutuhkan tekanan yang lebih rendah justru terlebih dahulu dioperasikan dan kemudian diurutkan kepada tekanan yang lebih tinggi.

Selanjutnya pada Sistem dengan hubungan pembagi aliran biasanya menggunakan sejenis alat pembagi aliran yang akan menerima aliran fluida terlebih dahulu dari pompa dan kemudian membaginya diantara dua pemakaian katup kontrol seperti terlihat dalam gambar 2-7



Sumber: Hydraulics, Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-7 Sistem Pusat Terbuka
dengan Pembagi Aliran

Alat pembagi aliran tersebut harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat membuka aliran terlebih dahulu pada sisi sebelah kiri sistem. Seandainya dua katup kontrol dioperasikan sekaligus. Maka harus dapat membagi fluida tersebut dengan perbandingan yang sama. Di samping itu sistem seperti ini harus menggunakan pompa yang cukup besar sehingga dapat memfungsikan katup kontrol sekaligus dengan tekanan yang maksimum.

Adapun keuntungan menggunakan Sistem Pusat Terbuka ini adalah:

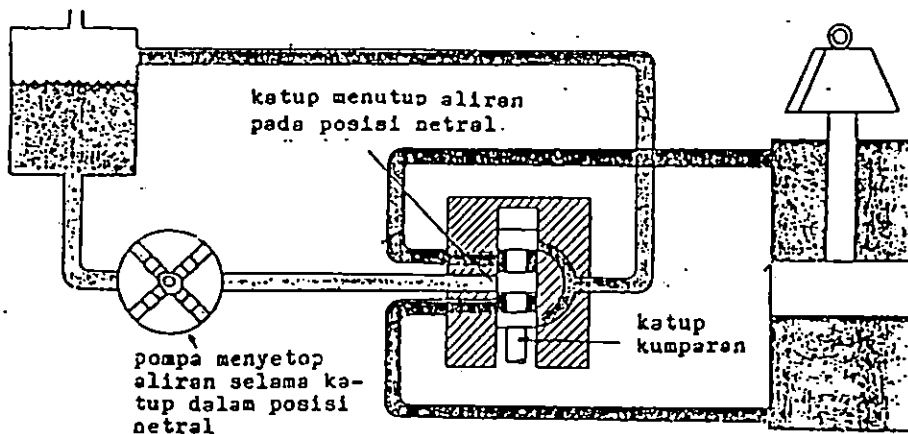
- 1). Persentase waktu istirahat sistem lebih lama dari waktu kerjanya.
- 2). Selalu memasukan minyak segar ke dalam rangkaian sistem sehingga dimungkinkan mendapat kesempatan untuk pendinginan yang baik.
- 3). Kotoran-kotoran minyak dapat segera dipisahkan didalam reservoir melalui dinding-dinding pemisah.
- 4). Aktuator dapat terbebas dari tenaga ketika katup dalam posisi netral, karena adanya penurunan tekanan sistem yang disebabkan pembuangan minyak ke reservoir.
- 5). Waktu respon mesin tidak terlalu kritis karena sistem baru akan memberikan tekanan setelah katup kontrol dipindahkan dari posisi netralnya.

2. Sistem Pusat Tertutup

Sistem Pusat Tertutup adalah merupakan jenis sistem hidrolis dimana katup sorongnya akan menyetop atau menutup aliran minyak (Fluida) ketika berada dalam posisi netralnya, sehingga sekaligus juga menghentikan pengaliran dari pompa seperti tampak pada gambar 2-8.

Pada sistem seperti ini pompa tidak hanya diberi kesempatan untuk beristirahat ketika minyak tidak dibutuhkan lagi dalam melakukan fungsinya, tetapi juga tidak adanya hubungan antara pompa dengan saluran pengembalian

ke reservoir. Oleh karena itu kumparan katupnya direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memutuskan atau menutup aliran minyak dari pompa pada waktu katup tersebut dipindahkan ke posisi netralnya.



Sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

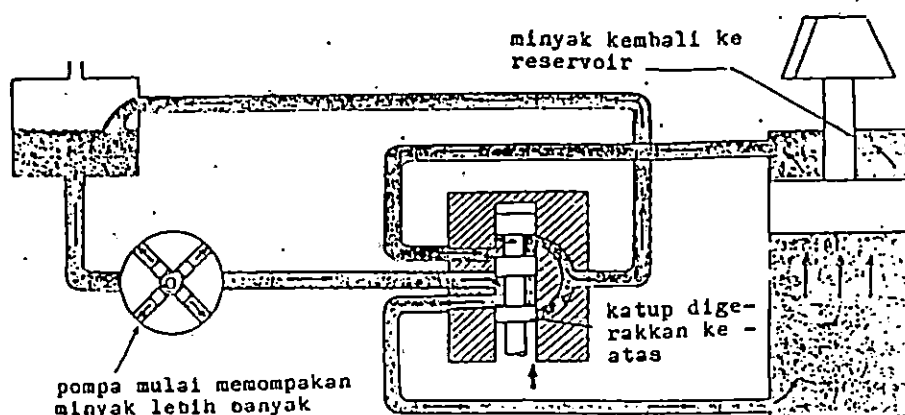
Gambar 2-8. Sistem Pusat Tertutup

Sistem hidrolik dengan Sistem Pusat Tertutup ini dibedakan atas dua macam, yaitu:

- 1). Sistem Pusat Tertutup dengan Pompa Pengaliran Berubah-ubah
- 2). Sistem Pusat Tertutup dengan Pompa Pengaliran Tetap (konstan)

Pada sistem pusat tertutup dengan pengaliran berubah-ubah, dalam hal ini pompanya dibiarkan menekan minyak sampai dengan tekanan tertentu kemudian katup kontrol

tekanan akan bereaksi sehingga pompa tersebut berhenti dengan sendirinya. Pemindahan katup kontrol apabila katup kontrol alirannya dari posisi netral ke sebelah atas sebagaimana terlihat dalam gambar 2-9, maka minyak akan mengalir (diarahkan) ke bagian bawah selinder dan menyebabkan terjadinya penurunan tekanan pompa.



Sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

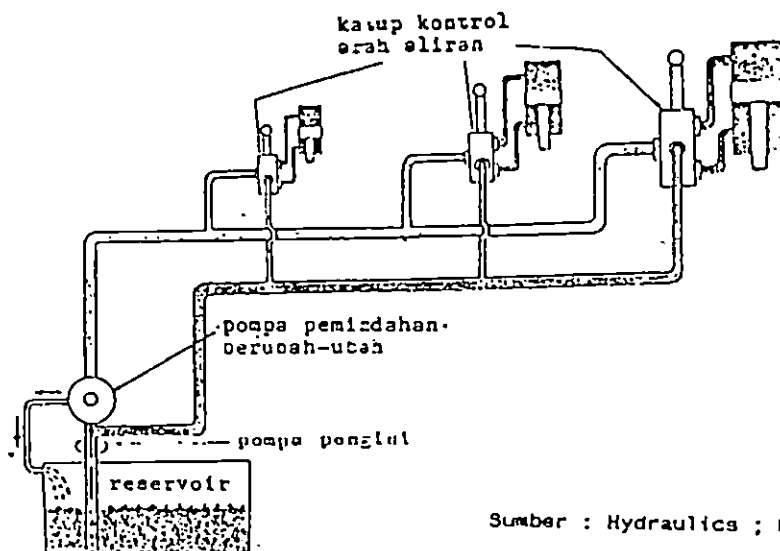
Gambar 2-9. Sistem Pusat Tertutup dengan Pemindahan Berubah-ubah

Penurunan tekanan tersebut pada prinsipnya disebabkan karena terhubungnya kembali tekanan pompa dengan saluran bawah selinder. Sehingga pompa akan kembali bekerja menyalurkan minyak dan sekaligus mengangkat beban. Selanjutnya pada waktu katup bergerak ke sebelah bawah maka selinder akan berhubungan dengan saluran balik sistem guna mendo-

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

rong dan mengembalikan minyak ke reservoir. Kemudian, jika katup kontrol aliran kembali ke posisi netral maka minyak akan tertahan di kedua sisi piston. Dalam kondisi demikian penerimaan tekanan akan terhenti dan pompa kembali beristirahat bekerja.

Sistem Pusat Tertutup dengan pompa Pengisian Berubah-ubah tersebut kadang-kadang dilengkapi dengan pompa pembantu, seperti terlihat pada gambar 2-10. Pompa pembantu ini berfungsi sebagai pengisi untuk memompakan minyak dari reservoir ke dalam pompa utama sehingga dengan

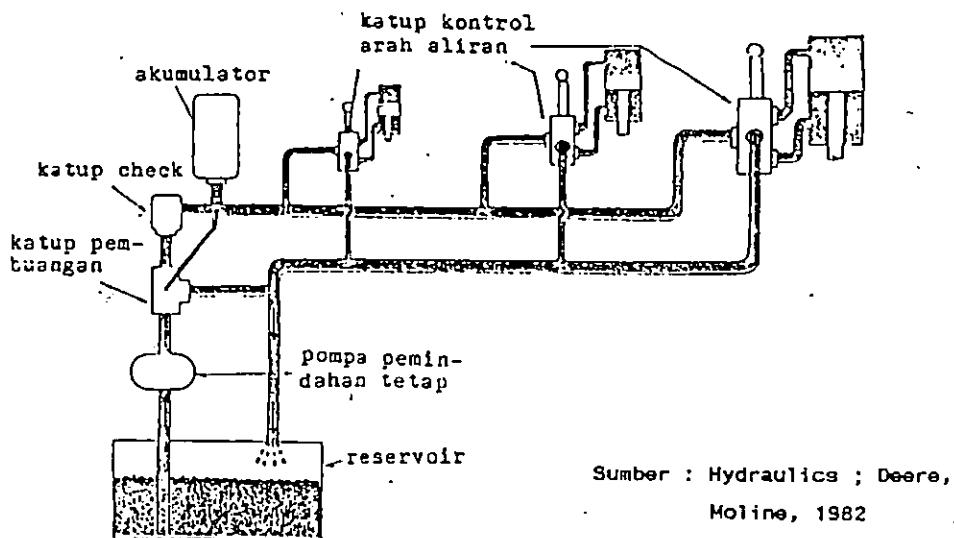


Sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-10. Sistem Pusat Tertutup dengan Pompa Pembantu

demikian akan selalu dapat menyediakan tambahan minyak saat mana dibutuhkan oleh sistem dan pemindahan aliran menjadi lebih efisien.

Untuk Sistem Pusat Tertutup dengan pompa pengaliran konstan biasanya menggunakan pompa berkapasitas kecil dan sebuah alat akumulator, seperti diperlihatkan dalam gambar 2-11.



Gambar 2-11. Sistem Pusat Tertutup dengan Pompa Pemindahan Konstan

Pompa terlebih dahulu akan mengisi alat akumulator sampai terisi penuh sehingga mencapai tekanan maksimum tertentu, kemudian katup pembuangan yang terdapat di dalam sistem akan bereaksi guna mengarahkan aliran minyak dari pompa kembali ke reservoir

Apabila katup kontrol bekerja maka akumulator akan melepaskan minyak dan mengalirkannya ke silinder hidrolis. Pada saat tekanan mulai turun aliran dari pompa kembali dialirkan ke akumulator oleh katup pembuangan, dan demikianlah seterusnya cara kerja sistem seperti ini.

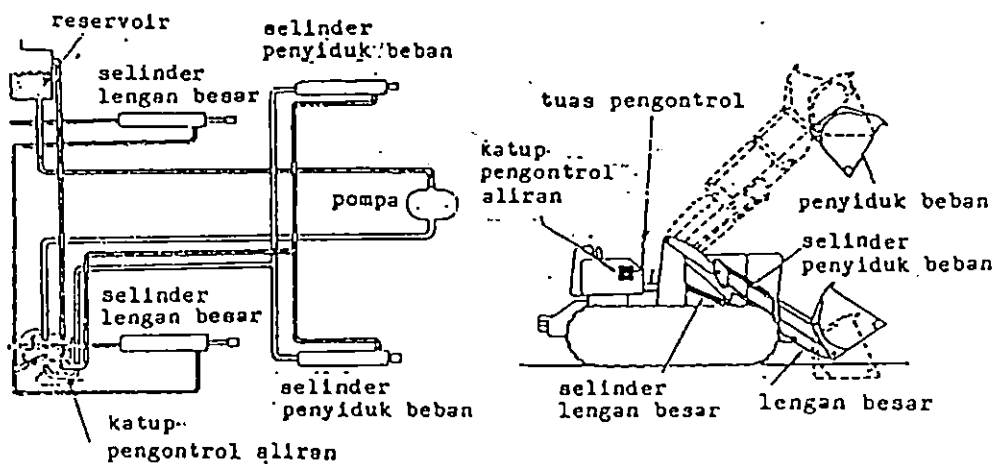
Keuntungan menggunakan atau mengoperasikan Sistem Pusat Tertutup adalah:

- 1). Tidak memerlukan pemasangan katup pembebas tekanan (pengaman) dibagian dalam pusat sistem karena pompa dapat menyetop dengan sendirinya (berhenti) jika tekanan yang diinginkan telah tercapai.
- 2). Ukuran saluran, katup dan selinder dapat disesuaikan dengan keperluan aliran untuk setiap fungsi pemakaiannya
- 3). Dengan menggunakan pompa yang lebih besar maka persediaan aliran lebih dapat menjamin sistem bekerja pada kecepatan penuh dengan putaran mesin yang lebih rendah. Di samping itu juga dapat lebih banyak memfungsikan sistem untuk berbagai pemakaian.

3. Beberapa Contoh Pemakaian Sistem Pusat Terbuka dan Sistem Pusat Tertutup

Secara luas beberapa contoh pemakaian jenis jenis sistem hidrolis tersebut dapat dijumpai pada sistem-sistem hidrolis alat-alat berat seperti, Loader, Buldozer, Backhoe dan Forklift.

Sistem hidrolis Loader kebanyakannya dipasang di bagian depan kendaraan sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 2-12. Alat ini bergerak dengan kecepatan lambat dan mempunyai Sistem Hidrolis jenis Sistem Pusat Terbuka (Open Centre). Sebagian besar diantaranya mempunyai dua macam fungsi yaitu, pertama untuk menaikkan dan menurunkan lengan pengangkat dan kedua untuk mengeluarkan ataupun menarik penyiduk beban.

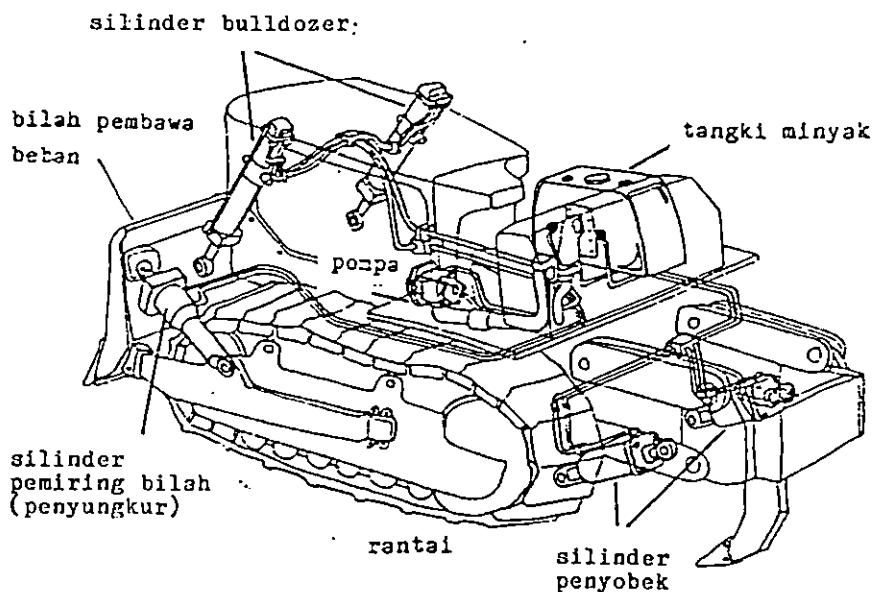


Sumber : Hydraulics ; Deere,
Moline, 1982

Gambar 2-12. Pemakaian Sistem Pusat Terbuka pada Alat Loader.

Kedua macam fungsinya tersebut dikendalikan secara hidrolik dengan menggunakan sirkulasi dan tekanan minyak secara terpisah. Untuk menurunkan penyiduk beban misalnya operator cukup hanya memainkan tuas pengontrol katup sehingga menyebabkan katup kontrol akan mengarahkan dan mengalirkan minyak memasuki kedua selinder penyiduk beban. Pada waktu yang bersamaan minyak juga dimasukkan ke dalam selinder lengan yang mengakibatkan lengan tersebut akan terangkat keatas. Selinder lengan dan penyiduk beban mempunyai fungsi utama untuk menaikkan dan menurunkan kembali penyiduk beban. Masing-masing dari sirkulasi minyak pada lengan dan penyiduk beban akan dikontrol dan dilayani oleh katup kontrolnya sendiri-sendiri serta tuas penggerak yang tersendiri pula. Dalam beberapa hal satu tuas dapat dihubungkan dengan dua katup untuk tiga jenis pengoperasian.

Adapun untuk sistem hidrolik pada alat Bulldozer biasanya juga dipasang di bagian depannya, sehingga dapat membuat getaran sewaktu bekerja, yaitu mendorong/membuangkan tanah. Sebagian besar alat ini direncanakan dengan tiga macam kontrol, masing-masing adalah : (1) menaikkan serta menurunkan bilah, (2) memutar ke kiri dan ke kanan, (3) memiringkan ke arah kedua sisi sebelah ujung bila pendorong/pembawa beban, seperti terlihat dalam gambar 2-13.

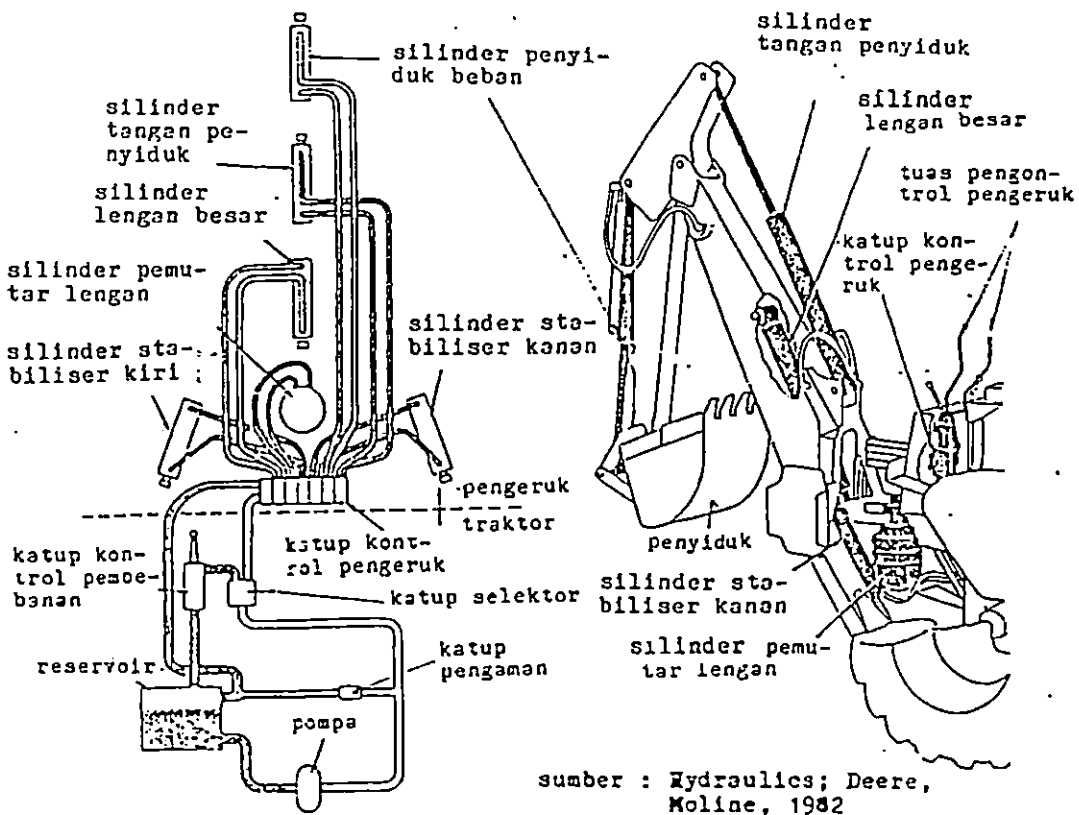


Sumber : Fundamental of Hydraulics
Caterpillar Tractor Co, 1973

Gambar 2-13. Sistem Hidrolik Alat Buldozer.

Ketiga macam gerakan tersebut dikontrol secara hidrolik berdasarkan prinsip Sistem Pusat Terbuka, sebagaimana halnya pada alat Loader di atas. Suatu gerakan istimewa yang dimiliki oleh alat Buldozer ini yaitu adalah keadaan dimana bilah pendorong berada dalam posisi mengapung yang terjadi ketika katup kontrol bekerja untuk menaikkan dan menurunkan bilah. Kondisi ini dimaksudkan agar supaya bilah dapat mengikuti profil (bentuk) permukaan tanah sewaktu bekerja (meratakan tanah). Selama posisi mengapung berlangsung minyak akan bebas mengalir ke belakang maupun ke depan di dalam rangkaian sistem.

Selain dua jenis tersebut Sistem Pusat Terbuka juga dijumpai pemakaiannya pada alat Backhoe seperti terlihat dalam gambar 2-14.



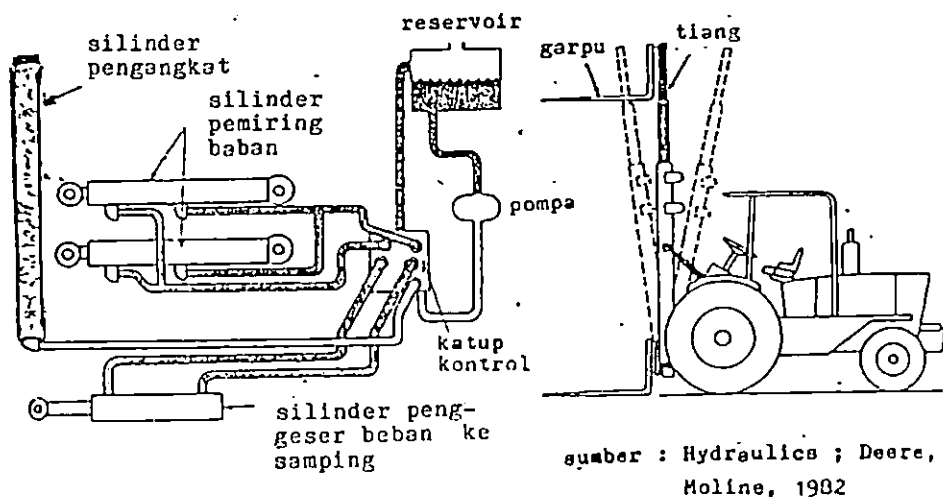
Gambar 2-14. Pemakaian Sistem Pusat Terbuka pada Alat Backhoe.

Minyak untuk keperluan lengan pengeruk ini dipasok (supply) dari sistem hidrolis alat tersebut melalui katup selektornya, yang berfungsi untuk memindahkan arah aliran minyak selama pengeruk bekerja. Operator dalam hal ini cukup hanya mengontrol mesin pengeruk dengan perantaraan tuas pengatur katup tersebut, kemudian minyak akan mengalir melewati katup kontrol pengeruk (Backhoe)

terus ke dalam silinder yang dikehendaknya sesuai dengan fungsinya, untuk menggerakkan lengan, mengeruk lumpur, mendorong atau menstabilkan kerja.

Untuk memutar lengan pada waktu menurunkan pengeruk dan mengembalikannya, sistem hidrolik alat ini mempunyai sebuah silinder khusus yang dinamakan silinder pemutar. Penggunaan pipa yang bersifat fleksibel lebih dimungkinkan pada sistem tersebut supaya dapat membuat gerakan pengeruk yang leluasa tanpa merusak sirkuit hidroliknya.

Sedangkan untuk Sistem Pusat Tertutup salah satu pemakaiannya dijumpai pada sistem hidrolik alat Forklift, seperti terlihat dalam gambar 2-15. Peralatan ini banyak digunakan untuk mengangkat dan memindahkan beban, terutama sekali pada kegiatan produksi dalam perusahaan-perusahaan dan industri.



Gambar 2-15. Pemakaian Sistem Pusat Tertutup pada Alat Forklift

Joint Industry Conference (JIC) adalah merupakan pertemuan kelompok perusahaan industri yang pertama kali mencetuskan ide tentang penyeragaman simbol-simbol hidrolik tersebut, dimana hasil pemufakatannya dipublikasikan pada tahun 1948. Kemudian di bawah naungan organisasi American Standardization Association (ASA) dilakukan beberapa modifikasi tentang simbol-simbol yang telah ditetapkan melalui penelitian-penelitian di lapangan industri, sehingga menghasilkan simbol-simbol menurut standar ASA. Namun dewasa ini telah digunakan suatu ketentuan simbol menurut Sistem ISO (International Standardization Organization), yaitu salah satu organisasi internasional yang memberikan ketentuan standarisasi dan sertifikasi terhadap produk yang dihasilkan oleh setiap perusahaan industri.

Adapun maksud dan tujuan dari ketentuan simbol-simbol serta gambar-gambar yang dinormalisasikan tersebut adalah agar supaya:

- 1). Terdapat suatu sebutan yang seragam untuk setiap unsur dalam sistem hidrolik
- 2). Menggunakan skema-skema penghubung yang sama dalam semua cabang industri pembuatan ataupun penggunaan sistem hidrolik
- 3). Dapat menghindari kesalahan dalam membaca skema dari rangkaian hidrolik

Forklift mempunyai sistem hidrolis tersendiri dengan tiga macam pengontrolan, yaitu : (1) mengangkat dan menurunkan garpu penyangga beban, (2) mengangkat tiang dan memutarinya ke belakang, (3) menggeser (memindahkan) tiang dari satu posisi ke posisi lainnya.

Untuk menaikkan garpu dan mengangkat beban, operator cukup hanya menggerakkan tuas pengontrol sehingga minyak (fluida) dapat mengalir dan kemudian diteruskan ke silinder pengangkat perantara katup kontrol arah.

4. Simbol Simbol Komponen untuk Rangkaian Sistem Hidrolis

Dalam setiap kegiatan perencanaan maupun pelayanan suatu sistem hidrolis, seorang perencana atau teknisi dituntut agar mengenal dan memahami tentang simbol-simbol grafik Sistem Hidrolis beserta arti dan fungsinya masing-masing, yang diperlukan untuk menggambarkan dan menyatakan suatu bentuk rangkaian sistem. Simbol-simbol yang digunakan bisa saja berupa hasil kreasi diri sendiri, akan tetapi maksud dan tujuannya belum tentu dapat dipahami dengan pengertian yang sama oleh setiap orang yang memanfaatkan hasil rancangan tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya suatu ketentuan dalam simbol-simbol standar guna menyatakan unsur-unsur di dalam suatu rangkaian sistem yang direncanakan.

4). Memahami dengan cepat dan mudah tentang fungsi dari skema-skema rangkaian sistem hidrolik

Ditinjau dari segi pengertiannya, simbol tersebut pada dasarnya adalah merupakan kode yang melambangkan sebuah obyek atau berarti penyederhanaan sesuatu obyek dengan maksud untuk mempermudah dalam penyajian informasi. Disamping itu simbol juga dapat mengandung pengertian berupa petunjuk, larang atau perintah

Untuk suatu sistem hidrolik biasanya juga berisikan simbol-simbol yang mengandung pengertian baik berupa petunjuk, perintah, penghubung, pengendali, penyetelan maupun pemindahan, yang digambarkan dengan simbol-simbol seperti garis, tanda panah, lingkaran, segitiga, persegi panjang dan sebagainya.

Gabungan dari beberapa simbol tersebut sehingga membentuk suatu informasi yang lengkap disebut sebagai rangkaian sistem hidrolik. Melalui rangkaian ini akan tersaji berbagai simbol informasi tentang obyek yang sebenarnya sehingga dapat diketahui unsur-unsur atau nama alat kelengkapan yang digunakan di dalam suatu sistem hidrolik.

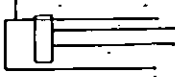
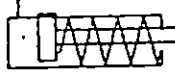
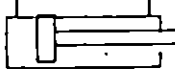
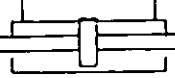
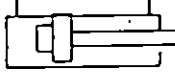
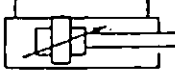
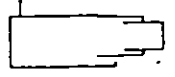
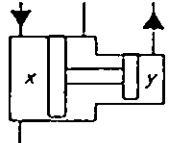
Walaupun demikian, khusus bagi mereka yang menaruh perhatian yang mendalam terhadap bidang teknik tidaklah cukup hanya mengenal hubungan-hubungan, simbol-simbol dan penggunaannya tetapi juga dituntut untuk mengerti dan memahami akan gambar dan konstruksi dari setiap unsur atau komponen sistem hidrolik tersebut.

