



**LABORATORY of
FLUID MACHINERY AND SYSTEM**

**MARINE ENGINEERING
ITS SURABAYA**

MODUL PRAKTIKUM MESIN FLUIDA (ME 184548)

**OLEH :
TIM LABORATORIUM MESIN FLUIDA DAN SISTEM**

**FLUIDS MACHINERY AND SYSTEM LABORATORY
DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
ITS Sukolilo Campus, Surabaya 60111
Telp. 031 599 4251 ext. 22
Fax. 031 599 4757**

REV. 01/ODDMESFLU/OCT/2011



BAB I

SISTEM HIDROLIS

I. TUJUAN

Tujuan dari praktikum ini adalah :

1. Dapat merangkai sistem hidrolis secara sederhana.
2. Dapat memahami karakteristik dari sistem hidrolis.

II. DASAR TEORI

Sistem hidrolis adalah teknologi yang memanfaatkan zat cair, biasanya oli, untuk melakukan suatu gerakan segaris atau putaran. Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip jika suatu zat cair dikenakan tekanan, maka tekanan itu akan merambat kesegala arah dengan tidak bertambah atau berkurang kekuatannya. Prinsip dalam rangkaian hidrolis adalah menggunakan fluida kerja berupa zat cair yang dipindahkan dengan pompa hidrolis untuk menjalankan suatu sistem tertentu. Umumnya, Sistem ini digunakan untuk memindahkan suatu komponen dari satu tempat ke tempat lain secara *mechanical energy* dengan menggunakan *pressure energy* yang didapat dari : Sebuah pompa hidrolis yang digerakan secara mekanik (*engine*) mengakibatkan adanya aliran fluida, kemudian mengubahnya kedalam *pressure energy* dan *kinetic energy* didalam sistem hidrolis dan diubah kembali kedalam *mechanical energy* untuk bekerja. Sistem hidrolis ini dapat digunakan untuk *automation* (otomatisasi) dari sebuah sistim kerja dengan memanfaatkan torsi dan respon kerjanya. Rangkaian kerja system hidrolis terbagi menjadi 3 yaitu *working cylinder*, *control device* dan *power unit*.

2.1 Working Cylinder

Working Cylinder pada rangkaian system hidrolis ini adalah subsistem yang berfungsi melakukan kerja yang diperoleh dari fluida kerja. yang termasuk dalam peralatan working device dalam praktikum ini adalah motor hidrolis dan actuator. Sebenarnya secara umum working cylinder terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Penggerak lurus (*Linear Motion Actuator*)
 - Silinder kerja tunggal (*Single Acting Cylinder*)
 - Silinder kerja ganda (*Double Acting Cylinder*)
2. Penggerak putar (*Rotary Motion Actuator*)
 - Motor Hidrolis (*Hydraulic Motor*)
 - *Limited Rotary Actuator*

2.2 Control Device

Control Device adalah peralatan control yang berfungsi mengontrol system atau lebih tepatnya mengontrol laju aliran fluida kerja. Dalam rangkaian ini yang termasuk peralatan control device adalah katup-katup dengan segala macam jenis klasifikasinya. Klasifikasi katup berdasarkan fungsinya antara lain :

- Katup kontrol arah (*Directional Control Valves*)
- Katup kontrol aliran (*Flow Control Valves*)
- Katup kontrol tekanan (*Pressure valves*)
- Katup searah (*non-return.valves*)

2.3 Power Unit

Power Unit atau Unit Daya dalam rangkaian hidrolis ini mencakup beberapa peralatan yang mendukung kinerja system antara lain *Electric Motor, Gear pump, Diaphragm accumulator, hydraulic pump.*

Secara garis besar macam dan jenis pompa hidrolis antara lain :

- ⊖ *Fixed Displacement Pumps* : Gear pumps, Screw pumps, dll.
- ⊖ *Variable Displacement Pumps* : Vane pumps, piston pumps, dll.

2.4 Rapat massa zat

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya.

$$\rho = m/V$$

Keterangan :

ρ = rapat massa/ massa jenis	(kg/m^3)
m = massa	(kg)
V = volume	(m^3)

2.5 Berat jenis zat

Berat jenis adalah berat benda per satuan volume pada temperatur dan tekanan tertentu serta berat suatu benda adalah hasil kali antara rapat massa dan percepatan gravitasi.

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Keterangan :

γ = berat jenis	(kg/m^2s^2)
ρ = rapat massa/ massa jenis	(kg/m^3)
g = percepatan gravitasi	(m/s^2)

2.6 Rapat Relatif Zat

Rapat relative zat adalah perbandingan antara rapat massa suatu zat dan rapat massa air, atau perbandingan antara berat jenis suatu zat dengan berat jenis air.

$$s = \frac{\rho_{cair}}{\rho_{air}} = \frac{\gamma_{cair}}{\gamma_{air}}$$

2.7 Viskositas Zat Cair

Kekentalan (viskositas) adalah sifat dari zat cair untuk melawan tegangan geser pada waktu bergerak atau mengalir. Kekentalan disebabkan adanya kohesi antara partikel zat cair sehingga menyebabkan adanya tegangan geser antara molekul – molekul yang bergerak. zat cair ideal tidak memiliki kekentalan. Adapun didalam satuan internasional (**SI**) satuan viskositas ditetapkan sebagai viskositas kinematik (*kinematic viscosity*) yang besarnya dipengaruhi oleh temperature (T).

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

Keterangan :

v = viskositas kinematik	(cm/s^2)
ρ = rapat massa/ massa jenis	(kg/cm^3)
μ = viskositas dinamis	($Pa.s/cm^2$)

2.8 Hukum Pascal

Fluida yang mengalir jika diberikan tekanan, maka tekanan itu akan merambat ke segala dengan tidak bertambah atau berkurang kekuatannya. Persamaan dari Hukum Pascal adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_1 &= P_2 \\ \frac{F_1}{A_1} &= \frac{F_2}{A_2} \end{aligned}$$

Keterangan :

P = pressure (tekanan)	(N/m^2)
F = force (gaya)	(N)
A = area (luas penampang)	(m^2)

2.9 Hukum Kontinuitas

Fluida yang mengalir melalui suatu penampang akan selalau memenuhi hukum kontinuitas yaitu laju massa fluida yang masuk \dot{m}_{masuk} akan selalau sama dengan laju massa fluida yang keluar \dot{m}_{keluar} , maka Persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{masuk} &= \dot{m}_{keluar} \\ [\rho Av]_1 &= [\rho Av]_2 \end{aligned}$$

untuk aliran fluida cair (tak mampu mampat), maka $\rho_1 = \rho_2$ sehingga :

$$\begin{aligned} [vA]_1 &= [vA]_2 \\ Q_1 &= Q_2 \end{aligned}$$

Keterangan :

$Q_{1,2}$ = kapasitas fluida (masuk, keluar)	(m^3/s)
$\rho_{1,2}$ = massa jenis fluida (masuk, keluar)	(kg/m^3)
$A_{1,2}$ = luas penampang (masuk, keluar)	(m^2)
$v_{1,2}$ = kecepatan aliran fluida (masuk, keluar)	(m/s)

2.10 Hukum Bernoulli

Fluida yang mengalir melalui suatu penampang saluran jumlah energi pada setiap titik pada sistem aliran fluida tersebut adalah *konstan*, maka Persamaan bernoulli adalah :

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = k$$

Keterangan :

P = energi tekan (<i>Hydrostatic Energy</i>)	(N/m)
$\frac{1}{2}\rho v^2$ = energi kinetik (<i>Hydrodynamic Energy</i>)	($kg.s^2/m^3$)
ρgh = energi potensial (<i>Gravitational Energy</i>)	(kg/ms)

III. PERALATAN YANG DIGUNAKAN

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Motor Listrik : Untuk menggerakkan pompa.
2. Papan Rangkaian : Tempat menempatkan komponen - komponen Sistem Hidrolis.
3. Pompa Hidrolis : Untuk mengalirkan fluida kerja.
4. Selang saluran (*Hose*) : Untuk menyalurkan fluida antar komponen.
5. Katup Kontrol Aliran (*Flow Control Valve*) : Mengendalikan besar kecilnya aliran fluida.
6. Manometer (*Pressure Gauge*) : Untuk mengukur tekanan fluida kerja.
7. Stop watch : Untuk mengukur waktu tempuh torak saat posisi keluar atau masuk.
8. Katup Kontrol Arah 4/3 (*4/3 Hand Lever valve*) : Untuk mengendalikan arah aliran fluida kerja.
9. Pressure Relief Valve : Katup untuk membatasi tekanan system (*safety valve*).
10. Tachometer : Untuk mengukur putaran pada motor hidrolis.
11. Penggaris : Untuk mengukur panjang lengan aktuator.
12. Aktuator : Mentransmisikan pressure energy kedalam mechanical energy.
13. Aktuator : Mentransmisikan pressure energy kedalam mechanical energy.
14. Motor Hidrolis : Mentransmisikan pressure energy kedalam mechanical energy.

IV. LANGKAH PERCOBAAN

4.1 Percobaan 1 menggunakan Aktuator (*Hidrolis cylinder*)

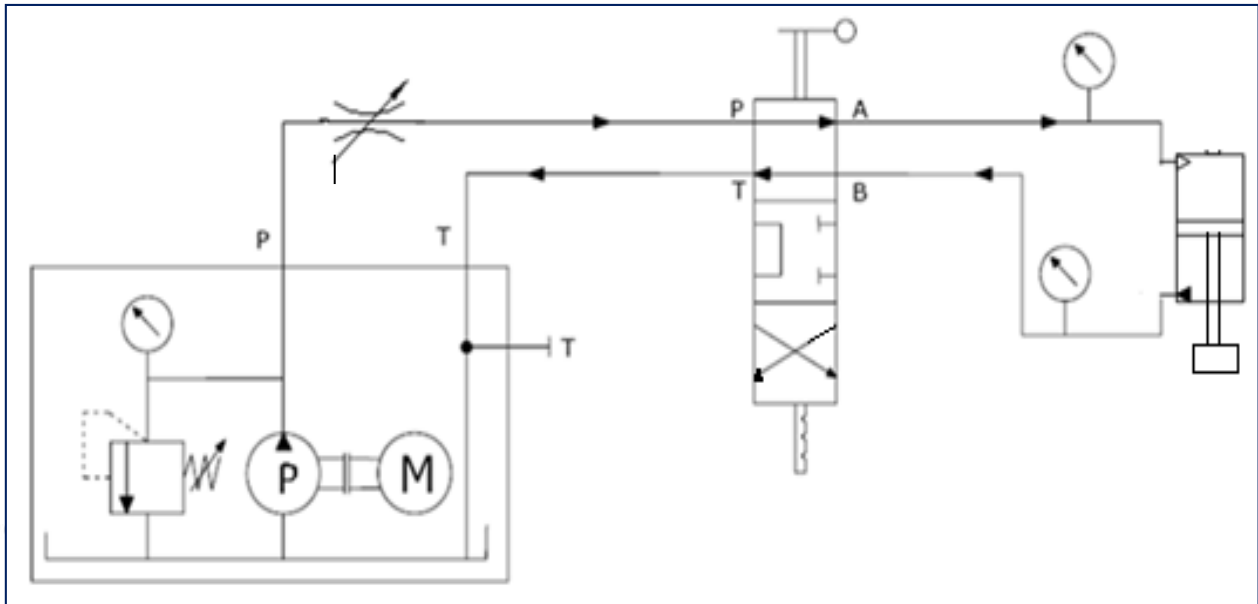
1. Semua saluran dan kondisi katup diperiksa.
2. Sistem hidrolis dirangkai sesuai modul praktikum.
3. Pompa hidrolis dihubungkan dengan reservoir fluida kerja.
4. Pompa hidrolis dinyalakan.
5. Variasikan posisi bukaan katup
6. Atur posisi tuas katup pengarah aliran.
7. Amati kinerja rangkaian sistem tersebut.