Pada Tabel 2-1 diperlihatkan beberapa simbol penting berbagai unsur sistem hidrolik, yang disesuaikan dengan ketentuan standar ISO (International Standardization Organization).

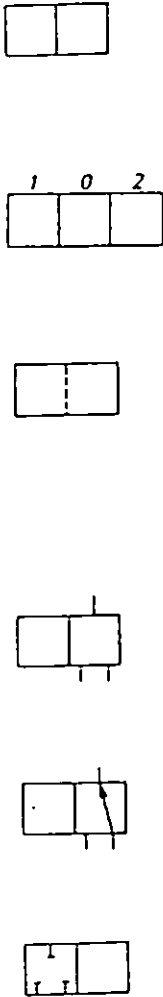
Tabel 2-1 Simbol-simbol untuk Komponen komponen Sistem Hidrolik

Nama Komponen/Alat	Fungsi	Simbol
Pompa Hidrolik	Konversi energi mekanik menjadi tenaga fluida	
dengan satu arah aliran		
dengan dua arah aliran	Konversi tenaga fluida menjadi energi mekanik/putaran	
dengan satu arah aliran		
dengan dua arah aliran		
dengan dua arah aliran		

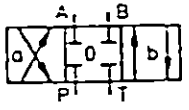

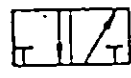

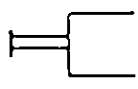
(Bersambung)

Nama Komponen/Alat	Fungsi	Simbol
<p>Silinder Hidrolik</p> <p>Silinder kerja tunggal</p>	<p>Konversi Tenaga Fluida menjadi energi mekanik/gerak liner</p>	
<p>Silinder kerja tunggal dengan pengambilan pegas</p>		
<p>Silinder deferensi kerja ganda</p>		
<p>Silinder kerja ganda dengan batang piston torak dikedua sisi</p>		
<p>Silinder kerja ganda dengan penahan tetap di kepala piston</p>		
<p>Silinder dengan penahan dapat di atur</p>		
<p>Silinder teleskop</p>		
<p>Silinder dengan penukar tekanan (intensifier)</p>		

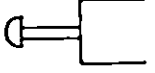

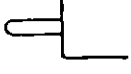

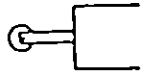

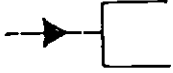
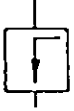
(bersambung)

Nama Komponen/Alat	Fungsi	Simbol
<p>Katup Hidrolik</p> <p>1. Katup Kontrol arah aliran</p> <p>Untuk menyatakan posisi/kedudukan katup</p> <p>Untuk menandai posisi/kedudukan hubungan katup, diberi angka pada persegi empat</p> <p>Untuk membuat hubungan secara bertahap antara kedudukan satu dengan lainnya, diberi garis putus-putus pada persegi panjang</p> <p>Untuk menyatakan hubungan penyaluran (masuk atau keluar)</p> <p>Untuk menunjukkan jalan dan arah aliran, di dalam persegi empat diberi panah</p> <p>Untuk menyatakan hubungan dirintangi/tutup, ditandai garis lintang dalam persegi empat</p>	<p>Membuka dan menyetop serta mengarahkan aliran fluida</p>	

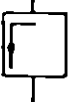
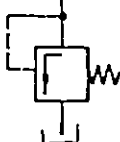
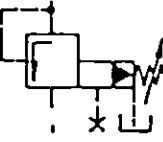
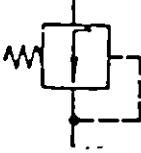
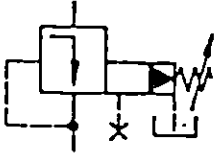
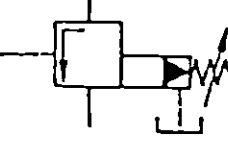
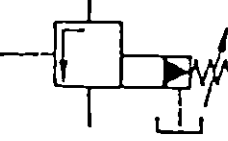
(Bersambung)

Nama Komponen/Alat	Fungsi	Simbol
<p>Untuk menyatakan jenis hubungan penyaluran diberi huruf abjad,</p> <p>P = pompa T = Tangki A = B = beban/selinder X = Y = Saluran pembantu Z = L = Fluida/minyak bocor</p>		
<p>Katup kontrol arah 2/2</p>		
<p>Katup kontrol arah 3/2</p>		
<p>Katup kontrol arah 4/3</p>		
<p>Jumlah saluran/hubungan katup</p>	<p>Jumlah kedudukan/posisi katup</p>	
<p>Untuk menyatakan pelayanan/pengontrolan katup kontrol arah</p> <p>a. Pengontrol dengan pelayanan otot secara manual</p>		



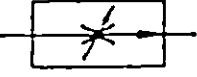
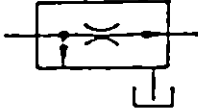
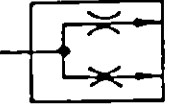


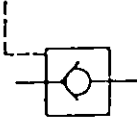
(Bersambung)

Nama Komponen/Alat	Fungsi	Simbol
b. Pengontrol dengan pelayanan otot perantara tombol (pushbutton)		
c. Pengontrol dengan pelayanan otot lewat pedal		
d. Pengontrol dengan pelayanan mekanis pakai paraba		
e. Pengontrol dengan pelayanan mekanis pakai pegas		
f. Pengontrol dengan pelayanan mekanis melalui roller peraba		
g. Pengontrol dengan pelayanan listrik perantara selenoid atau lilitan elektromagnet		
h. Pengontrol dengan pelayanan tekanan lewat aktuator/ penggerak fluida		
2. Katup Kontrol Tekanan Katup dalam kondisi normal terbuka (normally open)	Menjaga dan membatasi tekanan kerja sistem	

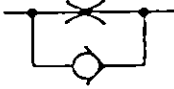
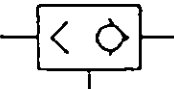

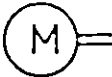






(Bersambung).

Nama Komponen/Alat	Fungsi	Simbol
Katup dalam kondisi normal tertutup (normally closed)		
a. Katup pembebas tekanan dengan gerakan langsung	Mengatasi tekanan masuk selalu stabil	
b. Katup pembebas tekanan dengan gerakan pemandu (pilot)	Mengontrol tekanan masuk agar stabil dari jarak jauh (remote)	
c. Katup penurunan tekanan gerakan langsung	Mengajar dan mengontrol tekanan keluar selalu konstan	
d. Katup penurunan tekanan dengan pelayanan pemandu (pilot)		
e. Katup penghubung tekanan dengan pelayanan sinyal (signal input)	Menjaga dan mengontrol tata hubungan kerja aliran pada tiap-tiap cabang aliran	
f. Katup penghubung tekanan dengan pelayanan pemandu (pilot)		
3. Katup Kontrol Volume Aliran	Menjaga dan mengatur jumlah volume aliran secara tepat ke setiap rangkaian	

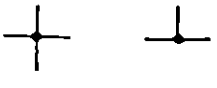
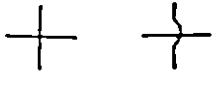

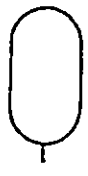





(Bersambung)

Nama Komponen/Alat	Fungsi	Simbol
a. Katup pengecik dengan pembatas tetap	Besar debit/volume aliran tergantung pada perbedaan tekanan	
b. Katup pengecik dengan besar arus dapat diatur		
c. Katup pengecik dua arah	Debit/volume aliran tidak tergantung pada penurunan tekanan	
d. Katup pengecik tiga arah	Kelebihan aliran dapat dibebaskan melalui saluran ketiga	
e. Katup pengecik dengan pembagi aliran	Pembagi aliran dapat melakukan suatu ratio yang tetap, tidak tergantung pada beban	
f. Katup penghambur satu arah tanpa pembebanan atau pengembalian bebas	Mengizinkan aliran bebas mengalir dalam satu arah dengan debit tertentu.	
g. Katup penghambat satu arah dengan pembebanan pegas pembalik		
h. Katup penghambat dengan pelayanan pemandu (pilot)		

(Bersambung)

Nama Komponen/Alat	Fungsi	Simbol
i. Katup cekik dengan katup penghambat satu arah	Kombinasi pemakaian katup	
j. Katup shuttle (OR element)	Dapat mengontrol dari satu saluran kontrol	
Pemindahan Energi dan Perlengkapan Sistem		
1. Sumber Tekanan		
2. Motor Listrik		
3. Mesin Panas		
4. Poros Penggerak	Hubungan mekanik	
5. Kopling		
6. Pipa Induk (utama)	garis kerja aliran	
7. Pipa Fleksibel	Memudahkan pergerakan keeluasaan	
8. Pipa Pemandu (Pilot)	Menyampaikan perintah	

(bersambung)

Nama Komponen/Alat	Fungsi	Simbol
9. Pipa bantu	Pembuangan/pelepasan	-----
10. Titik penyambungan pipa (las, solder, sekrup)		
11. Penyilangan pipa-pipa aliran		
12. Tangki atau reservoir		
13. Accumulator		
14. Saringan (filter)		
15. Pemanas (heater)		
16. Alat ukur tekanan		
17. Alat ukur aliran (debit)		
18. Pendingin (cooler)		

*) Disari dari beberapa sumber :
 Fundamental of Hydraulics; Hitachi
 Construction Machinery; Tokyo, 1989
 Hidraulika; Krist; Erlangga;
 Jakarta, 1991

Hydraulics-Theory and Application;
 Bosch; Stuttgart, 1984

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
 IKIP PADANG

E. Soal-soal.

1. Sebutkan prinsip dasar pengembangan dan perencanaan suatu sistem tenaga fluida
2. Sebutkan jenis-jenis sistem hidrolik mesin yang banyak digunakan pada saat ini dan jelaskan perbedaannya.
3. Uraikanlah konsepsi tentang energi, tenaga, kerja dan torsi
4. Sebuah alat angkat menaikkan mobil seberat 13500 N pada ketinggian 2 m dari atas lantai. Jika berat alat angkat tersebut dan gesekan diabaikan berapakah kerja yang dibutuhkan
5. Hitunglah tekanan yang dibutuhkan sebuah selinder berdiameter 5 cm untuk mengangkat beban 6500 N
6. Sebuah selinder luas penampang 25 cm² mengangkat beban 8500 N setinggi 0,5 m. perantara tekanan fluida dari sebuah pompa berdiameter 160 mm² dan langkah 7,5 cm, gesekan diabaikan. Hitunglah tekanan dalam selinder pompa dan berapa gaya yang dipindahkannya
7. Berapakah seharusnya gaya yang bekerja pada piston selinder kecil dari sistem hidrolik agar piston selinder besarnya dapat bergerak dengan beban 500 N. Jika diketahui masing-masing diameter pistonnya 5 cm dan 10 cm.

BAB III

FLUIDA HIDROLIK

A. Pengantar

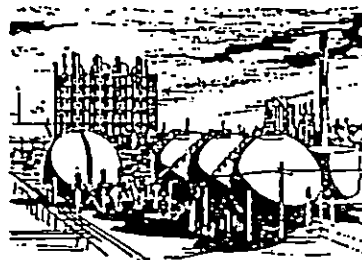
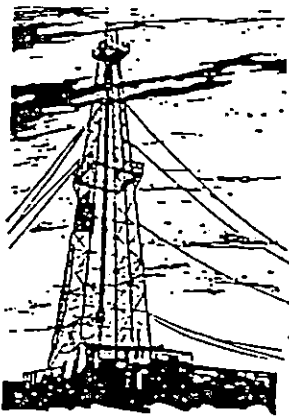
Fluida hidrolik adalah unsur terpenting yang tidak dapat dipisahkan dari suatu Sistem Hidrolik Mesin karena tidak hanya sebagai sumber tenaga tetapi juga merupakan media perantara dalam proses pemindahan tenaga, yang diambil (dipompakan) dari sebuah reservoir kemudian diteruskan ke aktuator guna dapat menghasilkan kerja.

Dalam kenyataannya lebih dari 70% permasalahan pada sistem hidrolik disebabkan oleh penggunaan jenis fluida yang tidak tepat serta berisi kotoran (Deere, 1982). Oleh karena itu, keberhasilan pengoperasian atau penggunaan sistem tenaga fluida akan banyak ditentukan oleh keadaan fluida yang ada di dalam sistem di samping upaya untuk mengatasi kebocoran-kebocoran yang mungkin terjadi terutama pada perapat (seal) dan sistem pemipaannya.

B. Jenis-jenis Fluida Hidrolik

Berbicara tentang fluida hidrolik hampir dapat dikatakan semuanya berasal dari minyak bumi yang diambil atau ditambang dari perut bumi dan kemudian mengalami proses penyulingan untuk dibersihkan dan diolah seperti terlihat dalam gambar 3-1. Selanjutnya, agar supaya tahan terha-

dap sifat-sifat yang tidak dikehendaki maka minyak tersebut diberi bahan tambahan sehingga dapat memenuhi persyaratan sebagai fluida hidrolik.



sumber : Hydraulics; Deere,
Moline, 1952

Gambar 3-1. Proses Pengambilan dan Penyulingan Minyak Bumi

Jenis-jenis zat cair yang biasa digunakan sebagai fluida hidrolik di dalam suatu sistem hidrolik adalah (Sullivan, 1982)

- 1). Fluida hidrolik yang berasal dari minyak bumi
- 2). Fluida dari senyawa air dan glycol
- 3). Fluida atau minyak sintetis
- 4). Emulsi air-minyak dan minyak-air

Fluida hidrolis yang berasal dari hasil penyulingan minyak bumi merupakan campuran beberapa senyawa organik terutama hidrokarbon, yang mengandung parafin C_nH_{2n+2} , naphthene C_nH_{2n} dan aromatik C_nH_n .

Aromatik mempunyai sifat pelumasan yang baik tetapi tidak tahan terhadap oksidasi, sedangkan parafin dan naphthene lebih stabil namun tidak dapat menggantikan aromatik secara keseluruhannya karena jenis aromatik tertentu dapat bertindak sebagai penghalang oksidasi. Disamping itu parafin murni tidak mempunyai sifat pelumasan yang baik.

Selain dari perbedaan tersebut minyak bumi juga mempunyai indeks viskositas yang berbeda-beda, aromatik memiliki indeks viskositas yang rendah sedangkan jenis naphthene dan parafin masing-masingnya mempunyai indeks viskositas sedang dan tinggi.

Walaupun demikian, pada prinsipnya fluida hidrolis yang berasal dari minyak bumi ini lebih mempunyai kemampuan alami untuk memindahkan tenaga fluida secara efisien, kualitas pelumasan yang baik, menyebarkan panas yang lebih baik, sesuai (tidak merusak) bahan perapat dan juga tahan lama serta stabil pada temperatur $65^{\circ}C$.

Untuk fluida hidrolik yang berasal dari senyawa air dan glycol, fluida sintetis dan emulsi air dengan minyak adalah merupakan jenis-jenis fluida yang tahan panas (api). Fluida sintetis murni akan lebih mahal dibandingkan dengan jenis lainnya dan juga membutuhkan bahan perapat yang khusus jika dipakai sebagai zat cair di dalam sistem hidrolik. Khusus untuk fluida senyawa air dan glycol biasanya mempunyai berat molekul yang cukup tinggi dan kental karena mengandung kadar campuran airnya kurang lebih 50% dari volume campurannya sehingga dalam penggunaannya sering terjadi penguapan. Untuk itu fluida jenis ini perlu dilakukan monitor terhadap volume campurannya agar senantiasa berada dalam keadaan seimbang. Di samping itu fluida tersebut hanya cocok digunakan untuk temperatur rendah dan tekanan kerja tak lebih 10 MPa.

Suatu hal yang perlu diperhatikan adalah, kendatipun fluida-fluida dari senyawa air dan glycol serta emulsi air dan minyak dapat terhindar dari kebakaran karena adanya kadar air yang ikut bersirkulasi, namun untuk selang waktu yang relatif lama hal tersebut tidak akan dapat dihindari. Dengan perkataan lain tidak satu pun diantara jenis fluida hidrolik secara keseluruhan tahan terhadap api dan akan terbakar jika temperatur kerja terlalu tinggi.

Ada beberapa sifat dan persyaratan yang harus dimiliki oleh setiap fluida hidrolik agar dapat melakukan kerja secara efektif di dalam sistem hidrolik, yaitu (Sullivan,1982)

- 1). Dapat mentransmissikan tenaga
- 2). Berfungsi sebagai pelumasan
- 3). Menyerap panas yang dibangkitkan oleh sistem
- 4). Tidak merusak perapat dan bagian-bagian sistem
- 5). Tetap stabil terhadap perubahan kondisi kerja dan temperatur di dalam sistem

C. Pemakaian Fluida Hidrolik

Tugas utama yang sering dihadapi dan sekaligus juga merupakan permasalahan yang harus diatasi oleh Teknisi dan Mekanik Sistem Hidrolik mesin adalah memilih jenis fluida yang cocok digunakan untuk suatu jenis sistem hidrolik tertentu. Guna menjawab permasalahan tersebut ada beberapa hal yang perlu diperhatikan di dalam melayani sistem-sistem tenaga hidrolik, diantaranya yaitu menyesuaikan jenis fluida berdasarkan ketentuan ataupun standar mesin yang telah ditetapkan dari pabriknya serta dapat memenuhi sifat dan syarat sebagai fluida hidrolik seperti disebutkan di atas. Sebagai langkah pertama yang harus dilakukan dalam hal ini adalah mengadakan konsultasi dengan pabrik

dimana alat kelengkapan dan sistem tersebut dibuat, guna mendapatkan informasi dan data mengenai karakteristik yang dimilikinya.

Sebelum memilih fluida yang akan diisikan ke dalam sebuah mesin yang masih baru atau menambahkannya ke dalam mesin yang sedang bekerja, maka terlebih dahulu hendaklah diperhatikan petunjuk mesin yang ada. Di samping itu harus pula diketahui jenis fluida yang telah diisikan sebelumnya ke dalam mesin tersebut. Hal ini bertujuan untuk menghindari jangan terjadinya campuran yang tidak diinginkan sehingga dapat menimbulkan kerusakan, seperti campuran minyak sintetis dengan minyak bumi biasanya dapat memecahkan perapat sistem sehingga mengakibatkan kebocoran.

Fluida dari jenis senyawa air dan glycol umumnya digunakan untuk sistem-sistem hidrolis yang berhubungan dengan sumber panas atau cenderung menimbulkan resiko kebakaran dan bahaya api. Selain terdiri atas campuran air dan ethylene glycol fluida ini juga dicampur dengan bahan pengental dan bahan tambahan guna mencegah terjadinya korosi (Sullivan, 1982).

Ditinjau dari segi pemakaiannya fluida dari senyawa air dan glycol tersebut dapat dipakai untuk pompa roda gigi, pompa ruji-ruji (vane) yang bertekanan 13 MPa dengan putaran 1200 rpm. Sedangkan pada pompa piston terbatas

hanya untuk jenis pompa piston aksial bertekanan 24 MPa dengan putaran 1200 rpm. Apabila putarannya ditingkatkan mencapai 1750 rpm maka tekanannya justru harus diturunkan di bawah 24 MPa.

Jika dibandingkan pemakaiannya dengan fluida dari minyak bumi maka fluida senyawa air dan glycol ini lebih terbatas penggunaannya yaitu pada sistem-sistem hidrolik, bertekanan rendah dan sedang. Bilamana pemakaiannya melewati tingkat kritis (batas yang diizinkan) dapat menyebabkan terjadinya keausan karena fluida jenis ini memiliki kualitas pelumasan yang rendah. Apalagi mengingat kebanyakan dari komponen-komponen sistem hidrolik dibuat dengan tingkat presisi yang tinggi dan perlu dilumasi guna mencegahnya dari kerusakan.

D. Sifat Sifat Fluida Hidrolik.

Meningkatnya penggunaan teknologi tenaga fluida dewasa ini maka menyebabkan kehadiran mediator pemindahan tenaga atau fluida hidrolik semakin mempunyai arti penting. Oleh karena itu pengetahuan tentang berbagai sifat yang dimiliki fluida tersebut perlu sekali untuk diketahui, agar supaya dapat:

- 1). Memahami berbagai rincian tentang cara kerja dari sistem hidrolik yang digunakan

- 2). Melakukan perhitungan yang benar tentang rangkaian-rangkaian sistem
- 3). Melakukan pilihan ataupun penggunaan yang tepat atas setiap fluida hidrolik.

Dengan demikian berarti bahwa untuk menilai dan menetapkan suatu media perantara pemindahan tenaga yang hanya didasarkan pada sifat-sifat dasar fluida hidrolik seperti, massa jenis, viskositas, mampu dimampatkan, titik nyala dan titik beku, seolah-olah kurang memadai. Jadi, perlu pula dipertimbangkan sifat-sifat fluida hidrolik yang baru akan diketahui (terlihat) setelah sistem hidrolik tersebut bekerja dalam masa waktu yang cukup panjang. Beberapa diantara sifat ini adalah, pembentukan busa, tahan korosi dan oksidasi, tahan terhadap penuaan serta tidak menimbulkan bahaya kesehatan.

1. Massa Jenis Fluida

Massa jenis atau kerapatan suatu fluida adalah jumlah massa yang dimilikinya dalam setiap satuan volume fluida tersebut, atau merupakan perbandingan antara massa yang dimiliki terhadap volumenya

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ kg/m}^3$$

Massa jenis fluida hidrolis pada umumnya dinyatakan pada temperatur 20°C dan tekanan 1 bar, dimana untuk perhitungan yang cukup sederhana ditetapkan besarnya rata-rata = 900 kg/m³. Namun demikian suatu hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa massa jenis tersebut dipengaruhi oleh kondisi temperatur dan tekanan. Nilainya akan berkurang apabila mengalami kenaikan temperatur dan bertambah besar jika tekanannya meningkat.

Pada tekanan mutlak 1 bar massa jenisnya untuk temperatur t°C dihitung dengan rumus (Krist, 1991):

$$\rho_t = \frac{\rho_{20^\circ\text{C}}}{1 + \alpha_t (t - 20)} \text{ kg/m}^3$$

dimana, ρ_t = massa jenis pada temperatur °t C

ρ_{20} = massa jenis rata-rata pada
temperatur 20°C

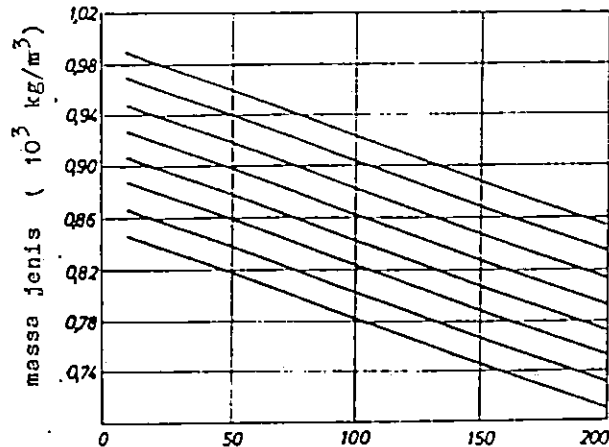
α_t = Koefisien koreksi temperatur pada
harganya dapat dilihat dalam Tabel

Tabel 3-1. Nilai Faktor Koreksi Temperatur α_t

Untuk massa jenis 20°C	Nilai Koefisien
0,88 - 0,89	0,00066
0,89 - 0,90	0,00065
0,90 - 0,91	0,00063

sumber : Hidraulika; Krist,
Erlangga, 1991

Secara grafis bentuk hubungan antara massa jenis dengan peningkatan temperatur tersebut dapat dilukiskan seperti pada gambar 3-2



sumber : Hidraulika; Krist, Erlangga, 1991 temperatur °C

Gambar 3-2 Grafik hubungan massa jenis dan Temperatur fluida

Hubungan antara massa jenis fluida dengan perubahan tekanannya dapat ditentukan melalui rumus: (Krist, 1991)

$$\rho_p = \frac{\rho_{20^\circ\text{C}}}{1 - x(p_2 - p_1)}$$

dimana, ρ_p = masa jenis fluida pada tekanan p

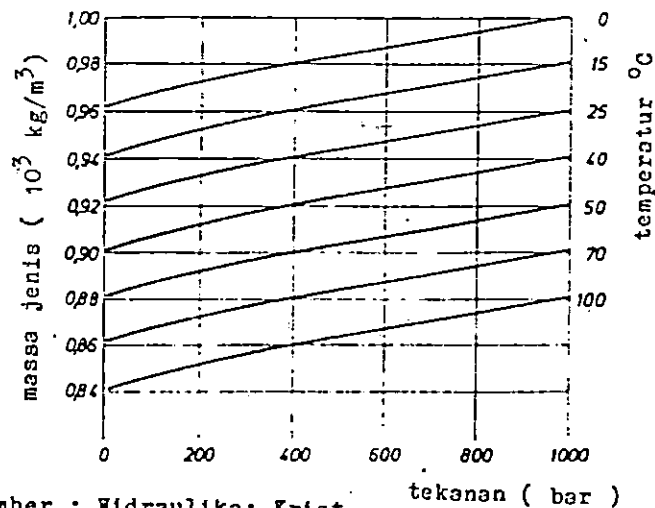
p_2 = tekanan pada kondisi akhir

p_1 = tekanan pada kondisi awal

x = faktor kemampumampatan fluida

Meningkatnya massa jenis fluida bersamaan dengan meningkatnya tekanan menyebabkan fluida tersebut akan

menjadi lebih kaku (lebih rapat). Hal ini terlihat dari bentuk grafik yang dihasilkan oleh hubungan antara massa jenis dengan temperatur dan tekanan seperti pada gambar 3-3



sumber : Hidraulika; Krist, Erlangga, 1991

Gambar 3-3 Grafik Hubungan Massa Jenis dan Tekanan Fluida

2. Kemampumampatan Fluida

Sifat kemampumampatan fluida adalah merupakan faktor dimana suatu fluida dapat dimampatkan satu sama lain yaitu berkurangnya volume pada waktu peningkatan tekanan atau sebaliknya bertambahnya volume bilamana mengalami penurunan tekanan.

Dengan demikian, jika diberikan tekanan pada fluida hidrolik akan menyebabkan volumenya bertambah lebih kecil

karena dipengaruhi oleh sifat tersebut. Namun biasanya antara perubahan volume dengan perubahan tekanan itu terjadi keseimbangan yang diperoleh dari hubungan:

$$V_p = V_o \times \Delta p$$

dimana, V_p = adalah volume mula-mula sebelum terjadinya perubahan tekanan

Δp = perubahan tekanan

x = faktor kemampumampatan

Faktor kemampumampatan ini pada kebanyakan kasus diberikan berbanding terbalik dengan modulus elastisitas volumenya atau disebut juga modulus bulk, yaitu merupakan ratio dari perubahan tekanan yang dialami fluida terhadap regangan perubahan volumenya.

$$x = \frac{1}{K}$$

dimana, K = Modulus kemampumampatan atau elastisitas bulk fluida

3. Viskositas Fluida.

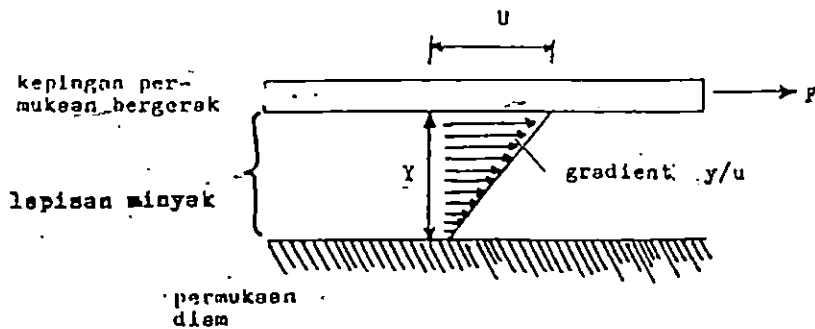
Viskositas atau kekentalan merupakan sifat fluida hidrolik yang amat penting untuk diketahui dalam melayani sistem-sistem hidrolik, karena sifat ini menunjukkan

kemampuan sesuatu fluida menahan aliran pada temperatur tertentu. Jadi, viskositas juga merupakan ciri untuk hambatan (gesekan dalam aliran), yang dapat digunakan untuk mengenal dan membedakan berbagai jenis fluida. Biasanya diberikan suatu bilangan tertentu sebagai penunjuk kekentalannya.