4.2 Percobaan 2 menggunakan Motor hidrolis

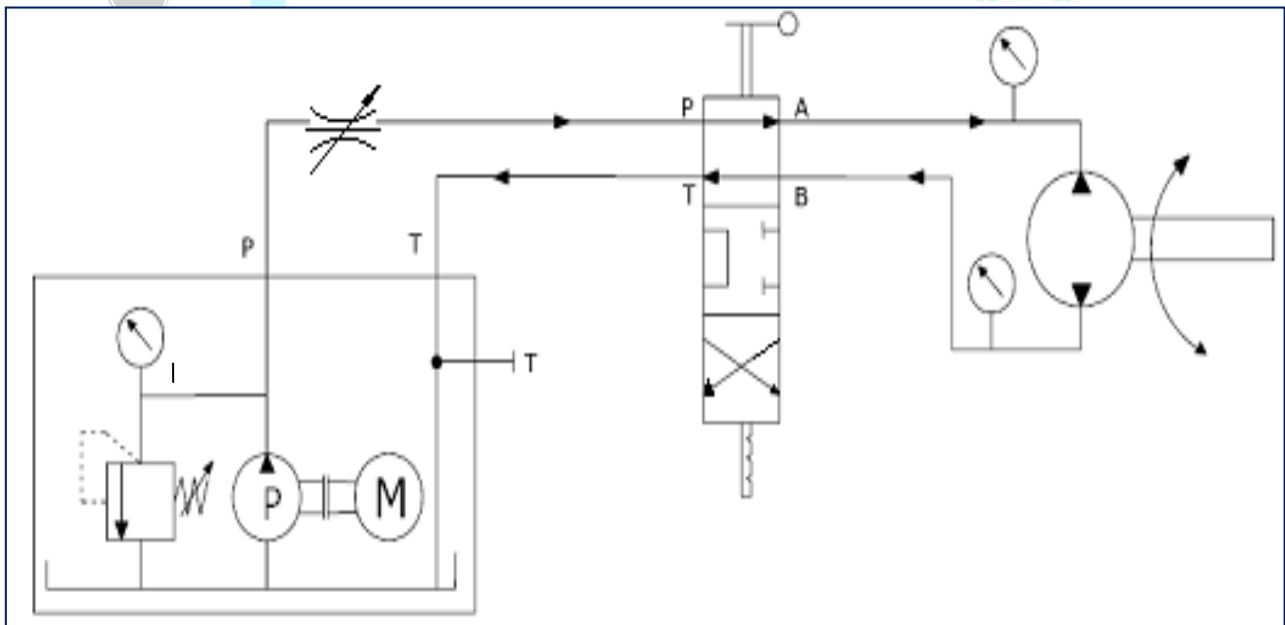
1. Semua saluran dan kondisi katup diperiksa.
2. Sistem hidrolis dirangkai sesuai modul praktikum.
3. Pompa hidrolis dihubungkan dengan reservoir fluida kerja.
4. Pompa hidrolis dinyalakan.
5. Variasikan posisi bukaan katup
6. Atur posisi tuas katup pengarah aliran.
7. Amati kinerja rangkaian sistem tersebut.

V. GAMBAR RANGKAIAN

a. Percobaan 1 (Actuator)



b. Percobaan 2 (Motor Hidrolis)



VI. TABEL DATA DAN HASIL PENGAMATAN

6.1 Percobaan 1 menggunakan *actuator*

Piston rod keluar (*extend*)

No.	Posisi bukaan katup	P_{in} (Bar)	P_{out} (Bar)	Waktu (s)
1				
2				
3				

Piston rod masuk (*retract*)

No.	Posisi bukaan katup	P_{in} (Bar)	P_{out} (Bar)	Waktu (s)
1				
2				
3				

Panjang lengan aktuator (l)		cm
Diameter silinder aktuator (d)		cm

6.2 Percobaan 2 menggunakan *motor hidrolis*

a. Putaran searah jarum jam (*clockwise*)

No.	Posisi bukaan katup	P_{in} (Bar)	P_{out} (Bar)	Putaran (Rpm)
1				
2				
3				

b. Putaran berlawanan arah jarum jam (*counter clockwise*)

No.	Posisi bukaan katup	P_{in} (Bar)	P_{out} (Bar)	Putaran (Rpm)
1				
2				
3				

Surabaya, 2011

GRADER I,

GRADER II,

.....
NRP.

.....
NRP.

VII. ANALISA DATA DAN GRAFIK

- 1) Hitunglah beda tekanan (ΔP), gaya (F) dan kapasitas (Q) pada percobaan menggunakan actuator
- 2) Tentukanlah grafik perbandingan masing – masing percobaan :

Percobaan 1 menggunakan Actuator :

- a. Grafik perbandingan gaya (F) dengan beda tekanan (ΔP)
- b. Grafik perbandingan beda tekanan (ΔP) dengan bukaan katup
- c. Grafik perbandingan beda tekanan (ΔP) dengan Kapasitas (Q)
- d. Grafik perbandingan Kapasitas (Q) dengan waktu keluar dan masuk torak

Percobaan 2 menggunakan Motor Hidrolis :

- a. Grafik perbandingan putaran (n) dengan beda tekanan (ΔP)
- b. Grafik perbandingan putaran (n) dengan bukaan katup
- c. Grafik perbandingan beda tekanan (ΔP) dengan bukaan katup

- 3) Analisa masing – masing data berdasarkan grafik perbandingan yang diperoleh.
- 4) Berikan kesimpulan.



BAB II

SISTEM PNEUMATIS

I. TUJUAN

- Praktikan memahami prinsip dasar kerja sistem pneumatis
- Praktikan mampu merangkai dan menjalankan sistem pneumatis sederhana
- Praktikan mengetahui dan memahami komponen-komponen sistem pneumatis

II. DASAR TEORI

Sistem pneumatis merupakan salah satu sistem yang menggunakan media fluida kerja untuk menghasilkan tenaga. Fluida kerja berupa udara yang dimampatkan yang berfungsi untuk memindahkan dan mengontrol energi yang dikonversi menjadi gaya tekan fluida di dalam suatu tabung yang dinamakan Actuator.

Kompresi gas adalah pemampatan volume gas / udara dalam suatu ruang atau tabung tertutup dengan temperatur udara yang konstan untuk mendapatkan tekanan kompresi.

2.1 Hukum Boyle

Disebutkan diatas bahwa pada temperatur konstan, tekanan yang diberikan pada massa atau gas sebanding dengan volumenya. Dalam perumusan dapat ditulis dengan :

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

Dimana :

P_1 dan P_2 = Tekanan

V_1 dan V_2 = Volume

2.2 Gaya pada torak *actuator*

Gaya yang bekerja pada torak dapat dihitung dengan menggunakan Hukum Pascal dengan persamaan sebagai berikut :

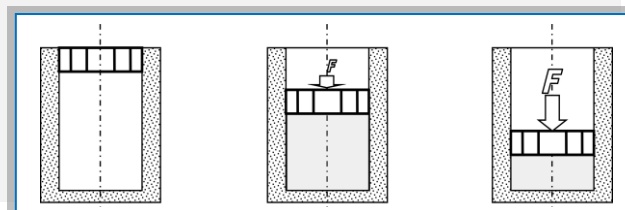
$$\Delta P = F/A$$

Dimana :

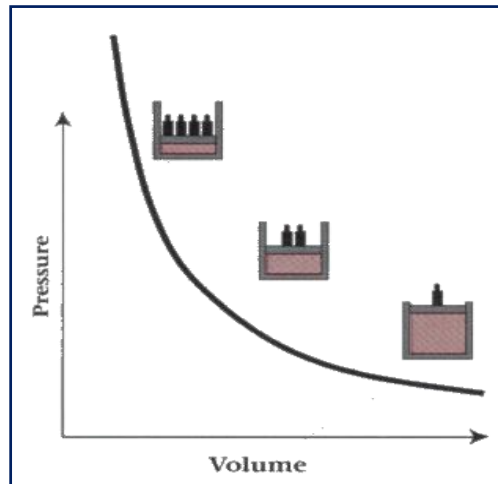
A = Luas penampang bidang kompresi pada torak

ΔP = Perbedaan tekanan

Sesuai dengan dengan hukum Boyle tentang kompresi udara tekan, pada 3 jenis tabung yang sama dengan volume tekan yang berbeda pada masing-masing tabung akan dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 1. Kompresi Udara Tekan



Gambar 2. Kurva Perbandingan Tekanan dan Volume

Jika volume pada $V_1 = 1 \text{ m}^3$ pada tekanan absolut 100 kPa dikompresikan pada temperatur konstan ke volume $V_2 = 0,5 \text{ m}^3$, maka :

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$p_2 = \frac{100 \text{ kPa} \cdot 1 \text{ m}^3}{0,5 \text{ m}^3}$$

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{V_2} = 200 \text{ kPa}$$

kemudian, jika volume pada $V_1 = 100 \text{ kPa}$ ditekan pada volume $V_3 = 0,2 \text{ m}^3$, maka tekanan resultan yang dihasilkan adalah :

$$p_3 = \frac{p_1 \cdot V_1}{V_3} = \frac{100 \text{ kPa} \cdot 1 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}^3} = 500 \text{ kPa}$$

2.3 Sistem Gerak Pneumatis

1. Single Acting Motion

Pada sistem gerak ini aktuator dikombinasikan dengan directional control valves dan pressure tools yang menghasilkan satu arah gerak saja.

2. Double Acting Motion

Pada sistem gerak ini aktuator dikombinasikan dengan directional control valves dan pressure tools yang dapat menghasilkan dua arah gerak yang berlawanan.

III. PERALATAN YANG DIGUNAKAN

- Actuator : mengubah gaya tekan fluida gas menjadi energi mekanik
- Valve : mengatur aliran fluida
Valve yang digunakan dalam praktikum ini adalah
 - 5/2 handlaver valve : 1 buah
 - 3/2 handlaver valve : 1 buah
- Pipa fleksibel : tempat mengalirnya fluida
- Manifold : mendistribusikan aliran fluida
- Kompresor : memampatkan gas atau udara
- Air receiver : menampung udara bertekanan dari kompresor
- Stopwatch : mengukur waktu
- Pressure gauge : pengukur tekanan
- Flow control : pengaturan aliran fluida
- Penggaris : untuk mengukur panjang aktuator

IV. LANGKAH PERCOBAAN

Merangkai rangkaian aktuator single acting :