Fluida dengan viskositas tinggi akan lebih tebal dan cenderung sulit untuk mengalir dibandingkan dengan fluida berviskositas rendah, yang lebih tipis dan mudah mengalir. Hal ini berarti bahwa jika menggunakan fluida yang lebih kental (viskositas tinggi) menyebabkan sukar untuk dipompakan sehingga menimbulkan kelambanan (seret) dalam bekerja, transmissi tenaga kurang efisien serta dapat pula menghasilkan panas di dalam aliran fluida. Akan tetapi bilamana menggunakan fluida dengan viskositas rendah (lebih encer) justru dapat menyebabkan terjadinya slip di dalam pompa sehingga akan menimbulkan kebocoran melalui celah perapat, tekanan sistem lebih rendah dan mempercepat keausan karena lapisan minyak yang tipis.

Pada dasarnya terdapat dua cara untuk menyatakan viskositas fluida tersebut, yaitu viskositas dinamik (absolut) dan viskositas kinematik. Viskositas dinamik atau sering juga disebut sebagai koefisien viskositas adalah gaya yang dibutuhkan untuk dapat menggerakkan

sekeping plat dengan luas tertentu di atas permukaan lapisan fluida (minyak) dalam setiap satu satuan kecepataannya. Hal ini dapat dipelajari melalui gambar 3-4.



Gambar 3-4 Viskositas Absolut

Jika, U = kecepatan partikel-partikel fluida yang berkontak dengan plat, dimana kecepataannya sama dengan kecepatan plat

Y = tebal lapisan fluida

F = gaya viskositas untuk menggerakkan kepingan plat

A = luas kepingan (permukaan) plat

maka gaya viskositas fluida adalah:

$$F = A \cdot \frac{U}{Y}$$

$$F = \mu \cdot A \cdot \frac{U}{Y}$$

$$\text{atau, } \frac{F}{A} = \mu \frac{U}{Y}$$

$$\mu = \frac{F}{A \cdot \frac{U}{Y}}$$

$$\mu = \frac{\tau}{\left(\frac{U}{Y} \right)} \quad \text{N}\cdot\text{det/m}^2$$

dimana, μ = Viskositas dinamik (koefisien viskositas)

τ = tegangan viskositas

Adapun viskositas kinematik adalah perbandingan antara viskositas dinamik sesuatu fluida terhadap massa jenisnya, yaitu:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{m}^2/\text{det}$$

Untuk keperluan perencanaan viskositas tersebut dapat dinyatakan dalam tiga bentuk satuan, yaitu satuan Inggeris Metrik Tradisional dan sistem Satuan Internasional seperti tertera dalam Tabel 3-2

Tabel 3-2 Daftar satuan viskositas fluida

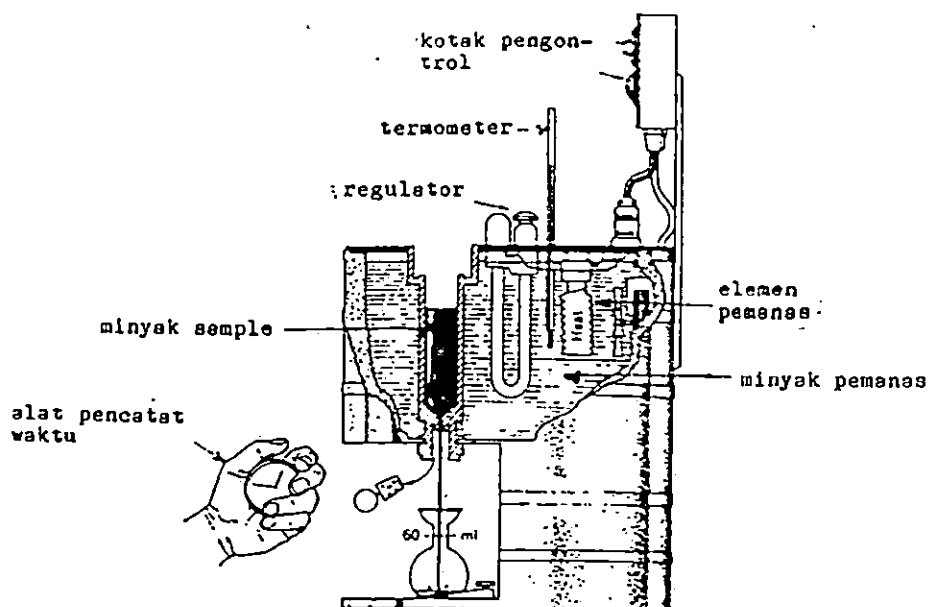
Sistem Satuan	Viskositas Dinamik	Viskositas Kinematik
Satuan Internasional (SI)	N. det/m ² (Pa - det)	m ² /det
Metrik Tradisional	dyne-det/cm ² (Poise)	cm ² /det (stokes)
Inggeris	lb-sec/ft ² lb-sec/in ² SSU	ft ² /sec in ² /sec

sumber : Fluid Power; Sullivan, Virginia, 1982 .

Selain dari pada satuan-satuan yang terdapat didalam tabel di atas dikenal lagi satuan viskositas fluida yang dinyatakan dengan angka SAE (Society of Automotive Engineers) seperti, SAE 5W; 10W; 20W; 30; 40 dan sebagainya (Deere, 1982).

Viskositas absolut dengan satuan SSU ditentukan melalui percobaan mempergunakan piranti Viscometer Saybolt seperti terlihat pada gambar 3-5

Tahanan fluida terhadap aliran diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan fluida tersebut mengalir melalui sebuah orifis pada temperatur konstan 37,7° C dan 98,8°C dengan volume alir 60 ml. Waktu yang diperlukan oleh fluida mengalir melalui orifis yang terdapat pada piranti

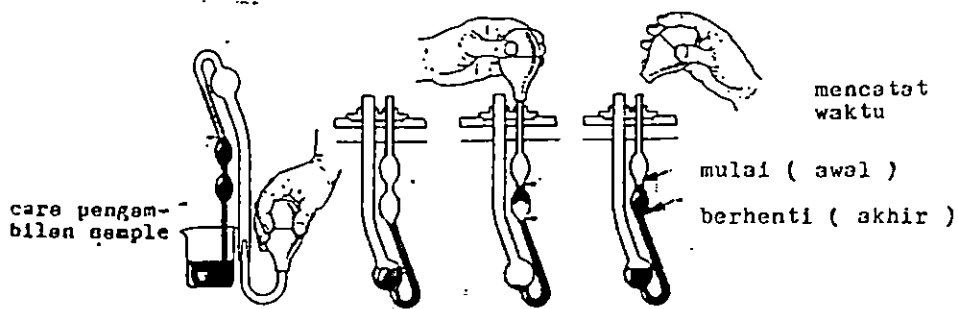


sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1962

Gambar 3-5 Piranti Viskositas Saybolt

tersebut menyatakan sebagai kekentalan (viskositas) dengan satuan SSU (Second Saybolt Universal) pada temperatur tertentu.

Adapun viskositas kinematik dengan satuan cSt (centistokes) dan viskositas dinamik dalam satuan cP (centipoise) dapat pula ditentukan dengan piranti percobaan seperti tampak dalam gambar 3-6.



Sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 3-6 Viskometer Kinematik

Ke dalam peralatan ini dimasukan fluida dengan jumlah tertentu kemudian diukur waktu yang dibutuhkannya mengalir turun melalui pipa kapiler secara bebas (grafitasi) untuk dua batasan temperatur yang diinginkan. Selanjutnya untuk menentukan viskositas kinematik fluida yang diuji harus dilakukan pengoreksian terhadap waktu alir yang diperoleh dengan faktor kalibrasi (koreksi) alat.

Kemudian Redwood dan Saybolt (dalam R.S Khurmi, 1983) mengemukakan rumus untuk menghitung koefisien viskositas atau viskositas dinamik sebagai berikut:

$$\mu = 0,00229 t - \frac{1,95}{t} \times Sg \quad \text{poise}$$

(untuk waktu sampai 100 detik)

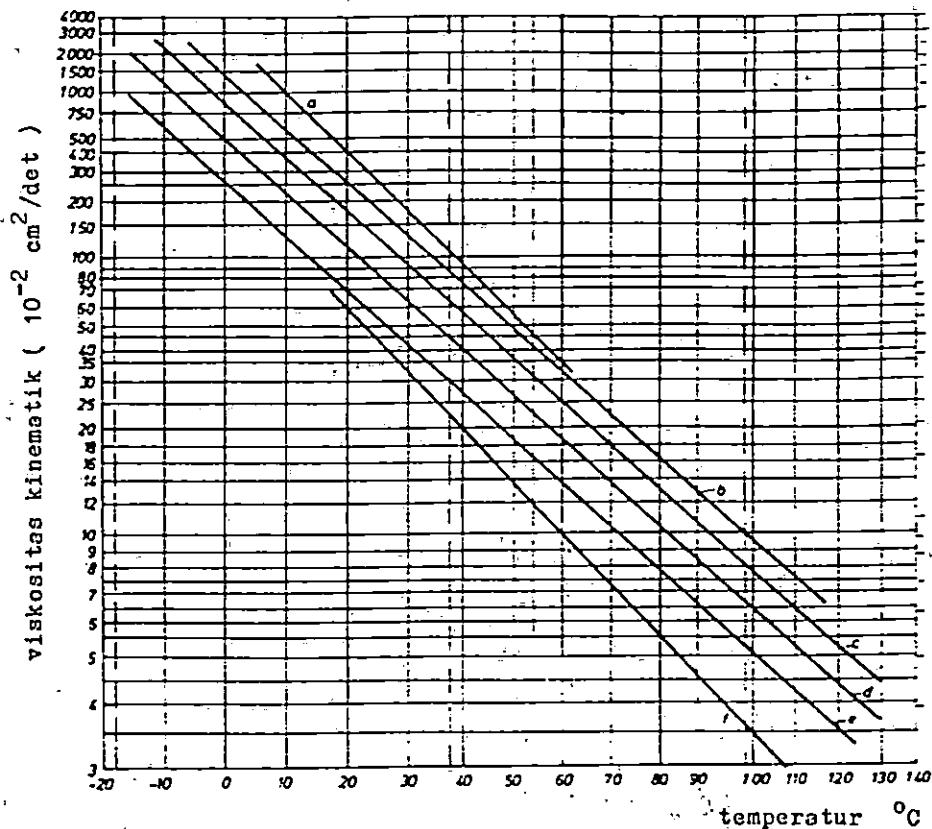
$$\mu = 0,0022 t - \frac{1,80}{t} \times Sg \quad \text{poise}$$

(untuk waktu lebih 100 detik)

Suatu hal yang perlu pula diketahui bahwa viskositas tersebut sangat bergantung pada perubahan temperatur. Fluida hidrolis akan menjadi tipis dan encer jika temperaturnya naik serta lebih kental dan tebal apabila mengalami penurunan temperatur. Jadi, dari prakteknya dalam memilih fluida tidak lain dan sesuai dengan temperatur kerja mesin. Fluida dengan viskositas yang baik yaitu fluida dimana keadaannya selalu stabil atau seimbang antara kekentalan dan keencerannya, sehingga selalu dapat mencegah terjadinya kebocoran dan dapat berfungsi sebagai pelumas yang baik serta mudah mengalir melalui komponen-komponen sistem hidrolis.

Hubungan antara viskositas fluida dengan perubahan temperatur tersebut dapat dilukiskan seperti pada gambar 3-7. Setiap jenis fluida atau minyak hidrolis mempunyai bentuk kurva tersendiri, dimana semakin datar kurvanya berarti semakin kecil ketergantungannya pada perubahan temperatur.

Untuk dapat membandingkan perilaku masing-masing fluida sehubungan dengan perubahan temperatur tersebut digunakan pengertian indeks viskositas yaitu angka kestabilan sesuatu fluida terhadap perubahan temperatur. Fluida hidrolis yang tetap dapat stabil pada waktu mengalami perubahan temperatur yang cukup arti mempunyai indeks



sumber : Hidraulika; Krist,
Erlangga, 1991

Gambar 3-7. Grafik Hubungan Viskositas dan Temperatur Fluida

viskositas tinggi dan sebaliknya bagi fluida yang cukup peka terhadap perubahan temperatur akan memiliki indeks viskositas yang rendah. Biasanya indeks viskositas (V I) ini ditentukan membandingkan perubahan viskositas suatu fluida diantara temperatur 37,8°C dan 99,8°C terhadap dua jenis fluida standar yang mempunyai indeks viskositas (VI) 0 dan 100 sebagai acuan.

4. Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik nyala adalah temperatur terendah yang dimiliki oleh suatu fluida hidrolik saat mana terjadinya begitu banyak campuran uap minyak (fluida) dengan udara sehingga karena adanya api akan menyala. Pada minyak hidrolik titik ini umumnya berkisar antara temperatur 150°C dan 200°C , tercuali untuk jenis minyak tertentu dapat mencapai hingga 245°C .

Di dalam sistem hidrolik temperatur kerjanya kebanyakan hanya mencapai kurang lebih 50°C , sehingga hampir tidak pernah ada bahaya akan terbakarnya minyak sewaktu beroperasi. Namun demikian perlu diwaspadai terutama dalam pemakaian fluida hidrolik yang mudah terbakar. Pada keadaan tertentu fluida hidrolik tersebut memang mudah terbakar apalagi jika jenis yang digunakan kurang mempunyai sifat-sifat pelumasan yang baik sehingga dapat menyebabkan timbulnya gesekan dan sekaligus menaikkan temperatur, akan tetapi kebakaran minyak oleh penyalaan setempat biasanya tidak akan menjalar ke bagian fluida yang lain.

Adapun titik bakar dalam hal ini diartikan sebagai temperatur dimana permukaan suatu fluida hidrolik akan terbakar di dekat nyala api. Keadaan tersebut umumnya terjadi sekitar 40°C di atas temperatur titik nyalanya.

Dalam Tabel 3-2 diperlihatkan harga titik nyala beberapa jenis minyak hidrolik tersebut.

Tabel 3-2 Harga Titik Nyala dan Titik beku, Fluida Hidrolik

Zar cair	Massa Jenis kg/dm ³	Kalor jenis c kJ/kg°C	Titik beku ° C	Titik Nyala ° C
1. Zat cair yang berair				
a). Emulasi air dalam minyak shell S 4899	0,920 0,939		-9 -15	
b). Larutan glycol dalam air Genodyn F	1,080 1,134	2,27	-35 -15	230
S	1,134	2,27	-45	190
Mobil Nyvac be	1,080		-35	
Ucon hydrolube				
150 cP	1,083	2,86	-40	
275 cP	1,084	2,86	-32	
550 cP	1,085	2,86	-30	
2. Zat cair yang bebas air (minyak-minyak hidrolik sentetis)				
a). Di-ester	0,910		-60	235
b). Ester asam fosfat				
Kualitas normal	1,130		-48	
Kualitas ekstra	1,360		-8	
Elaol FR	1,197	1,47	-37	230
Mobil Pyragard 53	1,160	1,59	-18	260
Pydraul 150	1,137	1,68	-48	293
F 9	1,287	1,34	-20	220
Shell Fluid FR	1,331		-15	165
Skydrol 500	1,080	1,59	-65	180
c). K.W. yang diklor	1,420		-12	
d). Minyak silikon				
e). ATF	0,882		-45	192
Mobil DTE minyak ringan	0,871		-8	218
berat pertengahan	0,885		-9	232
berat	0,889		-9	243
Mobilfluid 93	0,870		-30	175
Shell Clavus 17	0,873		-50	160
Tellus 27	0,883		-25	215
Tellus 33	0,893		-25	230

sumber : Hidraulika; Krist, Erlangga, 1991

5. Ketahanan Terhadap Penuaan.

Ketahanan terhadap penuaan adalah daya tahan atau hambatan yang dapat dilakukan oleh suatu fluida hidrolik terhadap pencemaran secara kimiawi, seperti oleh adanya udara, air, berbagai jenis logam dan pengaruh temperatur tinggi. Jadi, proses penuaan fluida hidrolik adalah disebabkan oleh oksidasi yang ditimbulkan persenyawaan hidrocarbon dan oksigen dari udara yang terdapat di dalam fluida tersebut. Disamping itu juga dihasilkan oleh proses polimerisasi, yaitu berangkainya molekul-molekul kecil menjadi molekul-molekul yang lebih besar.

Proses oksidasi tersebut akan menyebabkan terbentuknya pengasaman dan perubahan kimiawi, dimana laju reaksinya akan dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut:

- 1). Kecendrungan fluida atau minyak untuk melarutkan udara
- 2). Temperatur yang relatif tinggi
- 3). Kemungkinan terserapnya oksigen dalam fluida ketika beroperasi
- 4). Pengaruh katalisasi dari partikel-partikel logam yang dibasahi minyak dan kotoran lainnya

Sedangkan pengaruh polimerisasi dalam hal ini disebabkan oleh bagian-bagian fluida hidrolik terutama yang mengandung aromatik akan membentuk lapisan-lapisan endapan yang

lengket, sehingga akan menyebabkan terjadinya berbagai gangguan sewaktu pengoperasian sistem hidrolik. Sehubungan dengan pengaruh penuaan diatas maka untuk meningkatkan ketahanan alami dari fluida hidrolik perlu ditambahkan bahan-bahan aktif, yang berfungsi untuk menghalangi reaksi-reaksi berantai dari kedua pengaruh tersebut. Apalagi produk-produk endapan yang mengandung asam, jika berdekatan dengan kelembaban. (basa) dapat menjurus ke arah terbentuknya korosi, Bahan-bahan tambahan dimaksud disebut sebagai zat inhibitor oksidasi dan korosi, diantaranya yaitu kombinasi persenyawaan belerang dan posfor (inhibitor FS).

6. Pembentukan Busa

Kecendrungan terbentuknya busa di dalam fluida hidrolik belum sepenuhnya diketahui penyebabnya, namun dari pengalaman menunjukkan bahwa hal-hal berikut ini memberikan peranan terhadap timbulnya busa.

- 1). Keanekaragaman dan ketidaksamaan kualitas unsur-unsur dalam campuran fluida (minyak).
- 2). Tegangan permukaan fluida yang terlampau tinggi.
- 3). Viskositas fluida hidrolik yang tak berguna untuk rangkaian sistem.

- 4). Adanya kotoran dan air didalam fluida hidrolik serta kesalahan campuran minyak dari jenis-jenis berlainan.
- 5). Kerja yang kurang baik sistem hidrolik.

Selain dari hal-hal tersebut diatas penyimpangan-penyimpangan di dalam pemasangan dan susunan rangkaian sistem yang kurang sempurna juga dapat merupakan penyebab terbentuknya busa, seperti:

- 1). Reservoir atau tangki fluida yang terlampau sempit serta pengisian fluoda yang mencukupi sehingga menyebabkan terjadinya turbolensi yang kuat dan fluida akan menyerap udara.
- 2). Pompa menghisap udara melalui pipa isap yang bocor
- 3). Ujung pipa saluran balik fluida tidak berada dibawah permukaan fluida dalam tangki.
- 4). Tidak terdapat pembebas udara yang memadai di dalam rangkaian sistem, sehingga mesin tertinggalnya gelembong-gelembung udara di dalam pipa saluran.

Berkaitan dengan kecendrungan terbetuknya busa tersebut maka kebanyakan fluida hidrolik perlu tambahan bahan-bahan anti busa, seperti minyak silikon.

7. Kemampuan Menghanyutkan Kotoran

Pencemaran yang disebabkan oleh pertikel-pertikel logam, sisa-sisa pengikisian dan kotoran-kotoran kecil lainnya dapat merusak berbagai komponen dan kelengkapan sistem. Oleh karena itu semua bahan-bahan pencemar ini tidak boleh mengendap terlalu cepat di dalam rangkaian, artinya harus terbawah hanyut sewaktu berlansungnya sirkulasi fluida terus menuju ke saringan atau masuk ke reservoir dan mengendap.

Sifat menghanyutkan tersebut tergantung pada beberapa faktor, yaitu: massa jenis, viskositas fluida dan susunan kimiawinya.

8. Tahan Terhadap Pembentukan Emulsi

Oleh karena selalu saja ada bahaya akan masukan air, maka pada batas-batas tertentu fluida hidrolis harus tahan terhadap pencemaran dengan air, terutama fluida dari jenis minyak. Masuknya air ke dalam minyak hidrolis tidak akan membentuk senyawa kimia, tetapi justru terbentuknya emulsi (penyebaran yang sangat halus dari suatu zat cair ke dalam cairan lainnya). Dengan demikian fluida hidrolis haruslah bersifat demulsibility, karena hal tersebut dapat menimbulkan:

- 1). Menurunnya sifat-sifat pelumasan yang baik
- 2). Berubahnya viskositas, massa jenis dan mampu-tekan fluida
- 3). Terbentuknya gelembung-gelembung uap
- 4). Terbentuknya korosi dalam rangkaian sistem.

Contoh Soal 3-2

Akibat dari peningkatan pembebanan fluida dalam sebuah selinder kerja elevator hidrolik mengalami perubahan tekanan dari 650 bar menjadi 1350 bar. Jika modulus bulk fluida tersebut $K = 23.500$ bar berapakah perubahan volume yang diharapkan.

Penyelesaian.

Perubahan volume yang terjadi, yaitu:

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{V_1 (p_2 - p_1)}{K} \\
 &= \frac{1 (1350 - 650)}{23\ 500} = 0,0297
 \end{aligned}$$

Contoh Soal 3.2

Sekeping plat digeserkan di atas kepingan plat lainnya yang diam, dimana diantara celahnya terdapat minyak. Jika

celahnya 0,0025 cm dan plat bergerak dengan kecepatan 60 cm/det dan membutuhkan gaya geser 2 N/m², tentukanlah viskositas minyak yang terdapat diantara celah plat tersebut.

Penyelesaian:

Diketahui, $Y = 0,0025 \text{ cm}$

$U = 60 \text{ cm/det} = 0,6 \text{ m/det}$

$\tau = 2 \text{ N/m}^2$

Jadi koefisien viskositas adalah,

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\tau Y}{U} \\ &= \frac{2 \cdot 0,000025}{0,6} \\ &= 0,833 \times 10^{-5} \text{ N-det/m}^2 \end{aligned}$$

Contoh Soal 3-3

Suatu fluida dengan spesifik gravitasi 0,9 diselidiki viskositasnya perantaraan peralatan viskometer Saybot. Fluida dipanaskan pada temperatur tertentu (konstan), kemudian dilepaskan mengalir melalui orifis sebanyak volume standard 60 ml. Ternyata selama percobaan dilakukan fluida membutuhkan waktu alir 35 detik, tentukanlah koefisien viskositas kinematiknya.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Penyelesaian.

Koefisien visikositas adalah,

$$\begin{aligned}\mu &= 0,00226 \text{ t} - \frac{1,95}{t} \times \text{sg} \\ &= 0,00226 (35) - \frac{1,95}{35} \times 0,9 \\ &= 0,02894 \text{ poise}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{atau,} \quad &= 0,1 \times 0,02894 \text{ N-det/m}^2 \\ &= 0,002894 \text{ N-det/m}^2\end{aligned}$$

Visikositas Kinematiknya adalah,

$$\begin{aligned}v &= \frac{\mu}{\rho} \\ &= \frac{0,002894}{0,9 \times 10^3} = 0,32155 \text{ m}^2/\text{det}\end{aligned}$$

E. Soal-soal

1. Sebutkan empat jenis fluida hidrolis yang biasa digunakan dalam sistem-sistem hidrolis mesin.
2. Apakah perbedaan antara viskositas absolut dan viskositas kinematik.
3. Apakah yang dimaksudkan dengan indek visikositas.

4. Sebutkan syarat-syarat yang harus dimiliki fluida hidrolis!
5. Suatu fluida mempunyai viskositas 0,06 poise dan spesifik gravity 0,9, tentukanlah viskositas kinematiknya.
6. Jelaskan apa yang dimaksud dengan titik nyalâ dan titik bakar.

BAB IV

ENERGI DALAM SISTEM HIDROLIK

A. Pengantar

Pada dasarnya ada dua bentuk energi yang dimiliki oleh aliran fluida yang mengalir melalui rangkaian-rangkaian pemipaan sistem hidrolik mesin yaitu:

- 1). Energi potensial, merupakan bentuk energi yang timbul karena perbedaan ketinggian aliran dan tekanan yang dihasilkan pompa hidrolik karena adanya pembebanan dan muatan.
- 2). Energi kinetik yang dihasilkan oleh gerakan suatu aliran fluida melewati pipa-pipa dan komponen-komponen sistem hidrolik.

Kedua bentuk energi tersebut dimasukkan ke dalam sistem hidrolik sebagai masukan (input) melalui pompa hidrolik dan kemudian diambil kembali dari sistem perantaraan selinder atau motor hidrolik guna menggerakkan dan memindahkan beban sebagai keluaran (outputnya).

Jumlah energi total aliran yang bekerja di dalam sistem ini selalu dipandang konstan, sementara kehilangan energi akibat gesekan aliran akan menyebabkan terjadinya

penurunan tekanan yang dalam hal ini dipandang sebagai kehilangan tenaga.

Pengaruh dari gesekan aliran ketika melalui sambungan pipa seperti sambungan siku, sambungan T dan katup-katup pengatur lebih sering dijumpai pada sistem-sistem hidrolis. Oleh karena itu perlu ditetapkan suatu faktor koreksi di dalam menghitung panjang-ekivalent pipa guna menentukan besarnya kehilangan tenaga yang terjadi, sekaligus merencanakan rangkaian pemipanya.

Apabila panjang total pipa aliran dan panjang ekuivalen dari total kerugian yang dialami telah diketahui maka kerugian energi total aliran akibat gesekan dapat dihitung sehingga sekaligus penurunan tekanan di dalam sistem juga dapat ditentukan.

B. Tekanan dan Tinggi Tekanan.

Tekanan dapat didefinisikan sebagai gaya normal yang bekerja secara tegak lurus pada suatu permukaan bidang. Jika F adalah gaya yang bekerja sedangkan A luas permukaan bidang, maka tekanan yang dihasilkan ialah:

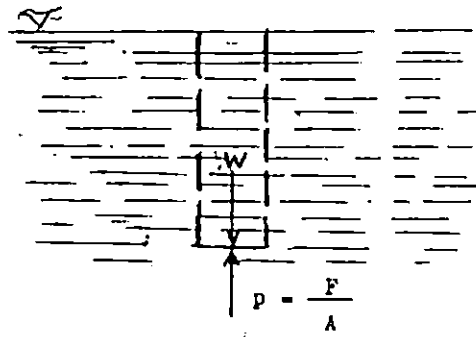
$$p = \frac{F}{A}$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Menurut satuan Internasional (SI unit) tekanan tersebut dinyatakan dalam satuan Paskal (Pa) atau N/m^2 . Jadi jika bidang seluas $A = 1 \text{ m}^2$ dan bekerja gaya $F = 1 \text{ N}$ maka tekanannya adalah,

$$p = \frac{F}{A} = \frac{1}{1} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

Pada sistem-sistem hidrolik mesin tekanan itu biasa juga dinyatakan dalam pengertian tinggi tekanan atau tinggi hidrolik, dengan satuan meter kolom zat cair. Tinggi hidrolik tersebut pada prinsipnya merupakan suatu kenaikan kolom zat cair sebagai akibat adanya tekanan statik fluida yang bekerja di dalam penampang arus aliran. Jika ditinjau dari segi ketinggiannya tekanan hidrolik justru merupakan suatu bentuk energi, yaitu energi potensial karena pengaruh intensitas tekanan.



Gambar 4-1. Kolom Zat Cair

Apabila, $p = \text{tekanan statik fluida } \text{N/m}^2$

$h = \text{tinggi kolom zat cair } \text{m}$

$g = \text{gravitasi bumi } \text{m/det}^2$

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

maka tekanan pada luas kolom dengan kedalaman (h) dari permukaan fluida seperti terlihat dalam gambar 4-1 di atas adalah:

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{\text{Berat kolom}}{\text{luas alas}} \\
 &= \frac{\text{massa} \times \text{gravitasi}}{\text{luas alas kolom}} \\
 &= \frac{\text{volume} \times \text{massa jenis} \times \text{gravitasi}}{\text{luas alas kolom}} \\
 &= \frac{\text{luas alas} \times \text{tinggi} \times \text{massa jenis} \times g}{\text{luas alas kolom}} \\
 &= \text{massa jenis} \times \text{gravitasi} \times \text{tinggi}
 \end{aligned}$$

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Adapun tinggi tekanan yang dihasilkan ekuivalen dengan kolom zat cair, sebesar

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g}$$

Untuk satu 1 m^3 air yang beratnya 9810 N pada tekanan 1 atm (10^5 N/m^2) menghasilkan tinggi tekanan senilai

$$\begin{aligned} h &= \frac{p}{9810} = \frac{10^5}{9810} \\ &= 1,02 \cdot 10^{-4} \quad (\text{maka}) \\ &= 1,02 \cdot 10^{-4} (105) \\ &= \pm 10 \text{ mka} . \end{aligned}$$

Sebagaimana diketahui pada sistem-sistem hidrolik media yang digunakan sebagai fluida kerja umumnya adalah minyak bumi dan minyak sentetis, yang mempunyai berat jenis relatif atau spesifik gravity lebih kecil dibandingkan dengan air. Oleh karena itu di dalam menentukan massa jenisnya perlu dikonversikan terhadap massa jenis air sebagai fluida acuan (standar), yaitu ($\times 1000 \text{ kg/m}^3$)

Jika spesifik gravity fluida hidrolik diketahui, maka intensitas tekanan yang dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned} p &= 9810 s_g \cdot h \\ \text{atau, } h &= \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p}{s_g} \end{aligned}$$

dimana: p = tekanan statik fluida hidrolik (Pa)

h = tinggi kolom fluida (m)

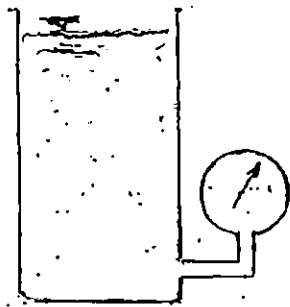
s_g = spesifik gravity

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Contoh Soal. 4-1

Hitunglah pembacaan tekanan yang ditunjukkan oleh alat pencatat tekanan yang dipasang pada bagian bawah tangki dengan ketinggian 15 m seperti gambar 4-2 dan spesifik gravity nya adalah 0,85

Penyelesaian.