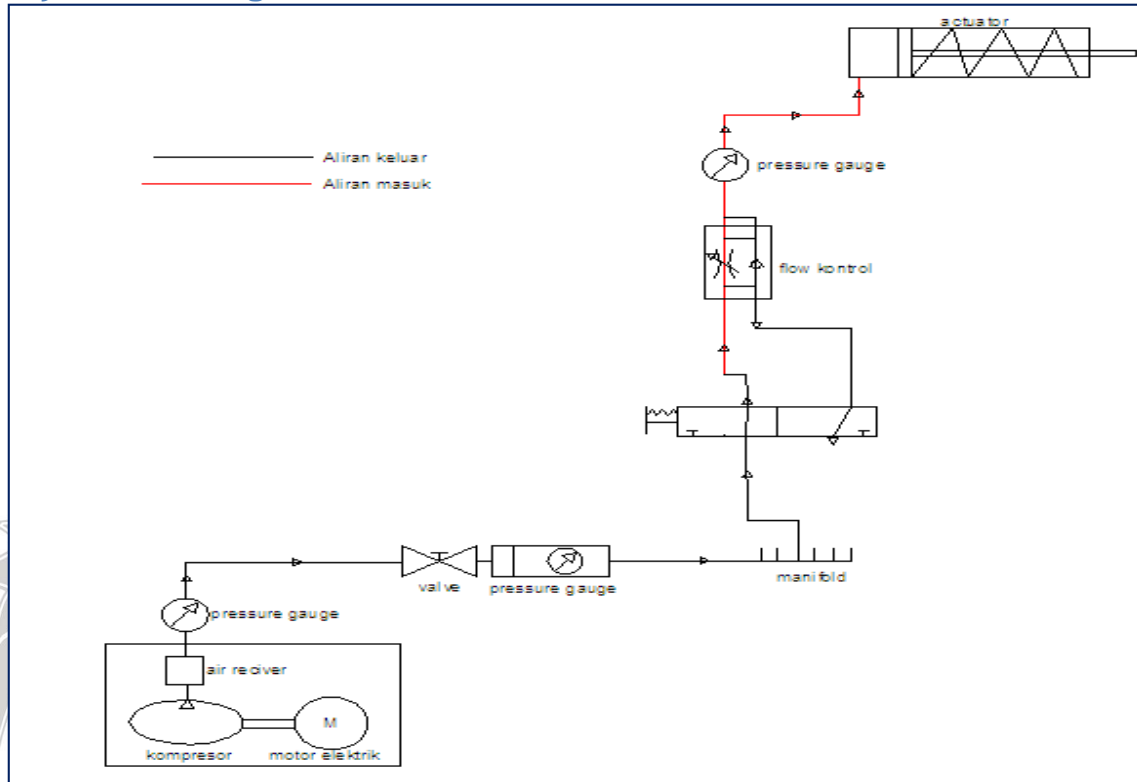
1. Alat dirangkai sesuai dengan gambar rangkaian.
2. Kompresor dihidupkan.
3. Control valve dibuka(dengan bukaan divariasikan). Variasi bukaan ditentukan oleh greder.
4. Dilakukan percobaan dengan tekanan divariasikan dari kompresor (tekanan A) dengan dibuka control valve. Variasi tekanan ditentukan oleh greder.
5. Dicatat nilai tekanan yang masuk ke sistem (tekanan B) dan tekanan yang masuk aktuator (tekanan C).
6. Dicatat lama waktu aktuator keluar.

Merangkai rangkaian aktuator double acting :

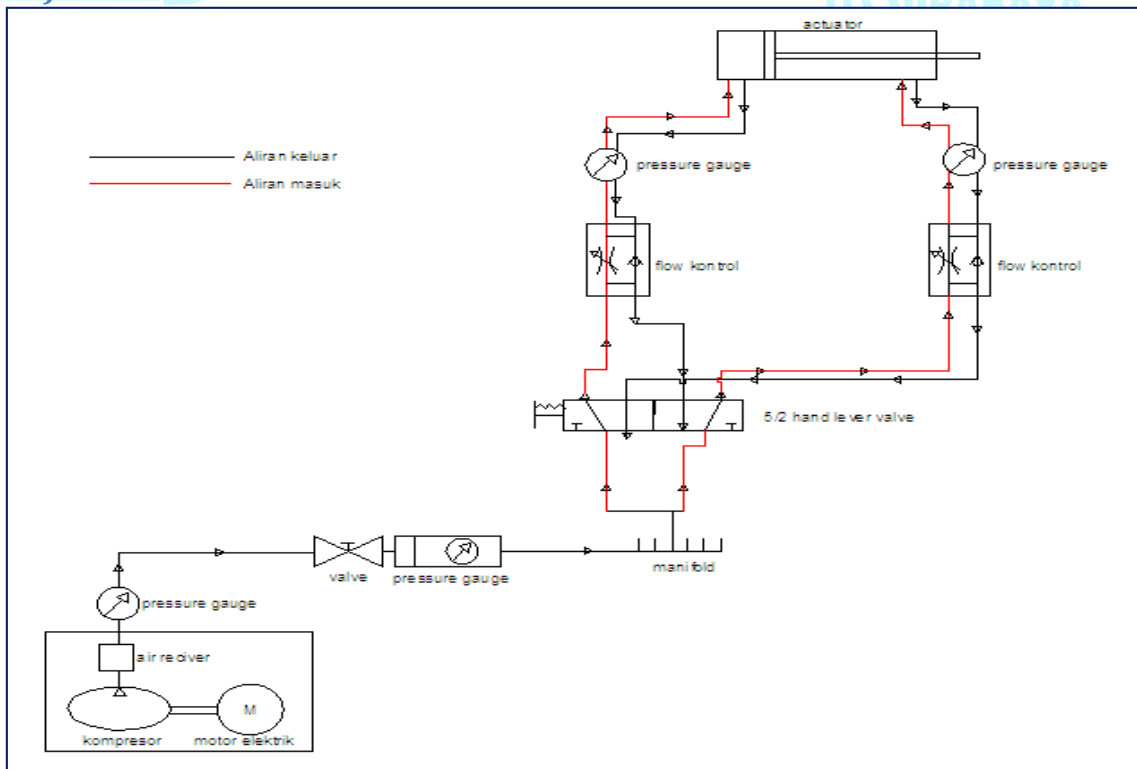
1. Alat dirangkai sesuai dengan gambar rangkaian.
2. Kompresor dihidupkan.
3. Control valve dibuka(dengan bukaan divariasikan). Variasi bukaan ditentukan oleh greder.
4. Dilakukan percobaan dengan tekanan divariasikan dari kompresor (tekanan A) dengan dibukanya control valve. Variasi tekanan ditentukan oleh greder.
5. Dicatat nilai tekanan yang masuk ke sistem (tekanan B). Dan tekanan yang masuk aktuator (tekanan C) pada saat aktuator masuk dan keluar.
6. Dicatat lama waktu aktuator masuk dan keluar.

V. GAMBAR INSTALASI PERCOBAAN

a) Actuator single action



b) Actuator double action



VI. TABEL PENGAMBILAN DATA

Dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan data-data sebagai berikut :

a. Sistem actuator single acting

Posisi	Bukaan flow	Tekanan A	Tekanan B	Tekanan C	Waktu keluar
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Keterangan :

Tekanan A = tekanan dari receiver

Tekanan B = tekanan yang masuk sistem

Tekanan C = tekanan yang masuk actuator

b. Sistem actuator double acting

Posisi	Bukaan flow	Tekanan A	Tekanan B	Tekanan C		Waktu keluar	Waktu masuk
				masuk	keluar		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Keterangan :

Tekanan A = tekanan dari receiver

Tekanan B = tekanan yang masuk system

Tekanan C = tekanan yang masuk ke actuator (input dan output)

Surabaya, 2011

GRADER I,

GRADER II,

.....
NRP.

.....
NRP.

VII. GRAFIK DAN ANALISA DATA

Dalam analisa data dilakukan perhitungan untuk mencari parameter – parameter yang nantinya di gunakan dalam grafik perbandingan. Parameter-parameter yang di cari adalah Gaya (F), Tekanan (P), dan Kecepatan (v)

Single Acting

Grafik :

- Perbandingan tekanan (P) dengan gaya (F)*
- Perbandingan tekanan (P) dan waktu (t)*
- Perbandingan tekanan (P) dan kecepatan (v)*

Double Acting

Grafik :

- Perbandingan tekanan masuk (Pin) dan keluar (Pout)*
- Perbandingan tekanan (P) dan gaya (masuk dan keluar)*
- Perbandingan tekanan (P) dan luasan (masuk dan keluar)*
- Perbandingan tekanan (P) dan waktu (masuk dan keluar)*
- Perbandingan tekanan (P) dan kecepatan (masuk dan keluar)*
- Perbandingan bukaan flow kontrol dan tekanan*

** NB: Semua dibandingkan dalam keadaan bukaan penuh dan bukaan setengah*



BAB III

TURBIN PELTON

I. TUJUAN

Tujuan dari praktikum ini adalah untuk mengetahui performansi atau efisiensi dari turbin pelton.

II. DASAR TEORI

Turbin air merupakan sarana untuk merubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi potensial air merupakan energi yang tersimpan oleh air itu sendiri. Sedangkan energi mekanis diubah oleh generator listrik menjadi energi listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

Turbin pelton merupakan turbin impuls (turbin air). Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi.

2.1. Head Turbin

Head adalah energi persatuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan yang sesuai dengan kondisi instalasi. Head turbin dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H_t = \left[\frac{(p_1 - p_2)}{\rho g} + \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2g} + (Z_1 - Z_2) \right]$$

Dimana :	Ht : head turbin	(m)
	P1 : tekanan pada permukaan fluida 1	(N/m ²)
	P2 : tekanan pada permukaan fluida 2	(N/m ²)
	V1 : kecepatan aliran dititik 1	(m/s)
	V2 : kecepatan aliran dititik 2	(m/s)
	ρ : massa jenis suatu fluida	(kg/m ³)
	g : gravitasi bumi	(=9,8 m/s ²)
	Z1 : tinggi aliran dititik 1	(m)
	Z2 : tinggi aliran dititik 2	(m)

2.2. Momen Torsi

$$M_t = \frac{F \times L}{\eta_{rem}}$$

Dimana :	Mt	= momen torsi turbin
	F	= gaya pada rem prony
	η_{rem}	= efisiensi rem
	L	= panjang lengan momen

2.3. Kecepatan Aliran

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

Dimana : v = kecepatan aliran
 Q = kapasitas / debit air
 A = luas penampang pipa

2.4. Daya Air (Whp)

WHP dapat didefinisikan sebagai daya efektif yang diterima oleh air dari pompa per satuan waktu

$$WHP = \gamma \cdot Q \cdot H_t$$

Dimana: γ = Berat Jenis
 Q = Debit Air
 H_t = Head turbin

2.5. Daya Turbin (Bhp)

BHP dapat didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan oleh fluida penggerak turbin untuk menggerakkan turbin pada torsi dan kecepatan tertentu, atau bisa disebut juga input power ke turbin dari fluida.

$$BHP = 2\pi \times M_t \times N$$

Dimana : N = Putaran turbin (Rps)
 M_t = Momen puntir (Nm)

2.6. Efisiensi Turbin

Efisiensi merupakan suatu ukuran dalam membandingkan rencana penggunaan keluaran (output) dengan penggunaan masukan pada turbin. Nilai maksimum dari efisiensi adalah 1 atau 100%. Pada praktikum turbin pelton, output yang digunakan adalah daya pengereman pada turbin (BHP) sedangkan input yang digunakan adalah daya air itu sendiri (WHP).