Gambar 4-2. Gambar Contoh Soal 4-1

Tekanan adalah,

$$\begin{aligned} p &= 9810 \cdot s_g \cdot h \\ &= 9810 \cdot 0,85 \cdot 15 \\ &= 125077,5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Contoh Soal 4-2

Ubahlah suatu pembacaan tekanan hidrolik, 13,79 MPa ke dalam pengertian tinggi tekanan jika fluida yang digunakan mempunyai $s_g = 0,83$

Penyelesaian.

Tinggi tekanan adalah,

$$h = \frac{1,02 \cdot 10^{-4} p}{s_g}$$

$$= \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot 13,79 \cdot 10^6}{0,83}$$

$$= 1695 \text{ m}$$

C. Energi Pontensial dan Energi Kinetik

Energi yang berasal dari pesawat penggerak mula sistem-sistem hidrolik mesin akan diubah bentuknya menjadi energi lain yang berguna untuk keperluan sistem. Misalnya energi kerja popa sebagai input sistem akan diubah kedalam bentuk energi aliran untuk menghasilkan kecepatan dan tekanan aliran sehingga dapat menggerakkan selinder atau motor hidrolik. Kemudian energi gerak dan tekanan ini diubah kembali menjadi energi mekanik untuk melakukan kerja mengangkat dan memindahkan beban sebagai output sistem.

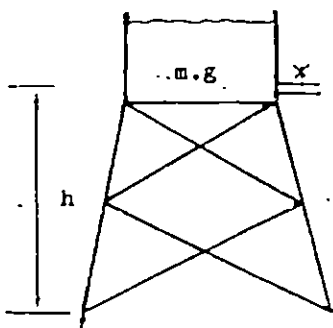
Adapun pesawat penggerak mula yang dimaksudkan disini biasanya adalah motor-motor listrik dan mesin-mesin pembakaran di dalam seperti motor bensin, diesel dan sebagainya. Walaupun terdapat bermacam-macam sumber energi lainnya sebagai penggerak mula sistem, namun kebanyakan sistem hidrolik lebih banyak menggunakan motor-motor listrik dan motor-motor bakar karena terpecaya dalam memberikan gaya dorong untuk meningkatkan energi di dalam sistem.

Energi total yang diperoleh dari aliran fluida di dalam sistem terdiri atas energi potensial karena pengaruh perbedaan ketinggian awal (EPE), energi potensial akibat tinggi tekanan sistem (PE) serta energi kinetik (KE) yang timbul karena kecepatan aliran fluida. Jadi jumlah energi yang ada di dalam sistem hidrolik adalah:

$$E_{\text{tot}} = \text{energi potensial} + \text{energi tekanan} + \text{energi kinetik}$$

$$= \text{EPE} + \text{PE} + \text{KE}$$

Energi potensial yang diperoleh dari satuan fluida adalah sama dengan menjatuhkan sebuah benda pada suatu ketinggian tertentu atau gaya berat yang dimilikinya terhadap permukaan bumi (bidang acuan yang ditetapkan). Jika sejumlah fluida berada dalam ketinggian di atas bidang acuan seperti pada gambar 4-3 maka energi potensialnya ialah:



$$\text{EPE} = m g z$$

dimana, m = massa pluida

g = grafitasi

z = tinggi (elevasi)

Gambar 4-3. Energi Potensial

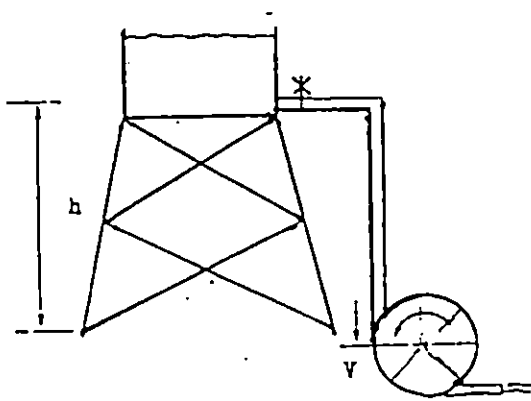
Energi potensial ini pada sistem-sistem hidrolik lebih diinginkan guna melakukan dorongan, yang biasanya ditentukan atau dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan sebuah pompa dengan tinggi hidrolik (head pompa) tentunya, Energi potensial tekanan ini timbul karena kolom zat cair pada ketinggian karena yang bekerja pada fluida, yang besarnya adalah:

$$\begin{aligned}
 PE &= m \cdot g \cdot z \\
 &= m \cdot g \cdot \frac{p}{\rho} \\
 &= m \cdot g \cdot \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p}{\rho_g}
 \end{aligned}$$

Apabila di dalam sistem hidrolik terjadi aliran fluida maka energi potensial berubah bentuk menjadi energi gerak (kinetik) aliran. Energi potensial dan energi kinetik dalam hal ini merupakan dua bentuk energi yang saling dapat berubah bentuk. Sebagai contohnya adalah jika jumlah massa fluida dijatuhkan dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah maka energi potensialnya makin lama semakin berkurang (menghilang) dan seiring dengan itu energi kinetiknya bertambah dengan jumlah yang sama sampai mencapai energi potensial awal fluida.

Hal ini sesuai dengan pernyataan hukum kekekalan energi, yang menyatakan energi tak dapat di ciptakan atau dimusnahkan kecuali merubah bentuknya (Sullivan, 1982).

Pada Gambar 4-4 diperlihatkan salah satu contoh bentuk perubahan energi tersebut dimana sejumlah massa fluida dijatuhkan dari keadaan diam pada ketinggian tertentu, mengalir melalui pipa untuk menggerakkan kincir.



Jika,

z = tinggi jatuh aliran

V_0 = kecepatan awal aliran
(dalam hal ini diam)

V = kecepatan akhir (mendorong kincir)

g = grafitasi bumi

v = kecepatan jatuh rata-rata

Gambar 4-4. Energi Kinetik Aliran

maka waktu diperlukan untuk jatuh dari ketinggian h meter tersebut adalah:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{\text{tinggi jatuh aliran}}{\text{kecepatan rata-rata}} \\
 &= \frac{z}{\frac{1}{2} (V_0 + V)}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{z}{\frac{1}{2}(0 + V)} = \frac{z}{\frac{1}{2}V}$$

$$= \frac{2z}{V}$$

sementara percepatan yang dialami gerak jatuh aliran fluida ialah:

$$g = \frac{\text{perubahan kecepatan}}{\text{waktu}}$$

$$= \frac{V - 0}{t} = \frac{V}{\frac{2z}{V}} = \frac{V^2}{2z}$$

$$\text{atau, } \frac{1}{2} V^2 = g z$$

Selanjutnya nilai $(\frac{1}{2} V^2)$ ini disubstitusikan ke dalam persamaan energi potensial sehingga didapatkan persamaan energi kinetik aliran, yakni:

$$KE = \frac{1}{2} m V^2$$

Akhirnya energi total aliran di dalam sistem dapat ditulis menjadi:

$$\text{Energi total} = \text{Energi potensial} + \text{energi tekanan} + \text{energo kinetik}$$

$$= m g z + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot m g p}{s_g} + \frac{1}{2} m V^2$$

$$= m g \left(z + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p}{s_g} + \frac{v^2}{2g} \right)$$

Sedangkan energi total tiap satuan berat aliran diperoleh persamaannya sebagai berikut:

$$E_{\text{tot}}/m \cdot g = z + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p}{s_g} + \frac{v^2}{2g}$$

masing-masing bentuk energi pada ruas kanan persamaan mempunyai satuan dalam ukuran tinggi (head), sehingga persamaan diatas disebut juga persamaan tinggi energi total aliran.

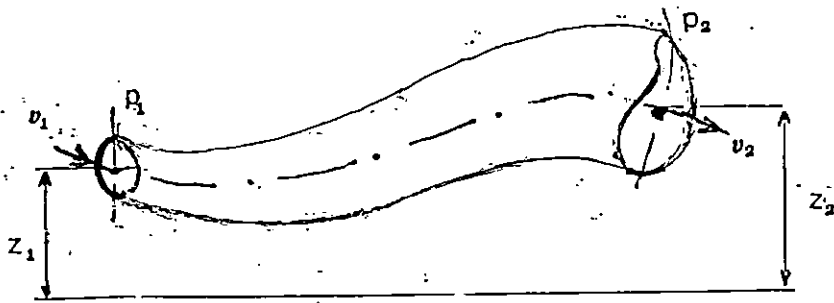
Dalam bentuk pendekatan lain, yakni berdasarkan massa jenis aliran persamaan tersebut diatas lebih umum ditulis menjadi: (R.S Khurmi, 1983)

$$E_{\text{tot}}/m \cdot g = z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2g}$$

D. Persamaan Bernoulli

Berdasarkan hukum kekekalan energi, Prof. Daniel Bernoulli membuktikan bahwa energi total aliran fluida yang mengalir didalam sebuah pipa aliran selalu konstan. Perhatikanlah suatu aliran fluida melalui pipa seperti gambar 4-5

Jika diasumsikan tidak ada kerja yang dilakukan atau energi yang hilang keluar sistem dan aliran fluida dipandang sebagai aliran laminar, maka jumlah energi aliran pada bagian pipa besar (1) sama dengan jumlah energi dibagian penampang pipa kecil (2) serta demikian seterusnya. Perubahan-perubahan penampang aliran akan mengakibatkan terjadinya perubahan tekanan dan kecepatan aliran sementara jumlah energi dari satu ke titik berikutnya senantiasa konstan.



Gambar 4-5 Aliran Fluida Dalam Pipa

$$\text{Energi Total}_{(1)} = \text{Energi Total}_{(2)}$$

$$m \cdot g \left(z + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p}{s_g} + \frac{v^2}{2g} \right)_{(1)} =$$

$$m \cdot g \left(z + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p}{s_g} + \frac{v^2}{2g} \right)_{(2)}$$

Dalam bentuk ketinggian energi persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_1 + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} p_1}{s_g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} p_2}{s_g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

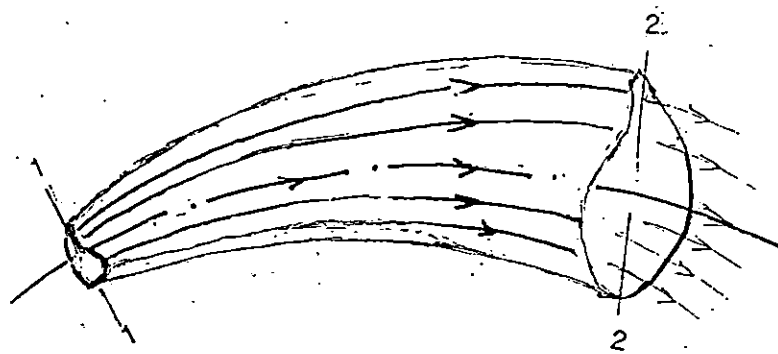
atau dalam pendekatan massa jenis aliran,

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Catatan: Dalam penyelesaian soal-soal yang mempergunakan persamaan Bernoulli ini perlu diperhatikan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1). Gambarkan rangkaian dan tunjukkan titik mana yang ingin ditentukan, dan berikan arah aliran fluida.
- 2). Tentukan bidang potensial atau ketinggian Z_1 dan Z_2 . Jika bidang potensial mendatar atau ketinggian aliran sama maka berarti $Z_1 = Z_2$ sehingga dalam penyelesaian soal-soal nilai z dapat diabaikan.
- 3). Tulislah persamaan Bernoulli dengan memperhatikan bentuk energi masing-masing komponen sistem, dan sistem satuan yang harus sama. Energi tersebut ditambahkan (dimasukkan) atau diambil (dikurangi/ kehilangan) dari sistem.

suatu bentuk persamaan untuk menentukan volume aliran atau debit fluida yang mengalir di dalam sistem setiap satuan waktunya. perhatikanlah suatu tabung arus aliran pada gambar 4-6



Gambar 4-6. Tabung Arus Aliran Fluida

Jika, Q = volume aliran tiap detik m^3/detik

A_1 = luas penampang tabung arus (1) m^2

A_2 = luas penampang tabung arus (2) m^2

V_1 = kecepatan fluida pada kondisi (1) m/det

V_2 = kecepatan aliran fluida pada kondisi (2)
 m/det

Berdasarkan hukum kekekalan massa maka pada titik (1) dan (2) berlaku:

$$\text{massa (1)} = \text{massa(2)}$$

$$\frac{\text{volume}}{(\text{massa jenis})_1} = \frac{\text{volume}}{\text{massa (jenis)}_2}$$

Oleh karena alirannya bersifat tunak (steady flow), maka:

$$(\text{massa jenis})_1 = \text{massa (jenis)}_2$$

sehingga volume aliran tiap detiknya adalah:

$$(\text{volume/det})_1 = (\text{volume/det})_2$$

$$\text{atau } Q_1 = Q_2$$

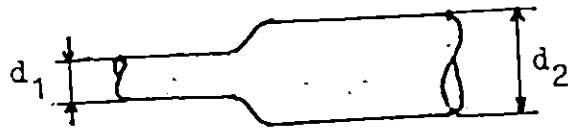
$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 = \dots \text{ sehingga,}$$

$$Q = A \cdot V = \text{constant}$$

hukum ini di namakan "Hukum kontinuitas", dan berlaku disetiap penampang arus/aliran fluida (R S. Khurmi, 1982).

Contoh Soal. 4-3

Suatu fluida hidrolik mengalir dalam pipa berdiameter 20 mm dengan volume aliran 0,4 liter tiap detiknya, Jika diameter pipa mengalami perubahan menjadi 40 mm seperti pada gambar 4-7 berapakah kecepatan alirannya saat tersebut?



Gambar 4-7. Gambar Contoh Soal 4-3

Penyelesaian.

Pada pipa berdiameter 20 mm, kecepatannya ialah,

$$\begin{aligned}
 v_1 &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{Q}{\pi/4 d_1^2} \\
 &= \frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2} \\
 &= 1,27 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk pipa berdiameter 40 mm kecepatannya, diturunkan dari hukum kontinuitas,

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$\text{jadi, } v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2}$$

$$= \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 \cdot v_1$$

Diameter yang dibutuhkan pada kecepatan 3 m/det adalah:

$$A_2 = \frac{A_1 \cdot V_1}{V_2}$$

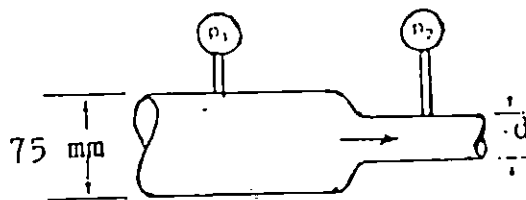
$$d_2 = \frac{V_1}{V_2} \cdot A_1$$

$$= \frac{0,76}{3} \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2$$

$$= 25,14 \text{ mm}$$

Contoh Soal. 4-5

Suatu fluida dengan spesifik gravitasi 0,91 mengalir dalam sebuah pipa horisontal seperti gambar 4-9 berikut ini. Jika debit alirannya 31,5 liter/detik diameter pipa masuk 75 mm mengalami pengecilan penampang menjadi 50 mm, tentukanlah tekanan dalam pipa kecil bilamana tekanan pada bagian pipa masuknya 712 kPa. Diasumsikan tidak ada kerja yang dilakukan atau energi yang hilang keluar sistem.



Gambar 4-9. Gambar Contoh Soal 4-3

Penyelesaian.

Oleh karena letak pipa mendatar maka tidak terjadi perbedaan ketinggian atau $Z_1 = Z_2$, sehingga persamaan energinya

$$\frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p_1}{s} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p_2}{s} + \frac{V_2^2}{2g}$$

Kecepatan aliran V_1 dan V_2 dihitung dengan hukum kontinuitas, yakni:

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

pada titik (1), berlaku:

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{Q}{\pi/4 \cdot d_1^2} \\ &= \frac{31,5 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot (75 \cdot 10^{-3})^2} \\ &= 7,11 \text{ m/det} \end{aligned}$$

sedangkan pada titik (2) adalah,

$$V_2 = \frac{Q}{\pi/4 \cdot d_2^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{31,5 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2} \\
 &= 16,05 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

selanjutnya masukan nilai kecepatan V_1 dan V_2 kedalam persamaan Bernoulli di atas, maka tekanan dalam pipa kecil (p_2) dapat dihitung.

$$\frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot 712 \cdot 10^3}{0,91} + \frac{7,112}{2,9,81} = - \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p_2}{0,91} + \frac{16,05^2}{2,9,81}$$

$$\text{Jadi tekanan, } p_2 = 61,90 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Dari Contoh di atas dapat diambil kesimpulan, jika ukuran pipa semakin mengecil maka kecepatan alirannya akan meningkat sementara tekanannya juga mengalami penurunan sebanding dengan peningkatan kecepatannya. Hal ini terjadi apabila debit aliran dan energi yang dipindahkan selalu konstan. Bilamana ukuran pipa mengalami pembesaran maka kecepatannya akan turun dan tekanan menjadi naik.

Dalam arti ketinggian (head aliran) istilah-istilah atau besaran $V^2/2g$ pada persamaan Bernoulli dinamakan Tinggi Kecepatan (velocity head) dan Z disebut dengan tinggi potensial (potensial head) sedangkan $(P/\rho \cdot g)$ dina-

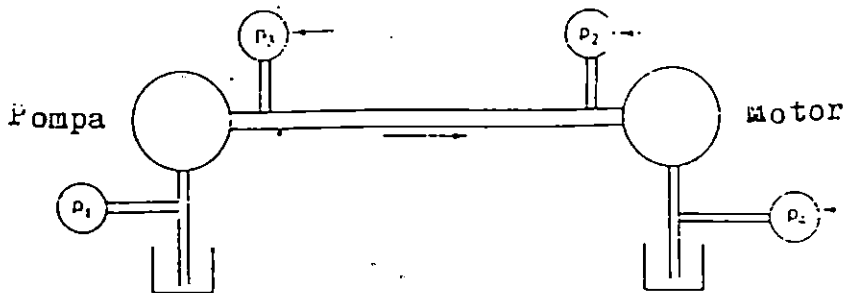
makan tinggi tekanan (pressure head). Dengan demikian berarti energi potensial yang dimasukkan pipa ke dalam sistem dapat dinyatakan pula dengan ketinggian atau head (H_a) sedangkan energi yang dikeluarkan dari sistem ditulis sebagai H_e dan yang hilang karena kerugian aliran dinyatakan dengan H_f .

Apabila kesemua bentuk energi tersebut bekerja pada sistem hidrolis maka persamaan Bernoulli diatas dinyatakan secara lengkap sebagai berikut:

$$Z_1 + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} p_1}{s} + \frac{V_1^2}{2g} + H_a = Z_2 + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} p_2}{s_g} + \frac{V_2^2}{2g} + H_e + H_f$$

Contoh 4-6

Sebuah pompa mengalirkan fluida pada tekanan 1000 dengan debit 20 liter/det melalui pipa horisontal guna menggerakkan sebuah motor hidrolis yang bekerja pada tekanan 750 N/m^2 seperti terlihat dalam gambar 4-10. Jika tekanan sesudah keluar motor 350 N/m^2 dan spesifik gravity fluida 0,85, hitunglah energi yang diambil dari aliran fluida dalam satuan tinggi.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1992

Gambar 4-10. Gambar Contoh Soal 4-6

Penyelesaian.

Oleh karena posisi pipa aliran mendatar maka beda ketinggian $Z_1 = Z_2 = 0$, dan juga karena ukuran pipanya sama besar berarti tinggi kecepatannya pun sama, yakni

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g}$$

Apabila diperkirakan tekanan masuk (inlet) pompa terukur 0 N/m^2 lalu energi potensial ruas kiri persamaan energi alirannya menjadi:

$$H_a = \text{Tinggi tekanan keluar motor} + H_e + H_{\text{loss dalam pipa}}$$

$$\frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p_2}{s_g} = \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p_4}{s_g} + H_e + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} (p_2 - p_3)}{s_g}$$

$$\frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}{0,85} = \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot 350}{0,85} + H_e + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} (1000 - 750)}{0,85}$$

$$0,12 = 0,042 + H_e + 0,03$$

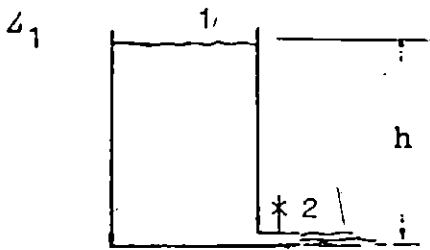
$$\text{Jadi } H_e = 0,048 \text{ m}$$

F. Teorema Torricelli's dan Aliran Melalui Orifis

Salah satu contoh pemakaian persamaan Bernoulli diatas adalah dalam menentukan kecepatan aliran fluida melalui sebuah lobang (orifis) seperti tampak pada gambar 4-11

Pada titik (1) dan (2) berlaku persamaan Bernoulli sebagai berikut,

$$Z_1 + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p_1}{s_g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p_2}{s_g} + \frac{V_2^2}{2g}$$



Gambar 4-11. Aliran melalui Orifis

Oleh karena pada titik (1) permukaan fluida dipandang konstan (tetap) maka kecepatan $v_1 = 0$, dan tekanan pada titik (1) bekerja tekanan atmosfer dan dianggap sama dengan tekanan pada titik (2) karena aliran fluida mengalami pancaran bebas ke atmosfer dan tidak ada kerugian yang terjadi.

Apabila beda ketinggian $(Z_1 - Z_2) = h$ maka persamaan di atas menghasilkan,

$$h = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

atau lebih sederhana ditulis saja, $v = \sqrt{2gh}$, yaitu merupakan kecepatan aliran atau pancaran fluida melalui sebuah lobang (orifis) dan disebut sebagai Teorama Torricelli's (Sullivan, 1982)

Prinsip Torricelli ini menjadi dasar untuk menghitung debit aliran fluida melalui orifis, yang dalam prakteknya dikombinasikan pemakaiannya dengan persamaan kontinuitas.

Secara teoritis diperoleh,

$$v = \frac{Q}{A_o} = \sqrt{2 g h}$$

atau $Q_{teo} = A_o \cdot \sqrt{2 g h}$

dimana : Q = debit aliran m^3/det

A_o = luas penampang orifis m^2

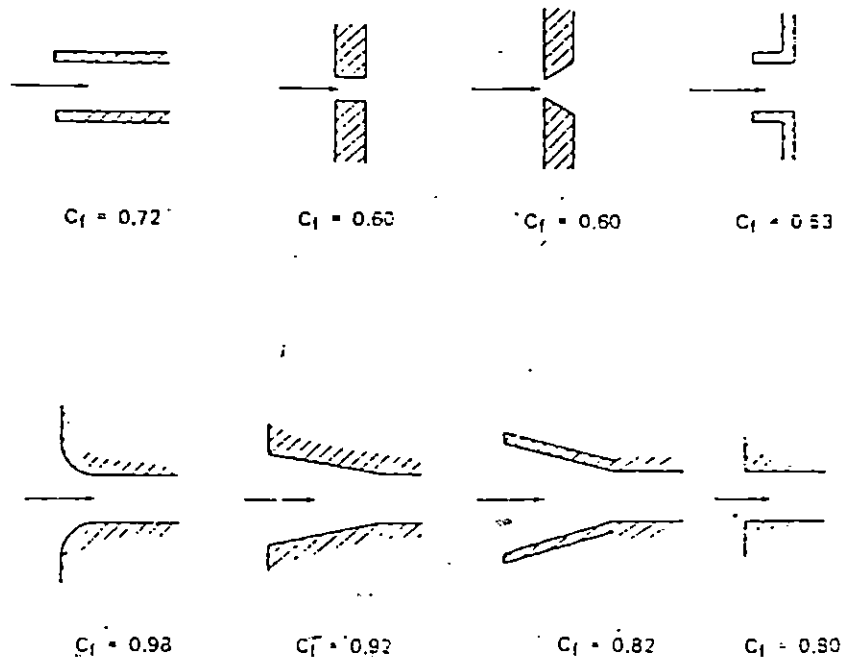
h = tinggi potensial (head tekanan)

Untuk tertentu tinggi tekanan tersebut lebih tepat lebih tepat dinyatakan dengan (dh), yaitu perbedaan tekanan yang terjadi sebelum dan sesudah melewati lobang. Jadi secara umum rumus tersebut ditulis menjadi:

$$\begin{aligned} Q_{teo} &= A_o \cdot \sqrt{2 g dh} \\ &= A_o \cdot \sqrt{2 g (h_1 - h_2)} \end{aligned}$$

Akan tetapi di dalam kenyataan, debit sesungguhnya (aktual) lebih kecil dibandingkan hasil hitungan secara teoritis (menggunakan rumus) di atas. Hal tersebut disebabkan adanya gesekan (kerugian) yang terjadi ketika aliran melalui orifis. Gesekan yang terjadi pada prinsipnya dipengaruhi oleh bentuk, kekasaran dinding dan ketajaman bibir orifis sehingga akan mempengaruhi kecepatan alirannya.

Dengan demikian untuk mendapatkan hasil yang sesungguhnya atau debit aktual, maka persamaan tersebut harus dikalikan dengan faktor koreksi yang disebut koefisien gesekan aliran C_f , yang besarnya berkisar (0,5 - 1,00). Nilai koefisien gesekan untuk berbagai orifis diperlihatkan pada gambar 4-12, yang banyak dipakai pada sistem-sistem hidrolik mesin. (Sullivan, 1982)



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 4-12. Bentuk-bentuk orifis dan Koefisien Gesekannya

Jadi, debit aktual melalui orifis tersebut adalah:

$$Q_{\text{akt}} = C_f \cdot A_o \cdot \sqrt{2 g \delta h}$$

$$\text{atau } Q_{\text{akt}} = 4,43 C_f \cdot A_o \sqrt{\delta h}$$

Apabila perbedaan tinggi tekanan ini dikaitkan dengan pengertian tekanan (p), yakni:

$$h = \frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p}{s_g}$$

maka rumus diatas dapat dinyatakan dalam bentuk,

$$Q_{\text{akt}} = 4,43 \cdot C_f \cdot A_o \sqrt{\frac{1,02 \cdot 10^{-4} \cdot p}{s_g}}$$

$$\text{atau, } Q_{\text{akt}} = 1,01 \cdot 10^{-2} \cdot C_f \cdot A_o \sqrt{\frac{p}{s_g}}$$

Jika debit fluida yang mengalir di dalam sistem diketahui maka penurunan tekanan (p) melalui lobang atau orifis dapat dihitung berdasarkan rumus,

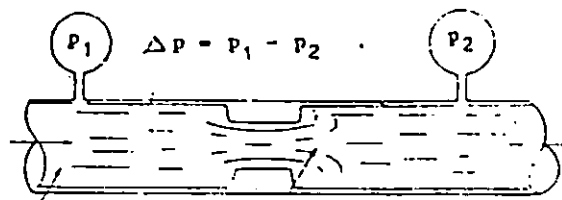
$$p = \frac{10^4 \cdot s_g \cdot Q^2}{1,01 \cdot C_f^2 \cdot A_o^2}$$

sedangkan koefisien gesek melalui orifis ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$C_f = \frac{10^2 \cdot Q}{1,01 \cdot A_o} \times \sqrt{\frac{s_g}{\rho}}$$

Contoh Soal. 4-7

Suatu fluida dengan berat jenis relatif (s_g) 0,85 mengalir melalui sebuah orifis berdiameter 5 cm yang terpasang didalam sebuah pipa aliran seperti pada gambar 4-13. Apabila debit 0,5 l/det dan penurunan tekanan 1,2 kPa , tentukalah nilai koefisien gesekannya.