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \times 100\%$$

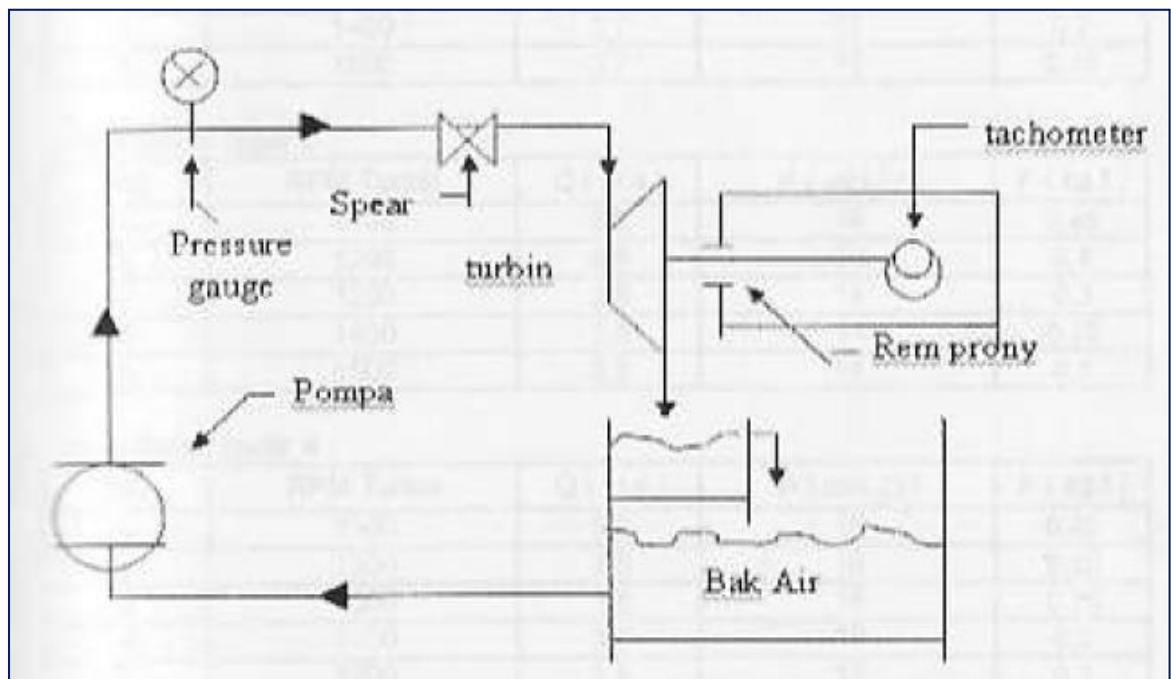
III. PERALATAN

1. Turbin pelton = alat yang diamati
2. Pompa = digunakan untuk menyuplai air ke turbin
3. Pressure gauge = digunakan untuk mengetahui tekanan air yang masuk ke turbin
4. Spear = digunakan untuk mengatur aliran (luas penampang pipa) fluida
5. Indicator gaya rem = untuk mengetahui besar gaya rem pada turbin
6. Rem prony = untuk mengerem/mengurangi putaran turbin
7. Tachometer = untuk mengetahui kecepatan putaran turbin
8. Flow meter = untuk mengetahui volume air yang masuk di bak air
9. Motor = digunakan untuk menghidupkan pompa

IV. PROSEDUR PERCOBAAN

- a. Menghidupkan motor pompa dengan putaran pada kedudukan yang diberikan oleh asisten/greder
- b. Mengatur kapasitas fluida yang menuju turbin dengan mengatur spear pada kedudukan satu (bukaa penuh)
- c. Mengatur rem prony untuk setiap kedudukan spear, sehingga putaran turbin sesuai yang diinginkan hingga pada putaran max.
- d. Mengukur dan mencatat semua data yang diperlukan yaitu Q, P dan F.rem
- e. Ulangi langkah poin b, c, dan d, untuk kedudukan spear pada kedudukan 2, 3, dan seterusnya, dengan memutar spear 2 kali putaran untuk setiap perubahan kedudukan.

V. GAMBAR RANGKAIAN



VI. TABEL PENGAMATAN

Spear 1

No.	RPM Turbin	Q (l/s)	P (mH ₂ O)	F (kgf)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Spear 2

No.	RPM Turbin	Q (l/s)	P (mH ₂ O)	F (kgf)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Spear 3

No.	RPM Turbin	Q (l/s)	P (mH ₂ O)	F (kgf)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Spear 4

No.	RPM Turbin	Q (l/s)	P (mH ₂ O)	F (kgf)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Surabaya, 2011

GRADER I,

GRADER II,

.....
NRP.

.....
NRP.

VII. GRAFIK DAN ANALISA DATA

- a. Grafik fungsi Q terhadap n
- b. Grafik fungsi H terhadap Q
- c. Grafik fungsi η terhadap n
- d. Grafik fungsi η terhadap BHP
- e. Grafik fungsi η terhadap Q
- f. Grafik fungsi BHP terhadap Q
- g. Grafik fungsi η terhadap WHP
- h. Grafik fungsi F terhadap n
- i. Grafik fungsi WHP terhadap n
- j. Grafik fungsi BHP terhadap n



BAB IV

IMPELLER

I. TUJUAN

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui efisiensi dari pompa.

II. DASAR TEORI

Pompa merupakan mesin fluida yang memberikan energi kepada fluida, dimana fluida yang digunakan merupakan fluida cair. Pompa memiliki bagian yang dinamakan impeller sebagai pengangkat atau pemindah zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain karena pengaruh perbedaan tekanan dan sistem.

Dalam kerjanya, pompa membutuhkan daya dari luar untuk menggerakkan motor listrik yang kemudian putaran motor listrik tersebut untuk mengkopel impeller dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeller, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeller keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Disini perbedaan tekanan zat cair mengalami lebih tinggi, demikian pula perbedaan kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeller ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) di keliling impeller dan disalurkan ke luar pompa melalui nozel. Di dalam nozel ini sebagian head kecepatan aliran diubah menjadi head tekanan.