Sumber: Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 4-13. Gambar Contoh Soal 4-7

Penyelesaian

$$\begin{aligned} Q &= 0,5 \text{ liter/det} \\ &= 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$$d = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$A_o = \pi/4 d^2 = 0,785 (5 \cdot 10^{-2})^2$$

$$= 19,625 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\rho = 1200 \text{ N/m}^2$$

Jadi koefisien gesekan adalah,

$$\begin{aligned} C_f &= \frac{10^2 \cdot Q}{1,01 \cdot A} \sqrt{\frac{s_g}{\rho}} \\ &= \frac{10^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{1,01 \cdot 19,625 \cdot 10^{-4}} \sqrt{\frac{0,85}{1200}} \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

Contoh Soal. 4-8

Aliran fluida mengalir melalui orifis berdiameter 25 mm. Jika perbedaan tekanan sebelum dan sesudah melewati orifis 0,1 kPa, tentukanlah debit aliran melalui orifis tersebut bilamana spesifik gravity dan koefisien geseknya 0,91 dan 0,80.

Penyelesaian.

$$d = 25 \text{ mm} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

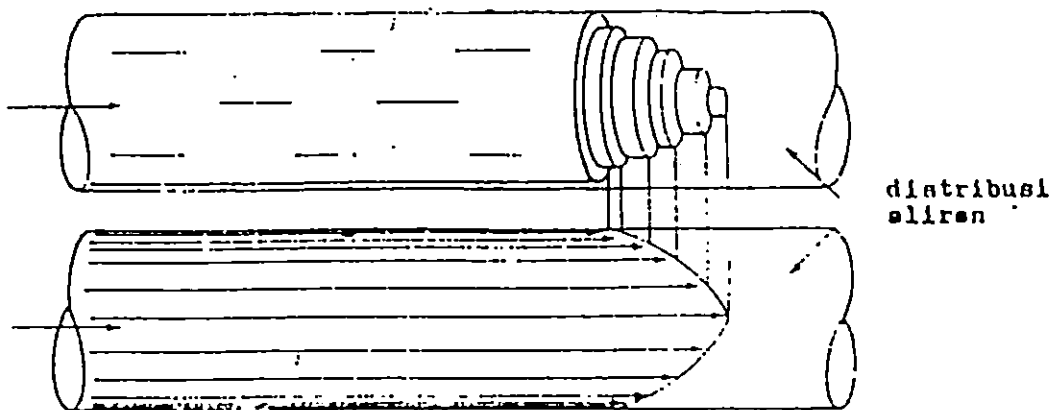
$$\begin{aligned} A_o &= \pi / 4 \cdot d^2 \\ &= 0,785 (25 \cdot 10^{-3})^2 \\ &= 4,906 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dimana, } Q &= 1,01 \cdot 10^{-2} \cdot C_f \cdot A_o \sqrt{\rho / s_g} \\ &= 1,01 \cdot 10^{-2} (0,8) \cdot 4,906 \frac{600}{0,91} \\ &= 0,1 \text{ liter/det} \end{aligned}$$

G. Aliran Dalam Pipa, dan Bilangan Reynold

Ada dua jenis sifat aliran fluida yang mengalir di dalam pipa sistem-sistem hidrolik, yakni aliran Laminar dan aliran Turbulen. Kedua sifat aliran ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kecepatan aliran fluida, ukuran dan kekasaran permukaan dinding dalam pipa, temperatur dan viskositas fluida.

Suatu aliran fluida dikatakan bersifat Laminar, apabila aliran fluida tersebut mengalir dalam keadaan partikel-partikel yang berlapis-lapis tipis berbentuk silinder yang tersusun sejajar seperti terlihat pada gambar 4-14 (Sullivan, 1982)

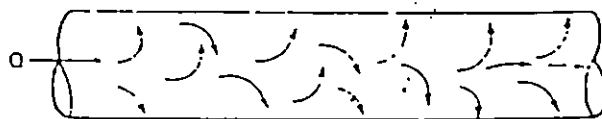


Sumber: Fluid Power; Sullivan
Virginia, 1982

Gambar 4-14. Distribusi Aliran Laminar dalam Pipa

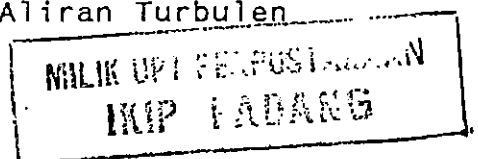
Profil kecepatan pada aliran Laminar ini berbentuk parabola dimana kecepatan arus alirannya yang berdekatan dengan dinding pipa sama dengan nol, seakan-akan fluida tersebut menempel pada dinding pipa sedangkan disepanjang garis sumbu pipa terletak kecepatan maksimum alirannya. Hal ini memperlihatkan adanya pengaruh viskositas fluida atau gesekan yang timbul antara lapisan fluida dengan dinding pipa.

Apabila aliran tersebut tidak dapat dilukiskan profil kecepatannya seperti aliran Laminar, maka sifat aliran fluida yang demikian dinamakan aliran Turbulen. Partikel-partikel fluida bergerak dengan kecepatan tak beraturan atau terjadi bergejolak dalam penampang arus aliran seperti tampak dalam gambar 4-15 di bawah ini. Lintasan-lintasan masing-masing partikel-partikel fluida lebih sulit untuk dilukiskan atau ditentukan, oleh karena itu cara pendekatan empiris lebih membantu dalam membuktikan aliran ini.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 4-15. Distribusi Aliran Turbulen
dalam Pipa



Hasil-hasil percobaan membuktikan adanya suatu daerah pembatas yang akan membedakan kedua sifat aliran di atas, Laminar atau Turbulen. Batasan yang dimaksud merupakan daerah peralihan (transional) yang diturunkan dari hubungan antara kehilangan tinggi tekanan (H_f) yang terjadi disepanjang pipa terhadap variasi (perubahan) kecepatan alirannya.

Kecepatan dimana terjadinya perubahan sifat aliran dari Laminar ke Turbulen disebut sebagai kecepatan kritis, yang dibedakan atas kecepatan kritis terendah dan kecepatan kritis tertinggi. Pada kecepatan kritis terendah, aliran fluida telah mulai memasuki taraf peralihan sifat aliran dan merupakan akhir periode Laminar. Sedangkan pada kecepatan kritis tertinggi aliran fluida mulai memasuki daerah Turbulen atau merupakan akhir dari pada masa transional. Jadi, suatu kecepatan aliran fluida yang berada di bawah dari kecepatan terendah dikatakan alirannya bersifat Laminar sedangkan di atas dari kecepatan kritis tertinggi disebut sebagai aliran Turbulen.

Dari hasil percobaan yang dilakukan Osborn Reynold, membuktikan bahwa kecepatan kritis tersebut dapat ditentukan berdasarkan suatu bilangan kritis yang disebut sebagai bilangan Reynold (Re). Suatu aliran yang bersifat Laminar (teratur) hanya akan terjadi apabila bilangan Reynold

$Re < 2300$. Sekaligus bilangan ini merupakan nilai batas kecepatan kritis terendah aliran. Sedangkan aliran Turbulen tidak akan pernah terjadi pada batas kecepatan tersebut atau hanya mungkin timbul jika bilangan Reynold $Re > 4000$, dan ini merupakan nilai kecepatan kritis tertinggi di dalam mengklasifikasikan sifat aliran tersebut.

Bilangan Reynold (Re) adalah merupakan parameter bagi penentuan sifat sesuatu aliran fluida dimana nilainya dihitung berdasarkan perbandingan antara kecepatan aliran fluida (V) dan diameter pipa aliran (d) terhadap gaya viskositas fluida (ν). Jadi bilangan Reynold adalah:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

atau,

$$= \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu}$$

dimana ρ = massa jenis fluida kg/m^3
 μ = viskositas absolut kg/m-det
 ν = viskositas kinematik m^2/det

Contoh Soal. 4-9.

Tentukanlah sifat aliran minyak yang mengalir di dalam sebuah pipa berdiameter 25 mm, dengan viskositas kinematik (ν) $0,00186 \text{ m}^2/\text{det}$ dan debit alirannya $0,008 \text{ m}^3/\text{det}$.

Penyelesaian.

Kecepatan rata-rata aliran fluida,

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi/4 d^2} \\
 &= \frac{0,008}{0,785 (25 \cdot 10^{-3})^2} \\
 &= 16,31 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

Bilangan Reynold (Re) :

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{V \cdot d}{\nu} \\
 &= \frac{16,31 \cdot (25 \cdot 10^{-3})}{0,00186} \\
 &= 219,22 < 2300
 \end{aligned}$$

Jadi alirannya bersifat Laminar.

Contoh Soal. 4-10

Tentukanlah jangkauan kecepatan kritis aliran fluida dengan spesifik gravity 0,85 dan viskositas absolut 27 cP yang mengalir melalui sebuah pipa berdiameter 25 mm.

Penyelesaian:

Kecepatan kritis aliran menurut Reynold terletak antara bilangan 2300-4000. Jadi, jangkauan kecepatan tersebut dapat diturunkan dari parameter bilangan Reynold.

$$V = \frac{Re \cdot \nu}{d}$$

atau,

$$V = \frac{\mu \cdot Re}{\rho \cdot d}$$

sedangkan viskositas absolut = 27 cP
 = 0,27 Poise
 = 0,27 x 0,0102 kg-det/m²
 = 0,002754 kg-det/m²
 atau = 0,002754 x 9,81
 = 0,02701 N-det/m²

Jadi untuk Re = 2300 kecepatannya adalah:

$$V_1 = \frac{0,02701 \times 2300}{0,85 \times 10^3 \times 0,025}$$

$$= 2,90 \text{ m/det}^2$$

untuk Re = 4000 kecepatannya adalah:

$$V_1 = \frac{0,02701 \times 4000}{0,85 \times 10^3 \times 0,025}$$

$$= 5,14 \text{ m/det}^2$$

H. Kehilangan Energi Aliran pada Sistem Hidrolik

Fluida hidrolik yang mengalir di dalam rangkaian pemipaan dan komponen-komponen sistem selalu mengalami kehilangan energi aliran, baik berupa kehilangan tinggi tekanan maupun kerugian tinggi kecepatan. Mengetahui semua bentuk kehilangan tekanan dan energi aliran ini adalah penting guna dapat menghitung, memilih dan mengkonstruksikan instalasi atau rangkaian sistem hidrolik sebaik-baiknya.

Faktor-faktor berikut ini merupakan besaran-besaran sistem hidrolik yang sangat tergantung pada kehilangan kehilangan energi yang dialami aliran fluida hidrolik tersebut, yaitu: (Krist, 1991)

- 1). Tekanan kerja yang diinginkan
- 2). Debit aliran yang dibutuhkan
- 3). Efisien dari bagian-bagian sistem
- 4). Kemantapan kerja ataupun efisien instalasi
- 5). Tingkat kecepatan penghubung sistem

Bentuk kehilangan atau kerugian energi yang terjadi di dalam sistem tersebut disebabkan karena gesekan dan hambatan bentuk pada sistem pemipaan yang direncanakan, pemasangan alat-alat bantu dan kelengkapan sistem, gesekan

mekanis pada aktuator sistem dan bocoran lainnya yang mungkin timbul selama bekerja.

Apabila masing-masing kehilangan tekanan ini sudah diketahui maka jumlah keseluruhan kehilangan energi tekanan sistem dapat ditentukan. Dengan demikian tekanan kerja yang diinginkan pada pompa dapat pula diketahui, yaitu terdiri dari tekanan yang dibutuhkan pada saat pembebanan dan jumlah total kehilangan tekanan di dalam sistem.

1. Kerugian Akibat Gesekan

Kerugian energi aliran atau kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan aliran di dalam pipa dapat ditentukan dengan rumus Darcy-Weisbach, yaitu (Dake, 1985)

$$h_f = \frac{f \cdot l \cdot v^2}{2 m g}$$

Dalam hal ini $m = (A/\pi d) = (d/4)$ yang dikenal dengan istilah jari-jari hidrolis atau hydraulic mean radius. Dengan demikian jika harga ini dimasukkan ke dalam persamaan di atas maka diperoleh:

$$h_f = \frac{4 f l v^2}{2 g d}$$

dimana

h_f = kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan m

l = panjang pipa aliran m

V = kecepatan aliran fluida m/det

g = gravitasi m/det²

d = diameter pipa aliran m

Sedangkan penurunan tekanan yang terjadi akibat gesekan dapat dihitung berdasarkan :

$$p_f = 9810 s_g \cdot h_f$$

atau,

$$p_f = 9810 s_g \frac{4 f l V^2}{2 g d}$$

$$= \frac{19620 s_g \cdot l \cdot V^2}{g \cdot d}$$

Faktor gesekan f adalah merupakan suatu nilai empiris yang dapat ditentukan melalui percobaan. Oleh Nikuradse dalam percobaannya yang mempergunakan kekasaran buatan seragam (homogen) dalam pipa membuktikan bahwa faktor gesekan tersebut dipengaruhi oleh bilangan Reynold Re dan kekerasan pipa relatif. (Dake, 1985). Dari hasil percobaan terbukti bahwa faktor gesekan untuk aliran laminar diperoleh hubungan:

$$f = \frac{16}{Re}$$

Apabila nilai ini disubsitusikan ke dalam rumus Darcy-Weisbach seperti tersebut di atas maka diperoleh hubungan oleh Hagen-Poiseuille untuk aliran Laminar sebagai berikut:

$$hf = \frac{32 \cdot l \cdot v^2}{g \cdot d \cdot Re}$$

$$\text{atau, } h_f = \frac{32 \cdot v \cdot l \cdot v}{g \cdot d^2}$$

dimana, l = panjang pipa aliram m

v = kecepatan aliran fluida m/det

d = diameter pipa m

Re = viskositas kinematik m²/det

g = grafitasi bumi m²/det

Re = bilangan Reynold

Jika grafitasi bumi diambil ($g = 9,81 \text{ m/det}^2$), maka diperoleh kehilangan ketinggian akibat gesekan untuk aliran Laminar,

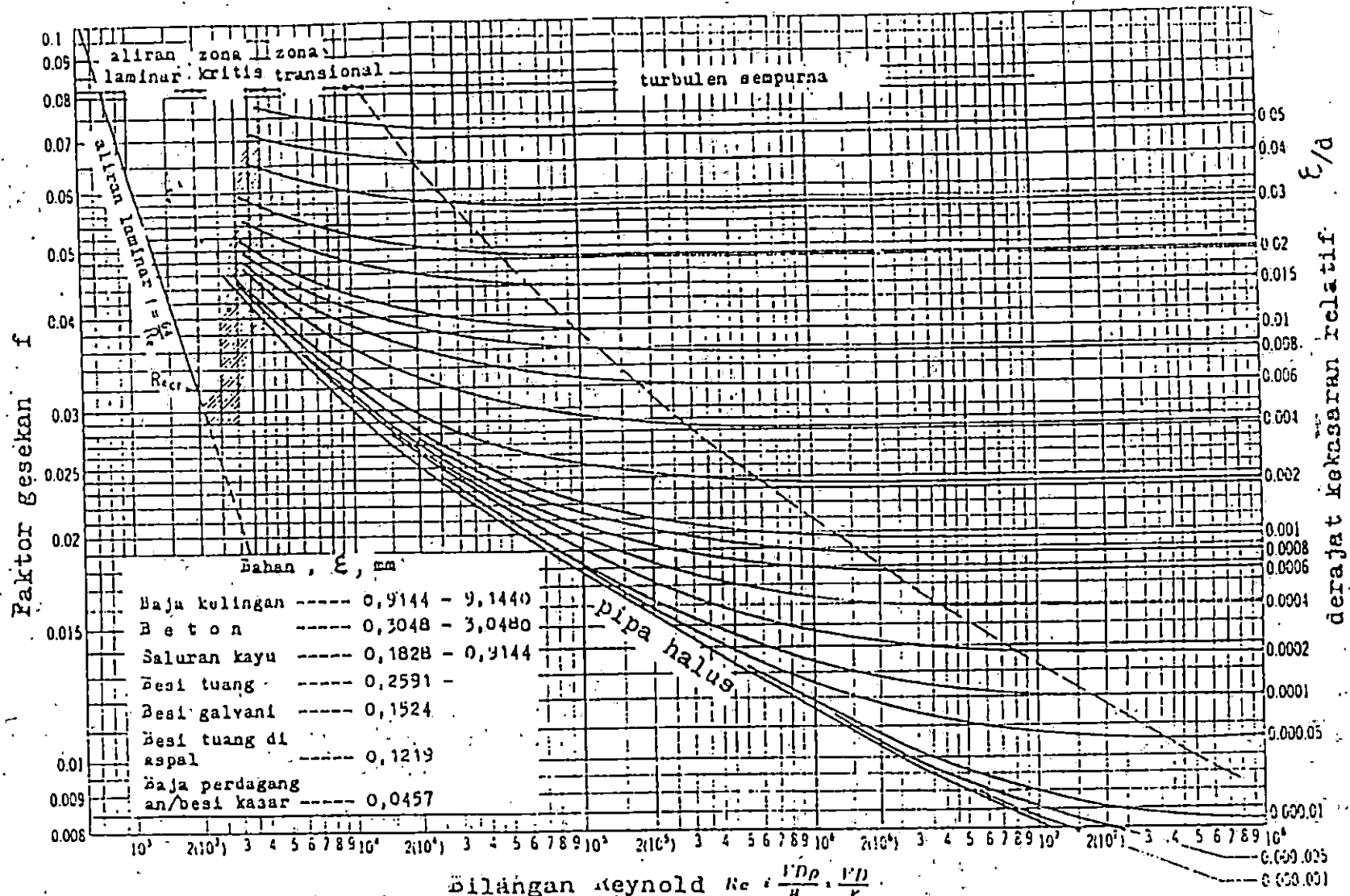
$$h_f = \frac{3,26 \cdot v \cdot l \cdot v}{d^2}$$

dengan penurunan tekanannya,

$$p_f = \frac{32 \cdot 10^3 \cdot 2g \cdot v \cdot l \cdot v}{d^2}$$

Dari hasil percobaan juga membuktikan bahwa selama aliran masih bersifat Laminar maka faktor gesekan f tidak dipengaruhi oleh kekasaran dinding bagian dalam pipa. Akan tetapi pada aliran Turbulen tidak demikian halnya, faktor gesekan dipengaruhi oleh derajat kekasaran pipa. Untuk itu cara yang praktis dalam menentukan faktor gesekan tersebut adalah melalui Diagram Moody seperti terlihat pada gambar 4-16. Diagram ini memuat hubungan antara faktor gesekan dengan bilangan Reynold dan derajat kekasaran relatif pipa aliran.

Faktor gesekan f akan dapat ditentukan setelah terlebih dahulu menghitung bilangan Reynold (Re) dan derajat kekasaran relatif pipa aliran, yaitu perbandingan antara kekasaran absolut terhadap diameter pipa aliran (k_s/d). Harga kekasaran absolut dinding pipa (k_s) ini tergantung pada jenis bahan yang digunakan seperti terlihat dalam Tabel 4-1. Atau biasanya juga dicantumkan di dalam diagram Moody pada bagian sudut kiri bawah diagram tersebut.



sumber : Hidrolika Teknik; Dake; Erlangga; Jakarta, 1985

Gambar 4-16 Diagram Moody

Tabel 4-1 Nilai kekasaran absolut pipa aliran (dalam cm)

No.	Besi tuang di	Nilai kekasaran absolut (Ks)	
		Batasan	Disain
1.	Kuningan	0,00015 - 0,00015	0,00015
2.	Tembaga	- 0,00015	0,00015
3.	Besi tuang	0,01200 - 0,06000	0,02400
4.	Besi tuang di aspal	0,00600 - 0,01800	0,01200
5.	Besi tuang di semen	0,03048 - 0,30480	0,12000
6.	Besi Galvani	0,00600 - 0,02400	0,01500
7.	Besi kasar	0,00300 - 0,00900	0,00600
8.	Baja di las & diperdagangkan	0,00300 - 0,00900	0,00600
9.	Baja kelingan	0,09000 - 0,91440	0,18000

Sumber: Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Contoh soal. 4-11

Minyak dengan spesifik gravity 0,91 mengalir dalam sebuah pipa dengan debit 2,6 liter/detik. Jika faktor gesekan f 0,005 berapakah penurunan tekanan yang terjadi disepanjang pipa tersebut ?

Penyelesaian.

Penurunan tekanan adalah,

$$p_f = \frac{19620 s_g \cdot l \cdot v^2}{g \cdot d}$$

dimana kecepatan alirannya,

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi/4 d^2} \\ &= \frac{12,6 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2} \\ &= 6,42 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Jadi penurunannya ialah,

$$\begin{aligned} p_f &= \frac{19620 \cdot 0,91 \cdot 0,005 \cdot 6,42}{9,81 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} \\ &= 1,815 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Contoh soal. 4- 12

Minyak dengan $sg = 0,85$ dan viskositas kinematik $\nu = 9,99186 \text{ m}^2/\text{det}$ mengalir dalam sebuah pipa berdiameter 25 mm panjang 120 m. Tentukanlah sifat alirannya serta penurunan tekanan yang terjadi akibat gesekan jika debit aliran 10 liter/detik.

Penyelesaian.

Kecepatan alirannya ialah,

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{\pi/4 d^2} \\ &= \frac{10 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2} \\ &= 20,4 \text{ ,/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{V \cdot d}{\nu} \\
 &= \frac{20,4 \cdot (25 \cdot 10^{-3})}{0,00186} \\
 &= 274,2 < 2300
 \end{aligned}$$

ternyata alirannya Laminar.

Penurunan tekanan akibat gesekan dihitung dengan rumus Hagen-Poiseulle,

$$\begin{aligned}
 p_f &= \frac{32 \cdot 10^{-3} \cdot \rho g \cdot \nu \cdot l \cdot V}{d^2} \\
 &= \frac{32 \cdot 103 \cdot 0,85 \cdot 0,00186 \cdot 120 \cdot 20,4}{(25 \cdot 10^{-3})^2} \\
 &= 198,16 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Contoh Soal 4-13

Minyak dengan spesifik gravity 0,85 dan viskositas kinematik $1,935 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{det}$ mengalir di dalam sebuah pipa besi tempa berdiameter 50,4 mm. Berapakah penurunan tekanan akibat gesekan jika panjang pipa yang dilalui 150 m dengan debit 50 liter/detik.

Penyelesaian.

Kecepatan alirannya ialah,

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{\pi / 4 \cdot d^2} \\
 &= \frac{50 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot (50,4 \cdot 10^{-3})^2} \\
 &= 25,07 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

Bilangan Reybold,

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{V \cdot d}{\nu} \\
 &= \frac{25,07 \cdot (50,4 \cdot 10^{-3})}{1,935 \cdot 10^{-4}} \\
 &= 6530 \approx 6,5 \cdot 10^3 > 4000
 \end{aligned}$$

(alirannya Turbulen)

sedangkan derajat kekasaran relatif pipa ialah,

$$\begin{aligned}
 &= \frac{ks}{d} \\
 &= \frac{0,00605}{5,04} \\
 &= 0,0012
 \end{aligned}$$

Berdasarkan diagram Moody diperoleh nilai faktor gesekan pada $Re = 6,5 (10)^3$ dan kekasaran relatif

$(k_s/d) = 0,0012$. sebesar:

$$f = 0,038$$

Dengan demikian penurunan tekanan akibat gesekan dapat ditentukan, yakni:

$$\begin{aligned} p_f &= \frac{19620 \cdot s_g \cdot f \cdot l \cdot v^2}{g \cdot d} \\ &= \frac{19620 \cdot 0,85 \cdot (0,038) \cdot 150 \cdot 25,07^2}{9,81 \cdot (50,4 \cdot 10^{-3})} \\ &= 120,84 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Kerugian Akibat Hambatan Setempat

Kerugian akibat hambatan setempat dapat disebabkan karena perubahan penampang pipa aliran, penyambungan pemipaan dan pemasangan alat kelengkapan sistem, seperti : pembesaran dan penyempitan, belokan, sambungan, penca-bangan pipa, katup-katup hidrolik, saringan (filter), instrumen pengukur tekanan dan sebagainya. Pada kebanyakan rangkaian sistem hidrolik bentuk kehilangan-kehilangan seperti ini tidaklah begitu besar jika dibandingkan dengan kerugian akibat gesekan dan kadang-kadang dapat diabaikan, terkecuali kerugian akibat pemasangan katup-katup hidro-

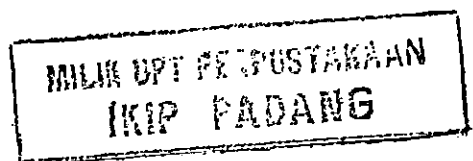
lik, dan filter dan alat bantu lainnya. Namun demikian perlu diketahui bahwa apapun bentuk penghubung dan penyambungan yang dilakukan justru akan menimbulkan hambatan-hambatan hidrolis.

Untuk menentukan kehilangan energi akibat hambatan hidrolis tersebut dapat digunakan dua pendekatan, yaitu: prinsip tinggi kecepatan dan metoda panjang kesetaraan. Dalam prinsip tinggi kecepatan, kehilangan energi dihubungkan dengan energi kinetik atau tekanan dinamik aliran sebelum melewati penyambungan atau komponen-komponen yang menimbulkan hambatan. Sedangkan metoda panjang kesetaraan (ekuivalen) menyatakan kehilangan energi ketika melalui hambatan aliran adalah senilai atau setara dengan panjang pipa tertentu yang akan dilalui aliran fluida.

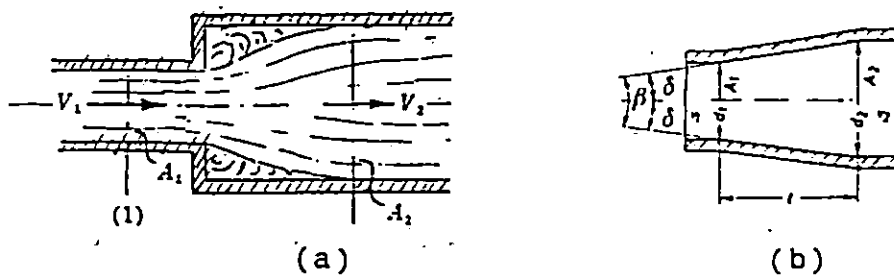
a. Kehilangan Tekanan Akibat Perubahan Penampang.

Apabila suatu aliran secara tiba-tiba mengalami perubahan penampang pipa seperti pada gambar 4-17a, maka kecepatan alirannya sewaktu melewati hambatan turun dari V_1 menjadi V_2 . Fluida hidrolis yang mengalir dengan cepat akan bertubrukan dengan bagian fluida yang mengalir lebih lambat, sehingga hal ini mengakibatkan kehilangan tinggi tekanan sebesar:

$$h_e = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$



dimana, h_e = kehilangan akibat pembesaran tiba-tiba
 V_1 = kecepatan aliran fluida pada pipa
 berpenampang lebih kecil (1)
 V_2 = kecepatan aliran fluida pada pipa
 berpenampang lebih besar (2)



sumber : Hidrolika Teknik; Dake;
 Erlangga; Jakarta, 1985

Gambar 4-17 Kehilangan Tekanan akibat
 Pembesaran Penampang

Jika aliran fluida mengalami pembesaran secara bertahap seperti terlihat dalam gambar 4-17 b, maka kehilangan ketinggiannya akan lebih kecil dibandingkan dengan pembesaran mendadak. Dalam hal ini besar sudut ketirusan akan mempengaruhi besar kecilnya hambatan yang terjadi, dimana untuk sudut tirus yang terlampau besar justru dapat menimbulkan bagian daerah fluida yang tidak aktif atau menyerap energi. Oleh karena itu biasanya sudut tirus tersebut direncanakan sebaiknya kira-kira sebesar 16° , dengan faktor hambatan sebesar:

$$k_{\text{grad}} = 0,2 (A_2/A_1)^2 - 1$$

dimana, A_1 = luas penampang pipa terkecil

A_2 = luas penampang pipa terbesar

Nilai-nilai dari faktor hambatan k_{grad} lainnya untuk berbagai perbandingan diameter dapat dilihat pada Tabel 4-2

Tabel 4-2. Nilai Faktor Hambatan Graduasi Berdasarkan Perbandingan Diameter (d_2/d_1)

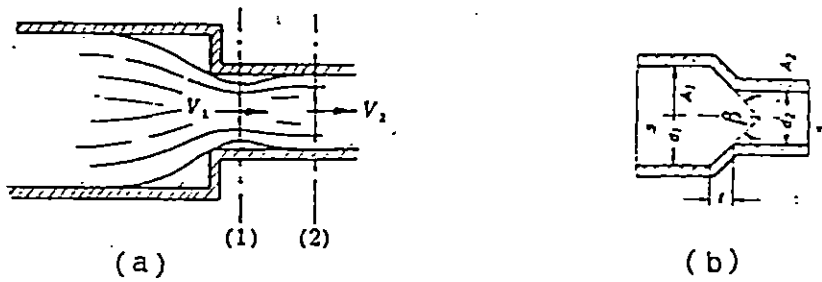
d_2/d_1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
k_{grad}	0,50	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,28	0,22	0,15	0,06	0,00

sumber: Fluid Mechanics; Daugherty,
Mc Graw-Hill, 1977

Besar kehilangan ketinggian disebabkan pembesaran bertahap adalah:

$$h_{\text{grad}} = k_{\text{grad}} \cdot v_1^2 / 2g$$

Adapun untuk aliran fluida hidrolik yang mengalami pengecilan penampang secara tiba-tiba maka menyebabkan terjadinya suatu pencekikan terhadap aliran, seperti terlihat dalam gambar 4-18 Hal ini berarti merupakan suatu kehilangan ketinggian tekanan sebesar



sumber : Hidrolika Teknik; Dake;
Erlangga; Jakarta, 1985

Gambar 4-18 Kehilangan akibat Pengecilan

$$h = \frac{(V_C - V_2)^2}{2g}$$

atau,

$$h = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \frac{V_2^2}{2g}$$

dimana, V_2 = kecepatan aliran fluida pada penampang
pipa kecil (2)

V_C = kecepatan aliran fluida pada bagian
pengecilan, biasanya $V_C = V_2/C_c$

C_c = koefisien kontraksi (pengecilan) = 0,585

Secara umum rumus kehilangan ketinggian karena pengecilan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$h_c = k_c \frac{(V_2)^2}{2g}$$

dimana, $k_c = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2$ disebut sebagai koefisien
hambatan pengecilan

C_c = koefisien kontraksi

V_2 = kecepatan setelah hambatan aliran

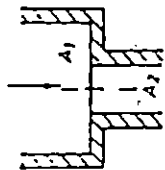
Koefisien pengecilan (k_c) dapat ditentukan berdasarkan perbandingan luas penampang sebelum dan sesudah melewati hambatan, yaitu seperti dalam Tabel 4-3

Tabel 4-3. koefisien hambatan pengecilan penampang aliran

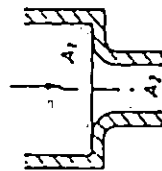
A_2/A_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
k_{penyem}	0,46	0,42	0,37	0,33	0,23	0,13	0

sumber : Hidraulika; Krist,
Erlangga, 1991

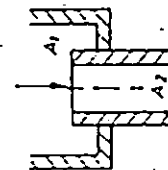
Untuk kecepatan aliran yang relatif rendah, dimana nilai perbandingan luas penampangnya lebih kecil maka koefisien pengecilannya dapat juga digunakan nilai-nilai berikut ini, yang dipengaruhi oleh bentuk profil peralihan penampangnya sebagaimana tampak dalam gambar 4-19



tapi-tapi tajam
penyem = 0,4



tapi-tapi yang diserong
penyem = 0,25



tapi-tapi yang
tajam mencaat
penyem = 1,

sumber : Hidraulika; Krist,
Erlangga, 1991

Gambar 4-19. Bentuk-bentuk peralihan penampang penyempitan aliran

Secara umum kehilangan akibat pengecilan bertahap ditentukan dengan rumus:

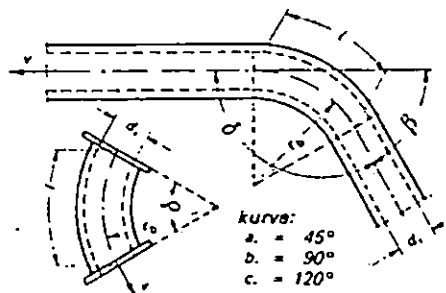
$$h_{cg} = k_{cg} \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

dimana, k_{cg} = koefisien pengecilan bertahap

b. Kehilangan Karena Pembelokan.

Kehilangan tinggi tekan pada pipa bengkok (pembelokan) dan sambungan belokan (elbow) seperti gambar 5-8, dipengaruhi oleh jari-jari bengkokan dan sudut bengkokan atau sudut belokan. Besar kerugiannya dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$h_{bel} = \left(k_{bel} + f \cdot \frac{l}{d} \right) \frac{v_m^2}{2g}$$



sumber : Hidraulika; Krist,
Erlangga, 1991

Gambar 5 - 8. Kehilangan tinggi pada Belokan dan Bengkokan

dimana, l = panjang pipa bengkok
 d = diameter pipa
 f = koefisien gesekan
 V_m = kecepatan rata-rata aliran
 k_b = koefisien hambatan belokan/bengkokan nilainya dapat dilihat pada Tabel 4-4

Tabel 4-4. Nilai-nilai Koefisien Kehilangan sebagai fungsi dari δ dan r_m/d_1

r_m/d_1		1	2	3	4	5	6	10
Licin	$\delta = 15^\circ$	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	$22,5^\circ$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
	30°	0,06	0,06	0,055	0,055	0,05	0,05	0,05
	45°	0,14	0,09	0,08	0,08	0,07	0,075	0,07
	60°	0,19	0,12	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07
	90°	0,23	0,14	0,13	0,10	0,11	0,08	0,09
Kasar	90°	0,51	0,30	0,27	0,23	0,21	0,18	0,20

sumber : Hidraulika; Krist,
 Erlangga, 1991

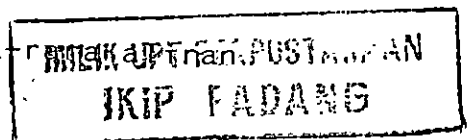
Untuk pengaliran dengan perubahan arah yang tajam kehilangan ketinggiannya dihitung dengan rumus:

$$h_t = k_t \frac{\theta}{180} \frac{V_m^2}{2g}$$

dimana, k_t = koefisien hambatan belokan tajam
 nilainya diambil seperti dalam
 Tabel 4-5

θ = sudut belokan

V_m = kecepatan rata-rata aliran



Tabel 4-5. Nilai-nilai Koefisien Hambatan Dengan Sudut Pembengkokan

Sudut Bengkokan	Angka hambatan k_t		
	Licin	Kasar	k_t Rata-rata
10°	0,03	0,04	0,04
15°	0,04	0,06	
20°			0,10
30°	0,13	0,15	0,17
40°			0,27
45°	0,24	0,32	
50°			0,40
60°	0,47	0,68	0,55
70°			0,70
80°			0,90
90°	1,13	1,27	1,12

sumber : Hidraulika; Krist, Erlangga, 1991

c. Kehilangan Dalam Pipa Bercabang

Kehilangan tekanan dalam pencabangan pipa aliran dapat berbentuk pemisahan dan penggabungan pengaliran. Besar kerugian hendaklah memperhatikan bentuk ketajaman dan debit aliran yang dipindahkan serta bentuk pengalirannya, yaitu dicabangkan atau diteruskan. Pada pengaliran bercabang baik pemisahan maupun penggabungan, kehilangan ketinggiannya ditentukan dengan rumus:

$$h_b = k_b \frac{v^2}{2g}$$

dimana, k_b = koefisien hambatan untuk pencabangan dalam pipa bercabangan

V = kecepatan aliran rata-rata pada pipa utama

Nilai-nilai dari koefisien hambatan pencabangan tersebut akan tergantung pada perbandingan antara debit cabang dan keseluruhannya serta besar sudut cabang aliran, seperti terlihat dalam Tabel.4-6,

Tabel 4-6 Koefisien kehilangan dalam sebuah pencabangan pipa (berdiameter sama)

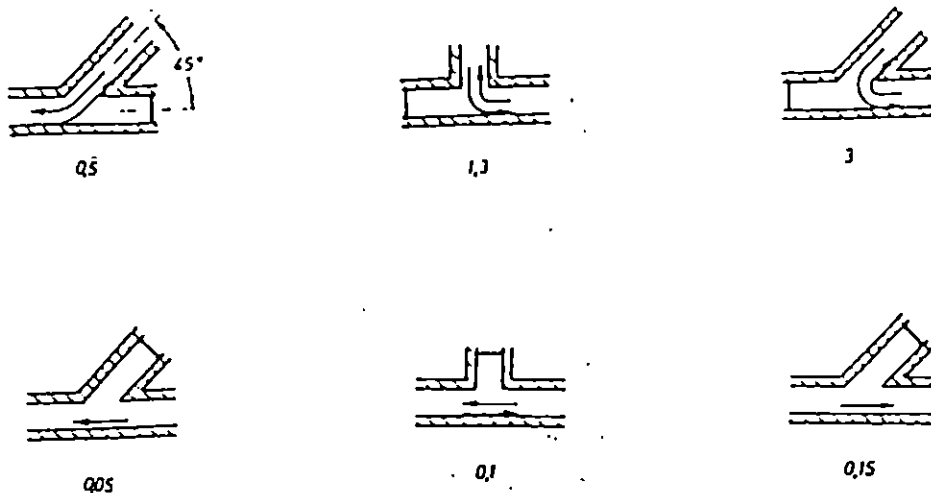
a. pada pemisahan aliran perbandingan sudut $\delta = 45^\circ$ sudut $\delta = 90^\circ$					Gambar
Q_a/Q_d	S_a	S_d	S_a	S_d	
0	0,9	0,04	0,95	0,05	
0,2	0,66 0,68	-0,66	0,88	-0,8	
0,4	0,47 0,50	-0,04	0,89	-0,04 -0,05	
0,6	0,33 0,38	0,07	0,96 0,95	0,07	
0,8	0,29 0,35	0,20	1,10	0,21	
1,0	0,35 0,48	0,33	1,29 1,28	0,35	

b. pada penggabungan dua aliran:

0	0,90 -0,92	0,05 0,04	-1,04 -1,20	0,05 0,04	
0,2	0,37 0,38	0,17	-0,4	0,18 0,17	
0,4	0,00	0,18 0,19	0,1 0,08	0,30	
0,6	0,22	0,05 0,09	0,47	0,40 0,41	
0,8	0,37	-0,20 -0,17	0,70 0,72	0,50 0,51	
1,0	0,38 0,37	-0,57 -0,54	0,92 0,91	0,60	

sumber : Hidraulika; Krist, Erlangga, 1991

Untuk koefisien hambatan pencabangan dengan aliran diteruskan, nilainya diberikan seperti tampak pada gambar.



sumber : Hidraulika; Krist,
Erlangga, 1991

Gambar 3-22: Nilai-nilai koefisien pada Pencabangan Aliran Yang diteruskan

d. Kehilangan Pada Saringan (Filter).

Untuk menjaga agar supaya fluida hidrolik yang dipom-pakan dari reservoir tetap bersih maka pada rangkaian sistem hidrolik selalu dipasang saringan. Pada waktu aliran melewati saringan tersebut akan mengalami kehilangan ketinggian sebesar :

$$h_s = k_s \frac{v^2}{2g}$$

Nilai koefisien k_s dalam hal ini dipengaruhi oleh bilangan Reynold (Re) dan perbandingan luas semua lobang saringan dengan luas total permukaan saringan.

Jika bilangan $Re \geq 400$ maka nilai koefisien k_s ditentukan berdasarkan: (Krist, 1991)

$$k_s = 1,3 \cdot \left(1 - \frac{A_o}{A_1}\right) + \left(\frac{A_1}{A_o} - 1\right)^2$$

Sementara untuk nilai-nilai bilangan $Re < 400$, koefisien kehilangan diperoleh melalui:

$$k = \frac{Re}{a \cdot dz}$$

dimana, A_o = luas penampang semua lobang saringan

A_1 = luas total permukaan saringan

dz = diameter rata-rata kawat saringan

a = faktor koreksi hambatan hidrolis, besarnya ditetapkan seperti diperlihatkan pada Tabel.4-7.

Tabel 4-7. Faktor Koreksi Hambatan Hidrolis Pada Saringan

Untuk Re	50	100	150	200	300	400
a adalah	1,44	1,24	1,13	1,08	1,03	1,01

sumber : Hidraulika; Krist, Erlangga, 1991

e. Kehilangan Pada Katup-katup Hidrolik.

Kehilangan ketinggian dalam katup-katup hidrolik adalah kehilangan tekanan yang dialami fluida sewaktu melewati katup atau keran pengatur aliran. Besar kerugian yang terjadi tergantung pada jenis katup dan keran yang digunakan.

(1). Untuk Katup Penghambat.

Dalam hal ini koefisien kehilangan k_{cek} dipengaruhi oleh sudut δ dari katup tersebut, yang memiliki nilai-nilai seperti pada Tabel.4-8

Tabel 4- 8 Nilai-nilai Koefisien Pada Katup Penghambat

Pada δ (°)	S cek.	Pada δ (°)	S ce k
10	0,62	45	18,7
20	1,54	50	32,6
30	3,9	60	118
40	10,8	70	751

sumber : Hidraulika; Krist,
Erlangga, 1991

Kehilangan tinggi tekanannya yaitu:

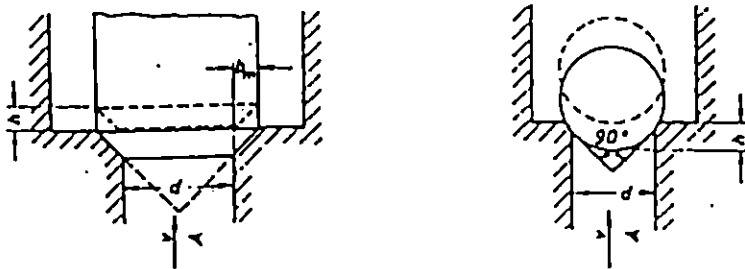
$$h_{cek} = k_{cek} \frac{v^2}{2g}$$

(2). Untuk Katup Kerucut dan Bola.

Pada katup kerucut dengan dudukan rata dan katup

bola, seperti terlihat dalam gambar 4-23 kehilangan kegiannya adalah:

$$h_{bol} = k_{bol} \frac{v^2}{2g}$$



sumber : Hidraulika; Krist,
Brlangga, 1991

Gambar 4-23 Kehilangan Pada Katup Kerucut dan Katup Bola.

Koefisien hambatan k_{bol} tergantung pada tinggi penyetelan katup dan diameter lobang aliran masuknya, diperoleh berdasarkan hubungan (Krist, 1991)

$$k_{bol} = 2,65 - 0,8 (h/d) + 0,14 (h.d)^2$$

dimana, h = tinggi penyetelan

d = diameter lobang masuk aliran

(3). Untuk Keran Tekanan Tinggi.

Kehilangan tekanan pada keran-keran bertekanan tinggi tersedia beberapa nilai ukur, sesuai dengan besar atau kecilnya bukaan. Untuk menghindari kemungkinan terjadinya kebisingan hendaklah bagian bukaan atau penyempitan keran dibuat tidak lebih dari 60% dari luas bukaan atau penampang pipa aliran.

Nilai koefisien penyempitan pada kran tekanan tinggi ditentukan dengan rumus (Krist, 1991).

$$k_{kr} = 1,07 m^{-2} - 2m^{-1} + 0,985$$

dimana, $m = (d'/d)^2$, yaitu perbandingan diameter dalam bagian penyempitan d' terhadap diameter dalam pipa d .

Nilai-nilai koefisien kehilangan k_{kr} untuk keran-keran tekanan tinggi dapat dilihat dalam Tabel 4-8

C. Menentukan Kerugian Dengan Panjang Ekuivalen

Selain dengan metoda tinggi kecepatan, kehilangan atau kerugian aliran akibat hambatan bentuk dan komponen sistem dapat pula dinyatakan dengan panjang ekuivalen

Tabel: 4-9 Nilai koefisien bukaan pada keran-keran tekanan tinggi

ND (mm)	m	k_{kr}	ND (mm)	m	k_{kr}
80/65	0,66	0,41	200/125	0,39	2,88
80/80	1,00	0,06	200/150	0,56	0,81
100/80	0,64	0,47	250/150	0,36	3,69
125/80	0,41	2,48	250/299	0,64	0,47
125/100	0,64	0,47	300/200	0,44	0,90
150/100	0,44	1,90	300/250	0,69	0,32
175/ 100	0,33	4,90	350/200	0,03	4,90
175/ 125	0,51	1,18	350/250	0,51	1,18
175/ 125	0,74	0,25	400/300	0,56	0,81

sumber : Hidraulika; Krist,
Erlangga, 1991

(panjang pipa yang sepadan). Artinya yaitu, kerugian yang dialami aliran tersebut dinilai sepadan atau setara dengan pengaliran melalui pipa untuk satuan panjang tertentu.

Metoda panjang ekivalen ini pada umumnya digunakan pada sistem pemipaan yang berdiameter relatif lebih kecil, dimana ukuran panjangnya dihitung dengan rumus sebagai berikut (Sullivan, 1982):

$$L_e = \frac{k \cdot d}{f}$$

dimana, L_e = panjang ekivalen (m)

d = diameter pipa (m)

f = koefisien gesekan

k = faktor hambatan hidrolis

Faktor hambatan hidrolis (k) tergantung pada jenis hambatan yang dialami aliran fluida di dalam sistem, antara lain harganya diperlihatkan pada Tabel 4-10

Untuk menentukan kerugian atau kehilangan energi aliran berdasarkan metoda panjang setara (ekivalen) tersebut digunakan rumus kehilangan gesekan Darcy's-Weisbach, yaitu dengan mensubstitusikan nilai panjang ekivalen dari semua kerugian yang terjadi. Dengan demikian berarti panjang pengaliran akan terdiri atas panjang pipa aktual dan panjang ekivalen, sehingga diperoleh kehilangan atau penurunan tekanan sebesar:

$$P_f = \frac{19620 \cdot S_g \cdot f \cdot L_t \cdot V^2}{g \cdot d}$$

dimana, $L_t = L_{akt} + L_e$

V = kecepatan rata-rata aliran

d = diameter pipa

sg = Spesifik gravity

Tabel. 4-10 Nilai Koefisien Hambatan Hidrolik

Jenis Hambatan Bentuk	Nilai k
1. Katup pintu	
Terbuka penuh	0,19
3/4 Terbuka	1,15
1/2 Terbuka	5,60
1/4 Terbuka	24,00
2. Katup Bola, terbuka	10,00
3. Katup sudut, terbuka	5,00
4. Bengkokan 90°, jari-jari pendek	0,90
jari-jari panjang	0,60
5. Lengkungan pengembalian	2,20
6. Bengkokan (elbow) 45°	0,42
7. Sambungan T	1,25
8. Lubang Terbuka	1,80

Sumber: Mechanical Technology, Bacon
Newnes, Butterworths, 1977

Contoh Soal. 4-14

Sebuah pipa horizontal mengalirkan minyak tanah 0,11 m³/detik dan massa jenis 850 kg/m³. Pipa mengalami pembesaran diameter dari 150 mm menjadi 210 mm dengan tekanan sebelum pembesaran 0,1 MPa. Tentukanlah kehilangan tinggi tekanannya dan tekanan setelah pembesaran.

Penyelesaian

Kecepatan sebelum pembesaran adalah;

$$V_1 = \frac{Q}{\pi/4 d_1^2}$$

$$V_1 = \frac{0,11}{0,785 (210 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$= 6,22 \text{ m/det}$$

Kecepatan setelah pembesaran adalah,

$$V_2 = \frac{Q}{\pi/4 d_2^2}$$

$$= \frac{0,11}{0,785 (210 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$= 3,11 \text{ m/det}$$

Sehingga kehilangan tinggi tekanannya,

$$h_c = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

$$= \frac{(6,22 - 3,11)^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$= 0,91 \text{ m}$$

atau penurunan tekanan akibat pembesaran adalah,

$$P_e = \rho \cdot g \cdot h_e$$

$$= 850 \cdot 9,81 \cdot 0,91$$

$$= 7588,035 \text{ Pa}$$

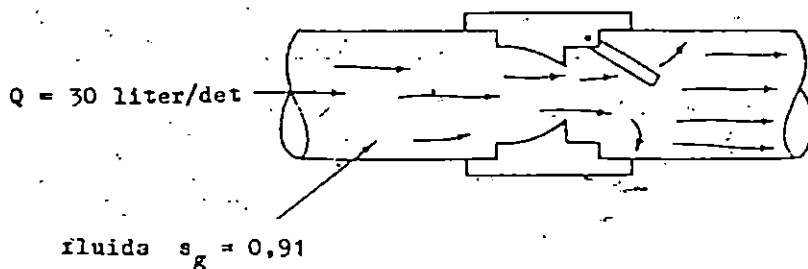
atau, $= 0,007588035 \text{ MPa}$

Jadi tekanan setelah pembesaran adalah,

$$\begin{aligned} V &= p_1 - p_e \\ &= 0,1 - 0,007588035 \\ &= 0,09 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Contoh Soal. 4-15

Minyak dengan spesifik gravitasi 0,91 dan viskositas kinematik $1,6125 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{det}$ mengalir dalam sebuah pipa besi tuang berdiameter 50 mm katup dan melewati pengatur dengan debit 30 liter/det, seperti pada gambar 4-24. Tentukanlah panjang ekuivalen kerugian aliran melalui katup tersebut.



Gambar 4-24 Gambar Contoh Soal 4-15

Penyelesaian.

Panjang ekuivalen kerugian aliran adalah,

$$L_e = \frac{k \cdot d}{f}$$

dimana faktor hambatan untuk katup-pintu 3/4 terbuka, $k = 1,15$ (lihat tabel 4-2), sedangkan koefisien geseknya ditentukan setelah mengetahui sifat alirannya Laminar atau Turbulent, melalui bilangan Reynold (Re)

$$R_e = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

dengan kecepatan alirannya,

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{\pi / 4 d^2} \\ &= \frac{30 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2} \\ &= 15,3 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

substitusikan ke dalam rumus bilangan Reynold,

$$\begin{aligned} Re &= \frac{15,3 (50 \cdot 10^{-3})}{1,6125 \cdot 10^{-4}} \\ &= 4744,2 = 4,7 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

(alirannya Turbulen, $Re > 4000$)

Dengan demikian koefisien gesekannya ditentukan melalui diagram Moody. Untuk itu tetapkan faktor kekasaran absolut berdasarkan jenis bahan pipa, yakni $k_s = 1,2$ mm sehingga:

$$\begin{aligned} \text{kekasaran relatif} &= \frac{k_s}{d} \\ &= \frac{1,2}{50} \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

Berdasarkan bilangan Re dan kekasaran relatif tersebut diperoleh koefisien gesek di dalam diagram $f = 0,0403$. Jadi panjang ekuivalen akibat hambatan katup,

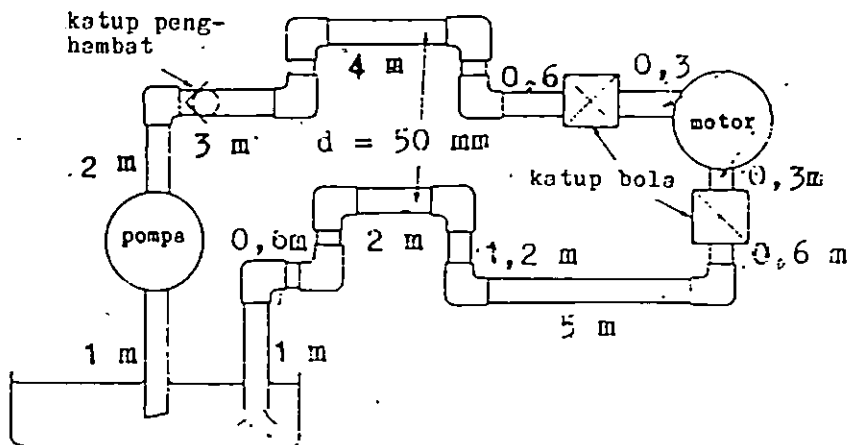
$$\begin{aligned} L_e &= \frac{1,15 \cdot 50}{0,0403} \\ &= 1302,7 \text{ mm} \text{ --- } 1,3027 \text{ m} \end{aligned}$$

Adapun kehilangan tinggi tekanannya adalah,

$$\begin{aligned} h_f &= \frac{4 f l v^2}{2 g d} \text{ ---- } l = L_e \\ &= \frac{4 \cdot (0,0403) \cdot 1,3027 \cdot (15,3)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} \\ &= 47,5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Contoh Soal. 4-16

Suatu rangkaian pipa sistem hidrolik mesin seperti gambar 4-25, mengalirkan minyak dengan viskositas kinematik $8,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{detik}$, spesifik gravity 0,88. dan debit 6,5 liter/detik pada tekanan pengempaan pompa 250 MPa. Pipa dan sambungannya terbuat dari bahan besi tuang, tentukanlah total penurunan tekanan dan kehilangan tenaga aliran di dalam rangkaian (sirkuit) sistem tersebut !



sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 4-25. Gambar Contoh Soal 4-16

Penyelesaian.

Kecepatan aliran minyak dalam pipa berdiameter 50 mm adalah;

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi/4 \cdot d^2} \\
 &= \frac{6,5 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot (60 \cdot 10^{-3})^2} \\
 &= 2,3 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

Kecepatan aliran minyak dalam pipa berdiameter 25 mm adalah;

$$\begin{aligned}
 V_2 &= \frac{6,5 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2} \\
 &= 13,25 \text{ m /det}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya tentukan bilangan Reynold guna mengecek kondisi aliran minyak. Untuk pipa berdiameter 50 mm dengan kecepatan V_1 diperoleh bilangan Reynold,

$$\begin{aligned}
 \text{Re}_{(1)} &= \frac{V_1 \cdot d_1}{\nu} \\
 &= \frac{3,3 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{8,0 \cdot 10^{-5}} = 1725
 \end{aligned}$$

berarti alirannya Laminar

Sedangkan untuk pipa berdiameter 25 mm dengan kecepatan V_2 didapatkan bilangan Reynold sebagai berikut:

MILIK UPY PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

$$\begin{aligned}
 Re(2) &= \frac{v_2 \cdot d_2}{\nu} \\
 &= \frac{13,25 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}{8,0 \cdot 10^{-5}} \\
 &= 4015 > 4000
 \end{aligned}$$

(berarti alirannya Turbulen)

Kemudian hitung panjang ekivalen untuk pipa diameter 60 mm berdasarkan banyak sambungan dan komponen sistem yang dilalui. Dalam hal ini terdiri atas : panjang pipa lurus 21 m dengan 11 buah belokan dan 1 buah katup penghambat (check). Jadi faktor hambatan hidrolis (k) adalah,

1 klep pengecekan (k = 3,0)	3,0
11 buah belokan (k = 0,09)	9,9
	total	12,9

Oleh karena aliran minyak yang mengalir dalam pipa tersebut bersifat Laminar, maka faktor gesekan (f) dihitung berdasarkan rumus;

$$\begin{aligned}
 f_1 &= \frac{16}{Re_1} \\
 &= \frac{16}{1725} \\
 &= 0,009
 \end{aligned}$$

Dengan demikian panjang ekivalen pipa berdiameter 60 mm adalah:

$$\begin{aligned}
 L_e &= \frac{k \cdot d_1}{f_1} \\
 &= \frac{12,9 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{0,009} \\
 &= 82 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi panjang total pipa pengaliran berdiameter 60 mm adalah:

$$\begin{aligned}
 L_{\text{tot}} &= L_1 + L_e \\
 &= 21 + 82 = 103 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Sehingga penurunan tekanan yang terjadi disepanjang pipa berdiameter 60 mm beserta kerugian hambatan bentuknya adalah:

$$\begin{aligned}
 p_{f_1} &= \frac{32 \cdot 10^3 \cdot s_g \cdot v \cdot l_{\text{tot}} \cdot V_1}{d^2} \\
 &= \frac{32 \cdot 10^3 \cdot 0,88 \cdot 8 \cdot 10^{-5} \cdot 103 \cdot 2,3}{(60 \cdot 10^{-3})^2} \\
 &= 14813,56 \text{ Pa} \\
 &= 0,0148 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Adapun untuk pipa berdiameter 25 mm terdiri,

panjang pipa lurus 0,6 m

2 katup bola ($k = 10$) 20

Tetapi dalam hal ini aliran minyak bersifat Turbulen maka koefisien gesekan ditentukan berdasarkan diagram Moody dengan derajat kekasaran absolut (k_s) = 0,605 (lihat Tabel 4-2).

$$\begin{aligned} \text{Kekasaran relatif} &= \frac{k_s}{d} \\ &= \frac{0,605}{25} = 0,024 \end{aligned}$$

Melalui diagram Moody, diperoleh koefisien gesekan pada $Re = 4015$ dan kekasaran relatif 0,024 sebesar $f = 0,058$. Jadi panjang ekuivalen untuk hambatan bentuk pada pipa berdiameter 25 mm adalah:

$$\begin{aligned} L_e &= \frac{k \cdot d_2}{f_2} \\ &= \frac{20 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}{0,058} \\ &= 7,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Berarti panjang total pipa berdiameter 25 mm seharusnya adalah,

$$L_{\text{tot}} = L_2 + L_e$$

$$= 0,6 + 7,6 = 8,2 \text{ m}$$

Penurunan tekanan aliran di dalam pipa berdiameter 25 mm tersebut adalah:

$$p_{f_2} = \frac{19620 \cdot s_g \cdot v \cdot l \cdot V_2}{g \cdot d}$$

$$= \frac{19620 \cdot 0,88 \cdot 0,058 \cdot 8,2 \cdot (13,25)^2}{9,81 \cdot (25 \cdot 10^{-3})}$$

$$= 575982,07 \text{ Pa}$$

$$= 5,76 \text{ MPa}$$

Dengan demikian total penurunan tekanan di dalam rangkaian pipa sistem adalah di atas,

$$p_f = p_{f_1} + p_{f_2}$$

$$= 0,0148 + 5,76$$

$$= 5,7748 \text{ MPa}$$

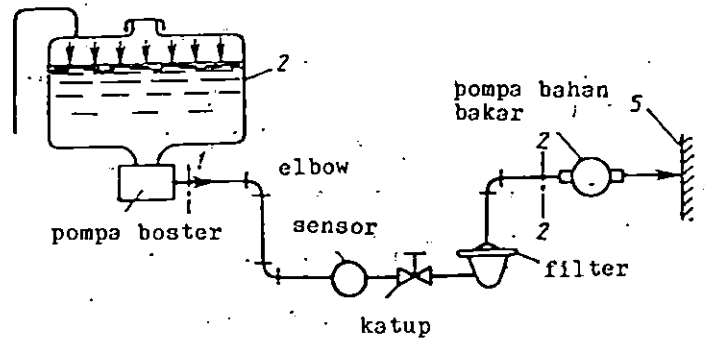
sehingga dengan demikian total kehilangan tenaga kuda aliran melewati rangkaian adalah:

$$\begin{aligned} \text{FHP} &= \frac{pf \cdot Q}{746} \\ &= \frac{5,7748 \cdot 10^6 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3}}{746} \\ &= 5,05 \text{ hp} \end{aligned}$$

Contoh Soal. 4- 17

Hitunglah tinggi atau head tekanan yang dibutuhkan pada bahagian sisi pengeluaran (outlet) pompa Booster suatu Sistem hidrolik pesawat terbang guna dapat memasok bahan bakar sebesar 1200 kg/jam dari sebuah tangki perse-diaan ke pompa bahan bakar mesin seperti terlihat dalam gambar 4- 26. Pipa pengaliran terbuat dari bahan duralu-minium sepanjang 5 m, diameter 15 mm. Tekanan pemasukan (intake) pada pompa bahan bakar diharapkan mencapai $p_2 = 130.000 \text{ N/m}^2$, viskositas kinematik kerosine $\nu = 0,045 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{det}$, massa jenis 820 kg/m^3 . Kerugian hambatan hidrolik masing-masing adalah :

$$\begin{aligned} k_{\text{filter}} &= 2,0 ; & k_{\text{katup}} &= 1,5 \\ k_{\text{sensor}} &= 7,0 ; & k_{\text{elbow}} &= 1,2 \end{aligned}$$



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

Gambar 4-26. Gambar. Contoh Soal 4-18

Penyelesaian.

Kecepatan aliran kerosine dalam pipa adalah;

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{m}{\rho \cdot \pi/4 (d)^2} \\
 &= \frac{1200}{820 \cdot 0,785 (0,015)^2 \cdot 3600} \\
 &= 2,3 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

Bilangan Reynold, $Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$

$$= \frac{2,30 \cdot 0,015}{0,045 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 7672 > 4000 \quad (\text{Turbulen})$$

Dengan demikian koefisien geseknya ditentukan dengan diagram Moody, untuk kekasaran pipa absolut (k_s) = 0,0031 mm yaitu adalah $f = 0,044$

Jadi, penurunan tekanan di sepanjang pipa dari pompa Booster ke pompa bahan bakar adalah:

$$P_f = g \left(\frac{4 f l}{d} + 3 k_{elb} + k_{sen} + k_{ktp} + k_{fil} \right) \frac{v^2}{2 d}$$

$$= 820 \cdot 9,81 \left(\frac{4 \cdot 0,034 \cdot 5}{0,015} + 3 \cdot 1,3 + 7,0 + 1,5 + 2,0 \right) \frac{2,30^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$= 2171,73 \cdot 59,73$$

$$= 2.231,5 \text{ N/m}^2$$

sehingga tekanan yang dibutuhkan pada saluran keluar (outlet) pompa Booster adalah,

$$P_1 = P_2 + P_f$$

$$= 130.000 + 2.231,5 = 132,231,5 \text{ N/m}^2$$

atau, $h_1 = 16,44$ meter kolom minyak

D. Soal-soal

1. Sebutkan jenis-jenis energi yang terdapat dalam sistem hidrolis
2. Tuliskan hukum kontinuitas dan dalil Bernoulli serta sebutkan batasan pemakaiannya
3. Jika kecepatan aliran fluida 5 m/det mengalir dalam pipa berdiameter 100 mm berapakan debit alirannya
4. Hitunglah tekanan yang terbaca pada ketinggian minyak 20 m dengan sg 0,97
5. Tuliskan hukum Torricelly untuk aliran melalui lubang (orifis)
6. Hitunglah kecepatan fluida yang mengalir melalui orifis yang dibuat pada dinding tangki, di bawah garis muka fluida 50 cm
7. Apakah yang dimaksudkan dengan bilangan Reynold apa fungsinya didalam menggunakan alir fluida
8. Minyak dengan viskositas kinematik $0,00185 \text{ m}^2/\text{det}$ mengalir dalam pipa berdiameter 5 cm debit 50 liter/det; tentukan kondisi alirannya Laminar atau Turbulen !
9. Jika tekanan pada suatu orifis berdiameter 2,5 cm adalah 0,5 kPa sg 0,91 dan desakan orifis tersebut !

10. Uraikanlah turunan dari rumus Darcy's-Weisbach dan Hagen-Poiseuille untuk menentukan kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan .
11. Sebutkan jenis-jenis hambatan bentuk aliran di dalam pipa dan terangkan pula apa yang dimaksudkan dengan panjang ekivalen ?

BAB V

PERENCANAAN DAN ANALISIS RANGKAIAN SISTEM HIDROLIK

A. Pengantar

Perencanaan sistem dan analisis rangkaian adalah kegiatan yang mencakup penyusunan rencana kerja sebelum perakitan komponen-komponen sistem serta kegiatan berupa pengujian performa (kinerja) setelah perakitan. Pada kegiatan perencanaan dapat ditentukan atau disusun strategi yang tepat tentang pemakaian dari keluaran (output) yang dihasilkan oleh suatu sistem hidrolik. Sementara dalam kegiatan analisis rangkaian lebih menitikberatkan untuk menguji karakteristik pengoperasian dan prestasi kerja sistem pada waktu pemakaiannya (mesin yang sesungguhnya).

Sebuah sistem hidrolik akan berkemampuan secara penuh untuk melayani satu atau beberapa bentuk pengoperasian yang terdapat dalam suatu siklus kerja tertentu dan biasanya terdiri atas unit penggerak pompa, pompa hidrolik, reservoit, katup-katup hidrolik, selinder, motor hidrolik dan pemipaan yang sesuai untuk memindahkan fluida bertekanan tinggi. Sedangkan sebuah rangkaian biasanya dapat mampu melakukan satu atau lebih tugas-tugas tertentu yang

spesifik tetapi tidak dalam suatu rangkaian siklus kerja penuh. Jadi, suatu sistem merupakan kesatuan yang utuh, sedangkan rangkaian dapat berfungsi sebagai bagian dari suatu sistem hidrolik. Hubungan antara satu aktuator dengan aktuator lainnya, satu pengontrol dengan lainnya, pompa dan rangkaian cabang-cabang lainnya adalah merupakan contoh-contoh dari bentuk rangkaian hidrolik.

Suatu rangkaian hidrolik lebih umum dinyatakan dalam bentuk diagram rangkaian yang disusun atas gabungan beberapa simbol-simbol hidrolik yang menggambarkan setiap komponen dan kelengkapan sistem serta tata-hubungan yang direncanakan. Jadi, sebuah diagram rangkaian akan menggambarkan baik bentuk rangkaiannya maupun sistem hidrolik itu sendiri.

Secara konseptual, fungsi perencanaan dan analisis rangkaian dan sistem tersebut sekaligus adalah membentuk atau mengklasifikasikan teknisi tenaga fluida menurut kepentingan tugas dan pekerjaannya. Secara matrikulasi tugas-tugas yang dimaksud dapat dan diperhatikan dan dipelajari dalam Tabel 5-1

Tabel. 5-1 Matrikulasi Tugas Perencana dan Teknisi Sistem Hidrolik

	Perencanaan	Analisis
Rangkaian	Rencana kerja Tata Letak	Perakitan Pemasangan
Sistem	Pemodelan Penulisan spesifikasi	Diagnosis Perbaikan

sumber : Fluid Power; Sullivan
Virginia, 1982

Kegiatan perencanaan baik untuk rangkaian maupun sistem lebih banyak dilakukan dikantor atau meja perencanaan dengan melibatkan para ahli perencana dan juru gambar. Sedangkan kegiatan analisis biasanya dilakukan di dalam Workshop atau laboratorium dimana sistem hidrolik tersebut dipergunakan. Namun demikian ketup jenis bidang pekerjaan ini tetap memerlukan pengetahuan tentang prinsip-prinsip tenaga fluida dan teknik pengujian tenaga fluida.

Ada beberapa urutan kegiatan yang perlu diperhatikan di dalam melakukan perencanaan dan analisis sistem hidrolik, yaitu:

1. Memperkirakan aktuator yang dipergunakan

MILIK UFT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

2. Menetapkan atau membentuk grafik hubungan beban (kerja) terhadap waktu pengoperasian, besar aliran, tekanan dan tenaga yang dihasilkan
3. Merencanakan sirkuit atau rangkaian sistem hidrolis
4. Menetapkan dan memilih ukuran komponen
5. Perakitan rangkaian ataupun komponen sistem
6. Memonitor prestasi kerja (performance) atau kinerja mesin.
7. Mengecek dan menjaga keselamatan operasi (kerja) mesin serta melindungi keselamatan dan kesehatan kerja operator (teknisi/mekanik)

Sebagai tahap permulaan dari proses perencanaan rangkaian dan sistem hidrolis tersebut diperlukan kemahiran dalam memahami akan simbol-simbol sistem sebagaimana yang telah ditetapkan sesuai menurut ketentuan yang berlaku, tentang bentuk-bentuk simbol setiap komponen ataupun kelengkapan rangkaian sistem hidrolis.

B. Menentukan Spesifikasi Aktuator Sistem.

Keluaran atau output dari suatu sistem hidrolis dapat digambarkan melalui penampilan tugas dan kemampuannya terhadap hambatan pembebanan yang dialami beban dukung baik bersifat beban positif, negatif ataupun kejutan. Hambatan tahanan pembebanan ini sesungguhnya tidaklah

bersifat konstan, Oleh sebab itu di dalam prakteknya dibutuhkan gaya berubah-ubah (bervariasi) guna mengatasi dan penyediaan terhadap hambatan tersebut.

Adapun hambatan pembebanan ini suatu siklus kerja sistem dapat berupa gesekan, percepatan yang timbul saat beroperasi, perlambatan dan penghentian pengereman. Pada peristiwa pembebanan yang relatif besar seriang menyebabkan sistem hidrolis memberi reaksi atau bekerja dalam bentuk proses pengereman. Hal seperti ini sudah barang tentu akan memerlukan suatu tambahan tenaga atau gaya yang lebih besar di bahagian sisi masukan (input) sistem itu sendiri.

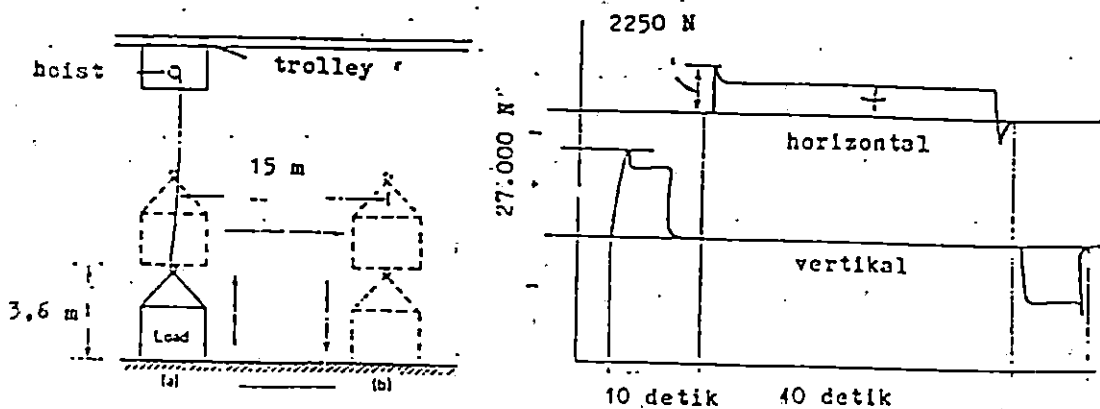
Untuk merencanakan dan menentukan spesifikasi suatu sistem hidrolis diperlukan untuk mengetahui besarnya pembebanan dan hambatan yang dialami, arah pergerakan atau pemindahan beban yang dikehendaki serta lamanya waktu pergerakan yang dilalui. Selanjutnya akan dapat dilukiskan bentuk grafik hubungan antara pembebanan terhadap waktu pemindahan, yang sekaligus berfungsi untuk menentukan beberapa parameter penting berkaitan dengan keluaran (output) sistem serta pemilihan aktuatornya.

Berdasarkan besarnya gaya, kecepatan waktu, jarak dan tekanan kerja yang dimiliki sistem maka dapat ditentukan besaran-besaran keluarannya (output) seperti: besar debit, dan pemindahan (flow rate) aktuatornya.

Guna dapat memahami proses dan langkah-langkah perencanaan tersebut perhatikan dan pelajari Contoh Soal 5-1.

Contoh Soal 5-1

Suatu sistem alat angkat "hoist and trolley" dilayani dengan perantaraan teknik tenaga fluida. Sistem tersebut direncanakan untuk mengangkat dan memindahkan beban dari posisi (a) ke (b) dengan grafik beban terhadap waktu seperti dalam gambar 5-1.



sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 5-1. Gambar Contoh Soal 5-1

Total beban hambatan sewaktu mengangkat beban setinggi 3,6 m diperkirakan sebesar 27 kN dengan lama waktu perjalanan 10 detik. Kemudian, beban dipindahkan secara horisontal sejauh perjalanan 15 m dengan besar beban hambatan 2,25 kN selang waktu 40 detik. Selanjutnya

beban diturunkan tanpa ada hambatan dan tambahan tenaga input sampai mencapai posisi (b). Motor hidrolik alat angkatnya (hoist) mempunyai diameter Tromol 20 cm dan berputar pada kecepatan 1500 rpm, dengan tekanan kerja yang diizinkan 13,8 MPa. Sedangkan, motor pada trolley mempunyai gigi penggerak dengan diameter tusuk 75 mm dan berputar pada kecepatan dan tekanan yang sama dengan motor alat angkatnya. Rencanakan atau tentukan spesifikasi kedua jenis motor yang digunakan pada sistem hidrolik alat tersebut.!

Penyelesaian,

Langkah pertama dalam proses perhitungannya adalah dipokuskan pada alat angkat (hoist) sistem, dengan data perencanaan:

Gaya atau beban dukung	$F = 27 \cdot 10^3 \text{ N}$
Jarak pemindahan	$L = 3,6 \text{ m}$
Waktu pemindahan	$t = 10 \text{ detik}$
Putaran motor hidrolik	$n_{hm} = 1500 \text{ rpm}$
Tekanan kerja	$p = 13,8 \cdot 10^6 \text{ pa}$
Diameter tromol	$d_t = 15 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Jadi tenaga yang dibutuhkan pada alat angkat adalah:

$$P_{\text{hoist}} = \frac{F \times L}{t}$$

$$= \frac{27 \cdot 10^3 \times 3,6}{10}$$

$$= 9720 \text{ Watt}$$

$$H_p = \frac{9720}{746} = 13,03 \text{ hp}$$

Tenaga tersebut dibangkitkan oleh motor hidrolis yang dipasang pada rangkaian sistem dengan putaran motor (n_{hm}) = 1500 rpm. Untuk itu perlu dilakukan reduksi putaran pada alat angkatnya dengan memperhatikan jarak perpindahan beban, diameter tromol dan lama waktu pemindahan sebagai berikut:

$$n_H = \frac{L}{\pi d_t} \times \frac{60}{t}$$

$$= \frac{3,6}{3,14 \cdot 0,15} \times \frac{60}{10}$$

$$= 45,85 \text{ rpm}$$

Dengan demikian reduksi (penurunan) putaran motor terhadap kecepatan putaran alat angkat (tromol) adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Perbandingan putaran} &= \frac{n_{Hm}}{n_H} \\
 &= \frac{1500}{48,85} \\
 &= 32,66
 \end{aligned}$$

diambil rasionya (33 : 1)

Selanjutnya, torsi yang bekerja pada alat angkut T_h adalah:

$$\begin{aligned}
 T_h &= \frac{p}{\omega} \quad (\omega = \text{kecepatan sudut}) \\
 &= \frac{60 p}{2 \pi n_H} \\
 &= \frac{60 \cdot 9720}{2 \cdot 3,14 \cdot 45,85} \\
 &= 2025,44 \text{ N-m}
 \end{aligned}$$

Sedangkan besar torsi motor sebelum terjadi reduksi dihitung melalui perbandingan:

$$T_{hm} = \frac{T_h}{(33:1)}$$

$$= \frac{2025,44}{(33:1)}$$

$$= 61,38 \text{ N-m}$$

Sedangkan, besar debit aliran melalui motor alat angkat Q_{Hm} diperoleh dari hubungan:

$$F_{Hp} = H_p \text{ hoist}$$

$$\frac{p \times Q_{Hm}}{44.760} = H_p \text{ hoist}$$

Sehingga debit yang dibutuhkan:

$$Q_{Hm} = \frac{44.760 H_p \text{ hoist}}{p}$$

$$Q_{Hm} = \frac{44.760 \times 13,03}{13,8 \times 10^3}$$

$$= 44,3 \text{ liter/menit}$$

Terakhir, tentukan kapasitas pemindahan motor pada alat angkat (V_{Hm}) sebagai berikut:

$$V_{Hm} = \frac{Q_{Hm}}{n_{Hm}}$$

$$= \frac{44,3}{1500}$$

$$= 0,03 \text{ liter/putaran}$$

Jadi, dapat disimpulkan spesifikasi teknis motor alat angkat sistem tersebut dengan rincian:

Tenaga motor hidrolik	13,03 hp (9720 watt)
Reduksi putaran (1500 rpm)	33 : 1
Torsi yang dihasilkan (output)	61,38 N-m
Debit (1500 rpm)	44,3 liter/menit
Pemindahan	0,03 liter/putaran

Langkah kedua, menentukan spesifikasi Trolley dengan data teknis sebagai berikut:

Gaya atau beban hambatan	$F = 2,25 \cdot 10^3 \text{ N}$
Jarak pemindahan	$L = 15 \text{ m}$
Waktu pemindahan	$t = 40 \text{ detik}$
Putaran motor Trolley	$dTm = 1500 \text{ rpm}$
Tekanan kerja	$p = 13,8 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
Diameter Tusuk Rodagigi	$d_p = 75 \text{ mm}$

Tenaga motor Trolley diperoleh sebesar:

$$P_{\text{trol}} = \frac{F \times L}{t}$$

$$= \frac{2,25 \cdot 103 \cdot 15}{40}$$

$$= 843,75 \text{ Watt}$$

$$H_p = \frac{843,75}{746} = 1,13 \text{ hp}$$

Tenaga ini dihasilkan oleh motor Trolley dengan putaran (n_{Tm}) = 1500 rpm. Sedangkan roda gigi penggerak pada Trolley bergerak selama 40 detik dengan jauh perpindahan 15 m, sehingga putarannya diperoleh:

$$\begin{aligned} n_T &= \frac{L}{d_p} = \frac{60}{t} \\ &= \frac{15}{3,14 \cdot 0,075} \times \frac{60}{40} \\ &= 95,5 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Ini berarti terjadi reduksi putaran dari motor ke Trolley sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan putaran} &= \frac{n_{Tm}}{n_T} \\ &= \frac{1500}{95,5} \\ &= 15,71 \end{aligned}$$

diambil rasionya (16 : 1)

Kemudian, besar torsi yang bekerja Trolley adalah:

$$\begin{aligned}
 T_T &= \frac{P}{\omega} \\
 &= \frac{60 P}{2 \pi n_T} \\
 &= \frac{60 \cdot 843,75}{2 \cdot 3,14 \cdot 95,5} \\
 &= 84,41 \text{ N-m}
 \end{aligned}$$

Besar Torsi motor Trolley sebelum terjadi reduksi putaran adalah;

$$\begin{aligned}
 T_{Tm} &= \frac{T_T}{(16 : 1)} \\
 &= \frac{84,41}{16} \\
 &= 5,28 \text{ N-m}
 \end{aligned}$$

Adapun besar debit aliran yang dibutuhkan adalah:

$$Q_{Tm} = \frac{44.760 H_p}{P}$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

$$\begin{aligned}
 &= \frac{44.760 \cdot 1,13}{13,8 \times 10^3} \\
 &= 3,67 \text{ liter/menit}
 \end{aligned}$$

Dengan volume pemindahan Trolley sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{Tm} &= \frac{Q_{Tm}}{n_{Tm}} \\
 &= \frac{3,67}{95,5} \\
 &= 0,04 \text{ liter/putaran}
 \end{aligned}$$

Jadi, spesifikasi teknis motor pada Trolley adalah sebagai berikut:

Tenaga motor hidrolik	1,13 hp (843,75 watt)
Reduksi putaran (1500 rpm)	16 : 1
Torsi yang dihasilkan (output)	84,41 N-m
Debit (1500 rpm)	3,67 liter/menit
Pemindahan	0,04 liter/putaran

C. Bentuk-Bentuk Pemindahan Tenaga Sistem Hidrolik.

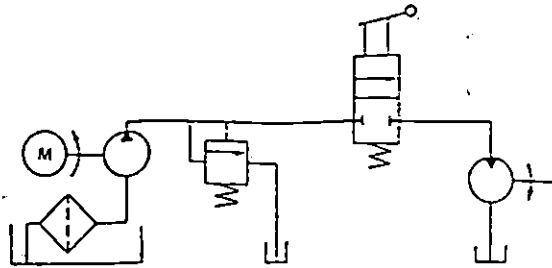
Sistem Hidrolik pada prinsipnya dapat pula diklasifikasikan menurut metoda atau cara pemindahan tenaga yang dilakukan oleh sistem tersebut terhadap penggunaannya. Sesuai dengan parameter-parameter yang berkaitan langsung dengan besar tenaga yang dihasilkan atau dipindahkan, maka sistem-sistem hidrolik dibedakan atas:

- 1). Sistem dengan Debit Konstan (C - Q system)
- 2). Sistem dengan Tekanan Konstan (C - p system)
- 3). Sistem dengan Tenaga Konstan (C - Hp system)
- 4). Sistem dengan Sentuhan Pembebanan (L - S system)

Keempat jenis sistem ini mempunyai karakteristik dan ciri tersendiri, sebagai berikut:

1. Sistem Hidrolik Aliran Konstan (C - Q).

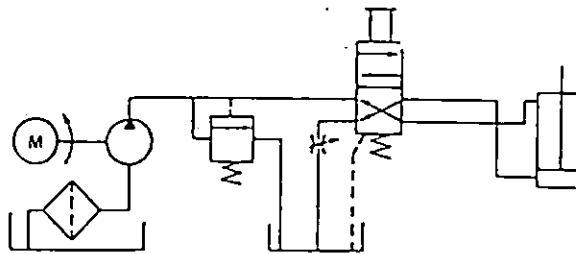
Sistem hidrolik dengan aliran atau debit konstan ini menerima fluida dari sejenis pompa pemindahan tetap yang berputar pada kecepatan relatif stabil. Secara sederhana bentuk rangkaian C - Q System tersebut dapat dilukiskan seperti gambar 5 - 2. Pemasukkan aliran fluida ke aktuator dapat diatur perantara pompa volume tetap yang berputar pada kecepatan konstan.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 5 - 2 Sistem Rangkaian (C - Q)
Sederhana

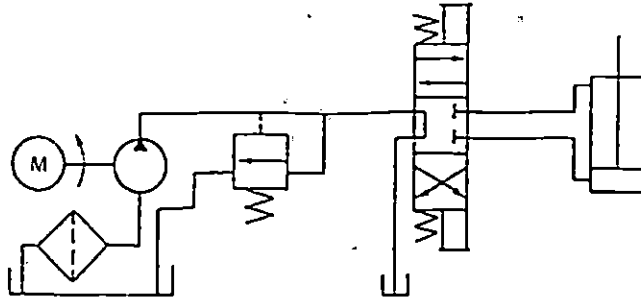
Di samping pengaturan melalui volume pompa, Sistem C - Q dapat juga dilakukan dengan perantara katup kontrol-arah yang dipasang dalam rangkaian dengan sebuah alat (meteran) pengatur aliran. Pengontrolan aliran ini dapat ditempatkan pada posisi masuk atau keluar saluran, seperti terlihat dalam gambar 5 - 3



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar. 5 - 3, Sistem Hidrolik Rangkaian (C - Q)
dengan pengontrol aliran.

Dari segi pelayanan pengoperasiannya, sistem rangkaian hidrolis aliran konstan (C - Q System) ini dapat pula dilakukan dengan katup kontrol pilot seperti pada gambar 5 - 4.



sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 5 - 4. Sistem Hidrolis Rangkaian (C - Q)
dengan katup kontrol pilot

Katup kontrol arah 4/3 jalan akan membuka rute aliran ke reservoir jika berada dalam posisi netral. Sementara katup pengaman dengan pelayanan pemandu (pilot) langsung mengarahkan aliran ke reservoir bilamana silinder hidrolis mengalami langkah maju atau mundur secara penuh.

Besar aliran pompa untuk sistem seperti ini merupakan fungsi dari pemindahan pompa (V_p) dan putaran (n_p), sehingga diperoleh:

$$Q_p = V_p \times n_p \text{ liter/menit}$$

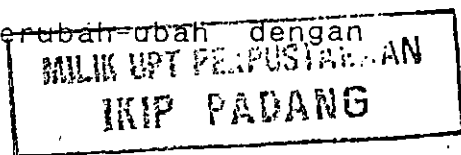
Secara idealnya, ukuran pompa yang digunakan akan ditentukan oleh total permintaan (kebutuhan) aktuatornya, sehingga kapasitas penuh pompa digunakan untuk melawan hambatan pembebanan yang terjadi. Apabila aktuatornya tidak menggunakan secara penuh output pompa, tersebut maka tekanan dalam sistem akan meningkat untuk itu diperlukan suatu katup pengaman atau katup pembebas tekanan, agar sistem terhindar dari bahaya.

Oleh karena dalam hal ini putaran pompa tidak tergantung pada besar beban dukung yang dialami sistem serta kecepatan motor penggeraknya (konstan) maka tenaga input sistem akan berbanding seharga dengan besar tekanan kerja dan variasi tahanan pembebanan yang timbul.

Sistem hidrolik jenis ini diantaranya dapat dijumpai pemakaiannya pada sirkuit atau rangkaian Ban-Berjalan (conveyor).

2. Sistem Hidrolik Tekanan Konstan (C - p).

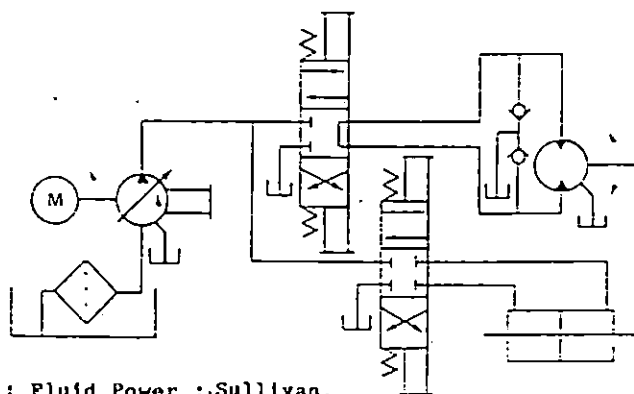
Sistem hidrolik tekanan konstan (C - p System) adalah sejenis sistem yang dapat menjaga agar tekanannya senantiasa tetap/stabil kendatipun jumlah aliran yang dipindahkan ke satu atau lebih aktuator berbeda-beda. Secara khusus, sistem ini dirancang menggunakan sejenis pompa piston atau pompa Vane pemindahan berubah-ubah dengan



pengimbang tekanan, yang memasok (supply) fluida ke aktuator melalui suatu katup kontrol pusat tertutup (normally closed).

Aktuator gerak putar dengan pemindahan tetap menerima fluida pada kondisi tekanan konstan akan memindahkan torsi output (keluaran) yang konstan walaupun terjadi pemindahan putaran. Pukulan atau gelombang tekanan sering dialami ketika pusat sistem dibuka menghadapi tekanan yang turun kerana dipertahankan ketika katup kontrol berada dalam posisi netral.

Dalam gambar 5 - 5 diperlihatkan suatu rangkaian hidrolik sistem C - p dengan dua jenis aktuator, yaitu selinder dan motor hidrolik yang bekerja pada tekanan konstan dan volume pengaliran (debit) berubah-ubah.



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 5 - 5 Sistem Rangkaian Hidrolik (C - p) dengan dua aktuator.

Pada waktu katup kontrol aktuator motor berada pada kedudukan netral (pertengahannya), saluran dalam akan berhubungan dan motor berhenti bekerja. Kapitasi yang dapat terjadi dalam hal ini dicegah dengan pemasangan katup penghambat (check valve) yang akan diberikan tambahan fluida dari reservoir jika diperlukan. Sedangkan aktuator selinder hidrolis pada kondisi demikian terkunci dan akan tertahan memindahkan beban karena kedua salurannya tertutup.

Kebutuhan akan aliran yang berbeda-beda dapat dipenuhi dengan penggunaan pompa pemindahan berubah-ubah yang bereaksi terhadap perubahan tekanan. Permintaan aliran yang relatif tinggi menyebabkan tekanan mengalami penurunan dan pompa akan bekerja dalam langkah penuh sampai tingkat tekanan tercapai. Sebaliknya, pengurangan dalam permintaan fluida menyebabkan tekanan naik dan pompa akan mengubah atau mengurangi jumlah aliran yang dikeluarkan.

Penggunaan pompa pemindahan berubah-ubah dengan kompensasi (pengimbang) tekanan dapat mengganti pemakaian katup pengaman dan pembebas tekanan karena pompa dapat mengimbangi sampai batas tekanan kerja sistem. Katup pengaman atau pemakaian sekering hidrolis yang biasa dipasang pada rangkaian sistem akan dapat mencegah sistem

tersebut, dari kemungkinan terjadinya kejutan (shock), pemuaian panas dalam fluida dan kesalahan fungsi mekanisme pengimbang tekanan di dalam pompa.

3. Sistem Hidrolik Tenaga Konstan (C - Hp).

Sistem Hidrolik Tenaga Konstan adalah sejenis sistem dimana tenaga yang dipindahkan melalui rangkaian selalu dalam keadaan tetap kendatipun terjadi perubahan besar beban hambatan. Oleh karena torsi dan tekanan bersifat tetap (konstan) maka pada sistem tersebut diperlukan pengaturaran tekanan dan debit terhadap kecepatan dan torsi sehingga kombinasi (perkalian) antara besaran-besaran tersebut selalu bersifat konstan. Jadi,

$$H_p \text{ out} = \frac{p \times Q}{44.760} = \frac{T \times N}{7120} = C$$

dimana, p = tekanan kerja sistem kpa

Q = debit liter/menit

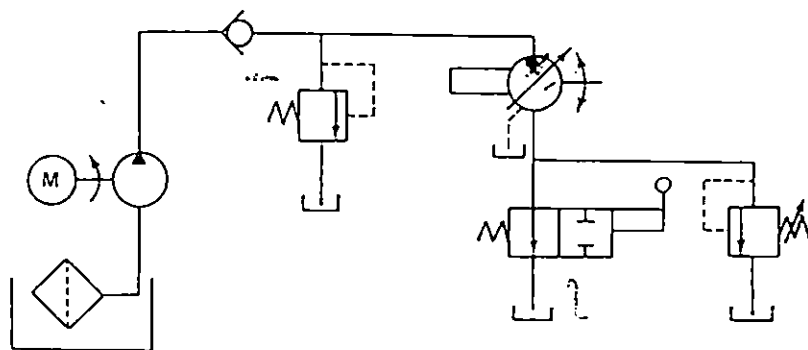
T = Torsi N-m

n = putaran dalam rpm

Beberapa diantara jenis sistem ini menghasilkan tenaga konstan dengan menggunakan pompa pemindahan tetap untuk menggerakkan motor (aktuator) dengan pemindahan berubah-ubah, guna dapat memenuhi fungsinya tersebut.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Dalam gambar 5-6 diperlihatkan rangkaian hidrolis sebuah mesin derek, yang mempergunakan sejenis pompa pemindahan tetap untuk memasok (supply) fluida ke motor putaran dua arah dengan tekanan konstan dan dioperasikan secara manual. Pada saluran masuk (in-line) dipasang sebuah katup penghambat untuk mencegah motor dari gerakan pompa ketika terjadi pembebanan lebih. Sedangkan dibagian sisi keluar motor (ex-line) dipasang katup kontrol arah 2/2 way yang juga dioperasikan secara manual. Penyetelan motor pada pemindahan maksimum pula dengan kecepatan putaran minimum. Jika dilakukan pengurangan pemindahan maka dapat menyebabkan peningkatan putaran dan sekaligus penurunan torsi pada motor. Bilamana pengurangan pemindahan berlangsung terus maka akan mengakibatkan pengurangan torsi yang lebih besar lagi dan disertai dengan peningkat-



sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 5-6 Sistem Hidrolik Rangkaian (C -Hp)

an putaran sampai pada waktunya torsi pada motor tidak cukup mampu untuk menahan lajunya putaran. Pada pemindahan seperti ini beban hambatan akan mematikan motor.

Sistem Hidrolik Tenaga Konstan jenis lain adalah memakai sumber input tenaga yang tetap, seperti Battery. Tenaga output yang dihasilkan dari sistem bentuk ini adalah,

$$O \text{ Hp} = \frac{F \times L}{746 \times t}$$

dimana, F = beban hambatan N

L = Jarak/jauh pemindahan m

t = Waktu detik

Peningkatan beban hambatan (F) dalam hal ini dapat menyebabkan suatu peningkatan tekanan sistem jika luas efektif penampang piston aktuator tetap, atau pemindahan motor tetap. Bilamana menggunakan motor pemindahan berubah-ubah dengan pengimbang (kompensasi) tekanan maka pada waktu tekanannya harus dipertahankan tetap, pemindahan efektif dari aktuator mesti dinaikkan jika beban hambatannya mengalami peningkatan.

$$H_p \text{ in} = \frac{E \times I}{746}$$

dimana, E = Voltage yang dihasilkan Battery Volt

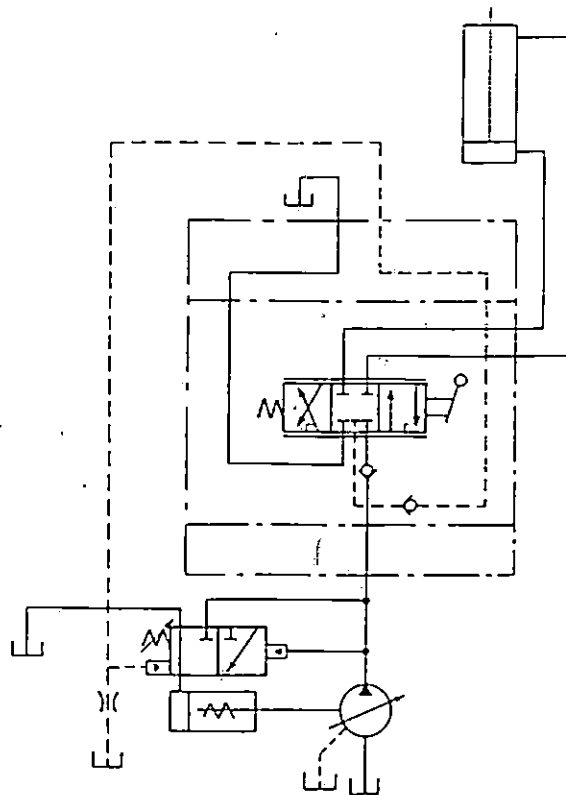
I = Kuat arus battery ampere

Jika tenaga disimpan dalam battery dipertahankan tetap sesuai dengan perubahan besar beban hambatan, maka peningkatan arus (I) akan disertai dengan penurunan tegangan (Voltage) dari battery sehingga diperoleh hasil perkalian ($E \times I$) = Constan.

4. Sistem Hidrolik Sentuhan Pembebanan (L - s).

Sistem Hidrolik sentuhan Pembebanan (L - s) ini dirancang untuk menghemat energi dan meningkatkan efisiensi total suatu sistem. Perubahan volume pompa dan tekanan kerja dalam hal ini disesuaikan dengan permintaan (demand) dari beban hambatan, sehingga dengan demikian dapat menghindari kehilangan tenaga pada waktu menjaga agar aliran konstan untuk sistem-sistem Pusat Terbuka atau menjaga tekanan tinggi yang konstan bagi sistem Pusat Tertutup yang bersifat konvensional. Sistem ini hanya mengeluarkan sejumlah aliran yang dibutuhkan sesuai dengan kecepatan operasi dan tekanan kerja untuk menggerakkan beban. Hal tersebut dapat dilakukan melalui sebuah katup pengimbang (kompensasi) beban yang akan berfungsi untuk mengosongkan (membebaskan) pompa dari pembebanan, bilamana

jenis pompa yang digunakan berpemindahan tetap. Atau dengan perantara gerakan mekanisme pemutus langsung jika sistem menggunakan pompa dengan pemindahan berubah-ubah, seperti gambar 5-7.



sumber : Fluid Power; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 5-7 Sistem Hidrolik Dengan Rangkaian
Sentuhan Pembebanan

Contoh Soal 5-2

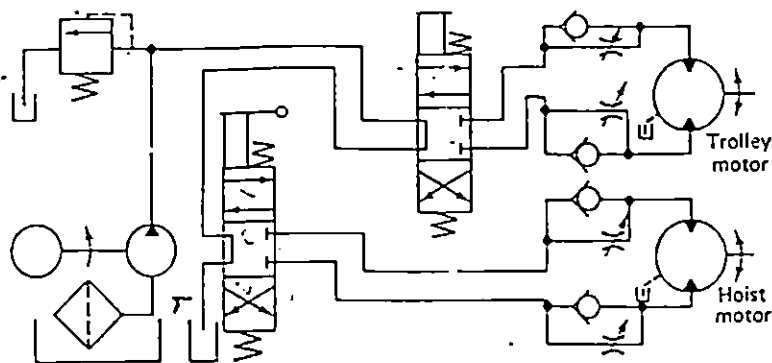
Rencanakanlah kemungkinan bentuk diagram rangkaian hidrolik dari contoh soal 5-1, jika dalam hal ini diguna-

kan jenis sistem hidrolis (Q - C - System) yaitu

$$Q_{\text{pompa}} = Q_{\text{aktuator}}$$

Penyelesaian:

. Alternatif pertama direncanakan atau dipilih bentuk susunan rangkaian dengan sistem Pusat Terbuka atau "normally open" seperti pada gambar 5-8



sumber : Fluid Power; Sullivan
Virginia, 1982

Gambar 5-8. Rangkaian Hidrolis Sistem Pusat Terbuka
Tanpa Saluran di Tengah Katup Kontrol

Untuk dapat mengangkat beban maka motor hidrolis yang dipasang pada alat angkat terlebih dahulu digerakkan dengan cara menggeser kedudukan katup dari posisi netral ke posisi (1) atau ditekan ke bawah, sehingga aliran fluida mengalir ke motor (aktuator) dan sekaligus menggerakannya searah putaran jarum jam serta mengangkat beban.

Motor akan memberikan gaya secukupnya untuk dapat mampu mengangkat atau mengatasi beban hambatan dari posisi titik A sampai mencapai posisi maksimum yang direncanakan.

Pada waktu beban mencapai ketinggian yang diinginkan motor hidrolik alat angkat berhenti bekerja sementara beban tertahan untuk tidak meluncur ke bawah. Selanjutnya, motor alat pengangkut (Trolley) dioperasikan dengan cara menggeser kedudukan katup kontrolnya ke posisi (1), sehingga aliran masuk ke motor dan sekaligus memindahkan/mengangkut beban dengan gerakan mendatar sejauh yang direncanakan. Setelah mencapai akhir gerakan mendatar beban diturunkan dengan gerakan perlambatan, dengan membatasi jumlah aliran fluida yang kembali. Ketika berlangsungnya penurunan beban tersebut sistem hidrolik mengalami pembebanan negatif, dimana dalam hal ini juga tidak adanya energi input pada penggerak pompa (diabaikan). Akan tetapi dalam kondisi demikian komponen-komponen hidrolik masih mempertahankan tekanan kerja (positif) di bagian sisi aktuator katup kontrolnya.

Dalam contoh rangkaian hidrolik di atas katup kontrol arahnya akan membiarkan fluida mengalir langsung ke salah satu rangkaiannya (yaitu ke rangkaian alat angkat atau ke rangkaian alat pengangkut). Jadi aliran fluida tidak berlangsung secara simultan. Ini berarti debit maksimum

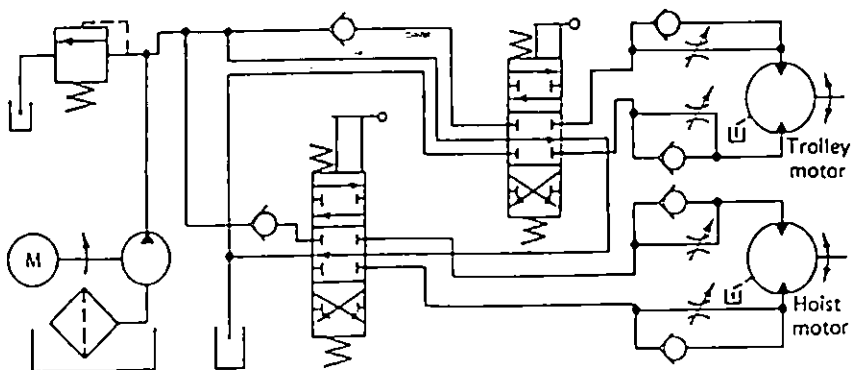
terjadi ketika pompa berhubungan dengan aktuator motor alat angkat (yaitu : 44,3 liter/menit).

Dengan demikian untuk jenis rangkaian seperti ini, jumlah aliran pompa (Q_p) akan sama dengan jumlah pengaliran pada aktuator (Q_a)

$$Q_p = Q_a$$

Alternatif kedua, merencanakan bentuk rangkaian seperti pada gambar 5-9. Dalam hal ini kedua katup kontrol arahnya dibuat saluran di tengahnya sehingga sistem akan berkemampuan untuk menyalurkan fluida secara sirempak (simultan). Dengan demikian berarti, jumlah debit pengaliran pompa akan sama dengan jumlah debit dari kedua aktuatornya, yaitu :

$$Q_p = (Q_a) = (Q_{hm} + Q_{tm})$$



sumber : Fluid Power ; Sullivan,
Virginia, 1982

Gambar 5-9. Rangkaian Hidrolik Dengan Penyaluran Di Tengah Katup Kontrol.

D. Soal-Soal.

1. Diskripsikan dengan jelas fungsi dan tugas (dari pekerjaan) berikut ini
 - a. Perencanaan rangkaian dan sistem hidrolik
 - b. Analisis rangkaian dan sistem hidrolik
2. Dalam perencanaan rangkaian dan sistem hidrolik terdapat 4 bentuk pemindahan tenaga. Terangkan dengan jelas keempat prinsip tersebut.
3. Jika pada suatu sistem hidrolik dengan tenaga konstan (P - system) tiba-tiba mengalami peningkatan hambatan pembebanan. Apa yang terjadi bilamana sistem tersebut mempunyai:
 - a. Pompa dan motor hidroliknya dengan pemindahan konstan
 - b. Pompa dengan pemindahan tetap tetapi motor hidroliknya dengan pemindahan berubah-ubah
4. Susun dan gambarkan sebuah rangkaian hidrolik dengan sistem pusat terbuka (open centre) yang dihubungkan dengan dua selinder kerja.

BAB VI

PUKULAN TEKANAN HIDROLIK

A. Pengantar

Timbulnya berbagai bentuk kesukaran dan gangguan di dalam melayani sistem-sistem hidrolik hampir tak dapat dielakkan. Sebagian besar disebabkan oleh adanya getaran dan pukulan tekanan hidrolik pada rangkaian pemipaan sistem. Umumnya kesemua penyebab ini berasal dari, pulsasi debit aliran pompa, impuls-impuls dari mekanisme penggerak, resonansi getaran pribadi dan proses penghubungan (membuka dan menutup aliran).

Pengaturan penempatan komponen-komponen sistem dengan sebaik mungkin serta pemasangan sejenis alat bantu akan dapat mengatasi atau mengurangi timbulnya kesukaran dan gangguan-gangguan tersebut.

B. Pukulan Hidrolik

Pukulan tekanan hidrolik adalah merupakan peristiwa terjadinya perubahan tekanan secara tiba-tiba dalam instalasi pemipaan sistem hidrolik akibat timbulnya suatu perubahan kecepatan aliran dengan tiba-tiba yang berlang-

sung secara cepat dan dalam waktu yang bersamaan. Hal ini disebabkan karena pengaruh kecepatan membuka dan menutup katup-katup atau lobang-lobang aliran fluida.

Dengan demikian pada proses-proses penyaluran dan pengembalian fluida serta pengendalian sistem mengakibatkan timbulnya pukulan tekanan hidrolis atau momentum aliran karena pengaruh percepatan atau perlambatan suatu kolom fluida (ketinggian) dan massa aliran.

Besar atau kecilnya pukulan hidrolis ini akan tergantung pada faktor-faktor sebagai berikut (Krist, 1991):

1. Perubahan kecepatan aliran
2. Waktu untuk yang dilakukan penyaluran
3. Kecepatan rambat dari gelombang tekanan hidrolis di dalam pipa aliran
4. Kecepatan reaksi dari jenis katup pengaman yang digunakan pada sistem hidrolis

Pukulan-pukulan hidrolis akan menghambat kecepatan penyaluran atau pengendalian dalam instalasi sistem hidrolis sehingga dapat menyebabkan naiknya tekanan yang terjadi sampai di atas nilai yang diperhitungkan. Dengan mengabaikan pengaruh dari gelombang tekanan balik fluida maka tinggi kenaikan tekanan akibat pukulan hidrolis tersebut ditentukan melalui rumus:

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

$$p = c \cdot 10^3 \cdot s_g \cdot (V_1 \pm V_2)$$

dimana, p = perubahan/selisih tekanan N/m^2

c = kecepatan rambat/bunyi gelombang pukulan tekanan hidrolik m/det

V_1 = kecepatan fluida sebelum katup atau lubang pengaliran m/det

V_2 = kecepatan fluida sesudah katup atau lubang pengaliran m/det

s_g = spesifik gravity fluida

Cepat rambat bunyi atau gelombang pukulan c untuk pengaliran dalam sistem hidrolik besarnya adalah sebagai berikut:

- 1 . Dalam minyak mineral 1000 - 1330 m/det
- 2 . Dalam pipa baja 5050 - 6100 m/det
- 3 . Dalam pipa tembaga 3580 - 4605 m/det
- 4 . Dalam slang karet 1250 - 1570 m/det

Berbagai literatur juga menyimpulkan bahwa cepat bunyi atau gelombang dalam fluida hidrolik dipengaruhi oleh indeks viskositas dan diameter pipa pengalirannya. Cepat rambat bunyi akan bertambah tinggi apabila viskositas fluida naik (semakin kental) dan ukuran diameter pipanya semakin diperkecil.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Jika dianggap bahwa tekanan dan kecepatan aliran di dalam penampang pipa selalu konstan atau arus dan gesekan dalam fluida hidrolis diabaikan, maka cepat rambat bunyi dalam pipa pengaliran dihitung dengan rumus (Krist, 1991):

$$c = \sqrt{\frac{E_{flu}/\rho}{1 + \frac{E}{E \cdot s} \cdot \frac{d_i}{E \cdot s}}}$$

- dimana, c = cepat rambat bunyi dalam pipa
 E_{flu} = modulus elastisitas minyak N/m^2
 d = diameter pipa
 s = tebal dinding pipa
 E = modulus elastisitas pipa N/m^2

Adapun waktu perjalanan dan sebuah gelombang pukulan tekanan hidrolis, yaitu adalah waktu yang dibutuhkannya untuk maju dan kembali dari sebuah penutupan katup/keran hidrolis ke penyaluran atau penyambungan yang diinginkan dalam ukuran jarak tertentu. Ini dihitung berdasarkan rumus:

$$t_i = \frac{2 \cdot l}{c}$$

- dimana, t_i = waktu perjalanan gelombang pukulan hidrolis

l = jarak katup ke penyaluran,

c = cepat rambat gelombang hidrolis

Lamanya gerakan atau waktu tutup yang diperlukan oleh sebuah katup pada penutupan secara tiba-tiba hendaknya lebih singkat dari hasil perhitungan tersebut. Jadi,

$$t_{akt} = \leq t_i$$

Kenaikan atau peningkatan tekanan secara berlebihan sebagai akibat dari pukulan-pukulan tekanan hidrolis ini didalam Sistem dapat di atasi melalui faktor-faktor berikut:

- a. Gelombang-gelombang tekanan bolak-balik yaitu dengan cara penurunan tekanan, dan kemudian ditambahkan pada gelombang tekanan utama sistem
- b. Pengaruh dari kehilangan aliran yang akan mempercepat peredaman naik turunnya tekanan
- c. Pemasangan katup-katup pengaman (katup tekanan lebih)

Selain itu, apabila dikehendaki suatu arah arus aliran yang cepat berbalik, seperti pada sistem kempa hidrolis maka diperlukan penggunaan peredam-peredam pukulan hidrolis, yaitu alat akumulator yang ditempatkan di depan katup.

C. Getaran Pribadi dan Getaran Paksa.

Oleh karena cukup banyaknya proses penyaluran dan pengalihan (konversi) yang terjadi di dalam rangkaian sistem serta pengaruh peredaman yang tidak mudah ditentukan maka perhitungan yang tepat terhadap proses-proses getaran yang timbul tidaklah begitu mudah untuk dilakukan.

Guna mengurangi pengaruh dari resonansi atau getaran-getaran paksa, frekuensi pribadi atau frekuensi dasar yang disebabkan oleh berbagai unsur atau komponen hidrolis yang di pasang di dalam sistem, seperti pompa, pipa-pipa penghubung, katup-katup, aktuator dan sebagainya hendaklah satu sama lain ditempatkan sejauh mungkin (Krist, 1991).

Pompa-pompa hidrolis dengan debit atau pengaliran tidak konstan biasanya akan memberikan frekuensi getar atau pukulan tekanan hidrolis tiap satuan waktunya sebesar:

$$f_m = \frac{n \cdot z}{60}$$

dimana, f_m = jumlah frekuensi getar tiap detik

n = jumlah putaran pompa tiap menit

z = jumlah piston atau banyaknya gigi pompa yang digunakan



Sedangkan frekuensi pribadi (dasar) dari berbagai unsur atau bagian tertentu dalam rangkaian sistem dihitung sebagai berikut:

a. Untuk sebuah kolom fluida hidrolik digunakan rumus:

$$f_m = \frac{c}{2.l}$$

dimana, f_b = frekuensi pribadi fluida hidrolik dengan ketinggian tertentu

l = panjang atau tinggi kolom fluida

c = cepat rambat gelombang bunyi

b. Untuk sebuah pipa yang terisi penuh dengan fluida, di-jepit dikedua sisinya digunakan rumus: (Krist, 1991)

$$f_b = 3,56 \sqrt{\frac{E \cdot J}{m \cdot l^3}}$$

dimana, m = massa pipa dan fluida yang mengalir

l = panjang pipa pengaliran

E = modulus elastisitas bahan pipa

J = momen kelembaman polar pipa

c. Untuk sebuah katup hidrolik dengan pembebanan pegas berlaku persamaan sebagai berikut:

$$f = 5,03 \sqrt{\frac{k}{m}}$$

dimana, k = konstant pegas katup

m = massa pegas

D. Peredam Getaran:

Pukulan-pukulan tekanan hidrolik dan getaran-getaran di dalam sistem hidrolik, yang berasal dari getaran perpindahan serta akibat dari pompa-pompa dengan debit yang tidak teratur dapat dikurangi melalui:

- 1). Pemasangan katup-katup pembatas tekanan
- 2). Memperbesar atau meningkatkan kadar elastisitas sistem, seperti:
 - a. Pemasangan sepotong slang di dalam pipa pengaliran, terutama untuk tekanan yang sedikit mengalami naikturun
 - b. Pemasangan akumulator-akumulator untuk pukulan-pukulan tekanan yang cukup besar atau pulsasi debit pompa yang tidak teratur

Pemasangan alat akumulator di depan katup, selain bertujuan untuk peredam tersebut juga dimaksudkan untuk meratakan pengisapan dan penekanan yang tidak beraturan. Fungsi ini dilakukan oleh pompa dengan jalan menyimpan

(mengumpulkan) atau mengeluarkan fluida pada saat yang tepat, sehingga dengan demikian akan diperoleh suatu aliran yang merata diseluruh rangkaian.

Sebagai alat peredam getaran, akumulator hidrolik tersebut direncanakan dengan beberapa prinsip diantaranya yaitu, berdasarkan pemberat ballastik, penekanan pegas dan prinsip tekanan gas (udara). Khusus untuk Sistem Ballastik tekanan pengaliran tergantung pada berat (ukuran tangki) ballastik dan luas penampang akumulator (Sullivan, 1982) :

$$p_{out} = \frac{F_b}{A_{acu}}$$

dimana, p_{out} = tekanan keluar akumulator

F_b = gaya/pemberat ballastik

A_{acu} = luas penampang akumulator

Apabila luas penampang akumulator diberikan, maka kapasitas akumulator dapat ditentukan berdasarkan rumus:

$$Q_{acu} = \frac{A \cdot S}{1000} \text{ liter}$$

dimana, Q_{acu} = kapasitas akumulator dm^3

A = luas penampang m^2

S = langkah pompa m

Contoh Soal 6 - 2

Hitunglah besar gaya yang digunakan pada pemberat balastik sebuah tabung akumulator sistem hidrolik, guna dapat membangkitkan tekanan 10 bar. Diameter penampang tabung 30 cm, gesekan diabaikan. Kemudian tentukan juga kapasitas akumulator tersebut bilamana panjang langkah diberikan 1,5 m

Penyelesaian.

Tekanan keluar akumulator,

$$p_{out} = \frac{F_b}{A_{acu}}$$

$$\begin{aligned} F_b &= p_{out} \cdot A_{acu} \\ &= 10 \cdot 10^5 \cdot 0,785 (d^2) \\ &= 10 \cdot 10^5 \cdot 0,785 \cdot 0,3^2 \\ &= 70.650 \text{ N} \end{aligned}$$

Kapasitas akumulator adalah :

$$\begin{aligned} Q_{out} &= \frac{A \cdot S}{1000} \cdot \text{liter} \\ &= \frac{0,785 (30)^2 \cdot 150}{1000} \\ &= 105,6 \text{ liter} \end{aligned}$$

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Bacon, D.H; 1977: Mechanical Technology; Newnes Butterworths & Co; London.
- Bosch, Robert; 1984; Hydraulics-Theory and Application from Bosch; Technical Publication Departemen-Hydraulics Division; Stuttgart-Federal Republic of Germany.
- Catterpillar; 1973; Fundamentals of Hydraulics; Catterpillar Tractor Co; Singapore.
- Dake, Jonas M.K; 1985; Hidrolika Teknik; Penerbit Erlangga; Jakarta.
- Daugherty, Robert L and Franzini, Joseph B; 1980; Fluid Mechanics with Applications; Mc Graw Hill Book Co; Tokyo.
- Deere, Jhon; 1982; Hydraulics-Fundamental of Services; Deere Enterprise: Moline - USA.
- Hexindo; 1986: Hydraulics System; PT. Hexindo Adiperkasa; Jakarta
- Hitachi; 1989; Fundamental of Hydraulics - Training Text; Hitachi Construction Machinery Co-Ltd; Tokyo-Japan.
- Khurmi, R.S; 1983 Hydraulics-Fluid Mechanics and Hydraulics Machines; S.Chand & Company Ltd; Ram Nagar-New Delhi.
- Krist, Thomas; 1991; Hidraulika; Penerbit Erlangga; Jakarta.
- Nekrasov, Boris; 1971; Hydraulics for Aeronautical Engineers; Peace Publisher; Moscow.
- Sullivan, James A: 1982; Fluid Power; Reston Publishing Company Inc; Virginia - USA.
- Vega, 1977; Power Technology; Vega Enterprises Inc: Decatur Illinois USA