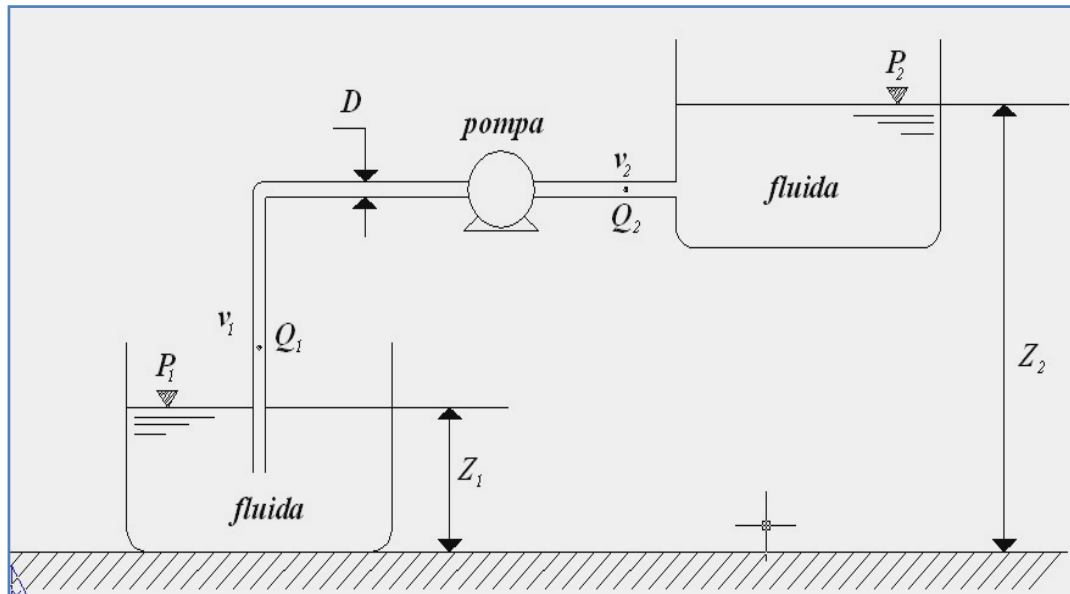
Jadi impeller pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah lebih besar. Sehingga selisih energi persatuan berat atau head total zat cair antara flens isap (suction) dan flens keluar (discharge) pompa disebut head total pompa.

Dari uraian di atas jelas bahwa pompa dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan perubahan head tekanan, head kecepatan, dan head potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinyu. *(Ir.Sularso, MSME, "pompa dan kompresor", hal.4)*

2.1 Head Total Pompa

Head pompa merupakan energi mekanik yang dikandung oleh aliran per satuan berat (1kg) zat. Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti yang direncanakan dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Head total pompa dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H = h_s + \Delta h_p + h_v + h_l$$



Gambar instalasi head pompa

dimana : **H** = Head total pompa (m)

h_s = Head statis (m)

Head ini adalah perbedaan tinggi antara permukaan air di sisi keluar/discharge (z_2) dan di sisi isap/suction (z_1), tanda positif(+) dipakai apabila muka air disisi ke luar (discharge) lebih tinggi dari pada sisi isap (suction).

Δh_p = Perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air.

$$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1} \dots \dots \dots (m)$$

$$= (P_2 - P_1) / \rho g$$

keterangan :

P_1 = Tekanan permukaan di sisi masuk / suction (N/m)

P_2 = Tekanan permukaan di sisi keluar / discharge (N/m)

ρ = massa jenis zat cair (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

h_v = Head kecepatan keluar (m)

$$h_v = (v_2 - v_1) / 2g \dots \dots \dots (m)$$

keterangan :

v_1 = kecepatan di sisi masuk/suction (m/s)

v_2 = kecepatan di sisi keluar/discharge (m/s)

h_l = Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan, dll.

(Ir.Sularso, MSME, "pompa dan kompresor", hal.26)

2.2 Torsi

Momen torsi adalah perkalian antara gaya dan lengan gaya.

Dirumuskan :

$$\mathbf{T = F \times l}$$

dimana : T = torsi (Nm)
F = gaya pembebanan (N)
l = panjang lengan (m)

2.3 Daya Pompa (*Brake Horse Power/BHP*)

Daya motor pompa adalah daya yang dibutuhkan pompa untuk memutar impeller.
Dirumuskan :

$$\text{BHP} = 2\pi \times T \times n$$

dimana : BHP = daya pompa (kW)
T = torsi (N)
n = kecepatan putaran poros pompa (rpm)

2.4 Daya Air (*Water Horse Power/WHP*)

Daya air yaitu energi yang secara efektif diterima oleh air dari pompa per satuan waktu, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{WHP} = H \times Q \times \gamma(\text{kW})$$

dimana γ : berat air per satuan volume/berat jenis fluida (kN/m³)
H : Head total pompa (m)
Q : Kapasitas aliran (m³/s)

(*Ir.Sularso, MSME, "pompa dan kompresor", hal.53*)

2.5 Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan antara daya air dengan daya pompa.
Dirumuskan :

$$\eta = (\text{WHP}/\text{BHP}) \times 100\%$$

dimana : WHP = daya air (kW)
BHP = daya motor pompa (kW)
 η = efisiensi pompa

(*Ir.Sularso, MSME, "pompa dan kompresor", hal.53*)

III. PERALATAN

Peralatan yang digunakan dalam percobaan adalah sebagai berikut:

1. Motor Penggerak : untuk menggerakkan pompa.
2. Pompa Sentrifugal : untuk memompa fluida.
3. *Presssure Gauge* : untuk mengukur tekanan.
4. Indikator Beban Pompa: untuk mengukur gaya pembebanan pada pompa.
5. *Tachometer* : untuk mengukur kecepatan putaran pada poros pompa.
6. *Flowmeter* : untuk mengukur kapasitas aliran fluida di bak.
7. Katup : untuk mengatur besar kecilnya kapasitas aliran fluida.
8. Penggaris : untuk mengukur ketinggian permukaan air antara sisi discharge dan sisi suction.

IV. PROSEDUR PERCOBAAN

Pada percobaan impeller ini ada 2 percobaan yang dilakukan, yaitu percobaan pada putaran rendah dan percobaan pada putaran tinggi. Sebelum dilakukan percobaan dilakukan pengecekan terlebih dahulu pada alat ukur yang digunakan, bila alat ukur tidak menunjukkan pada angka nol (0) maka dilakukan kalibrasi pada alat ukur tersebut. Kemudian lakukan langkah berikut ini :

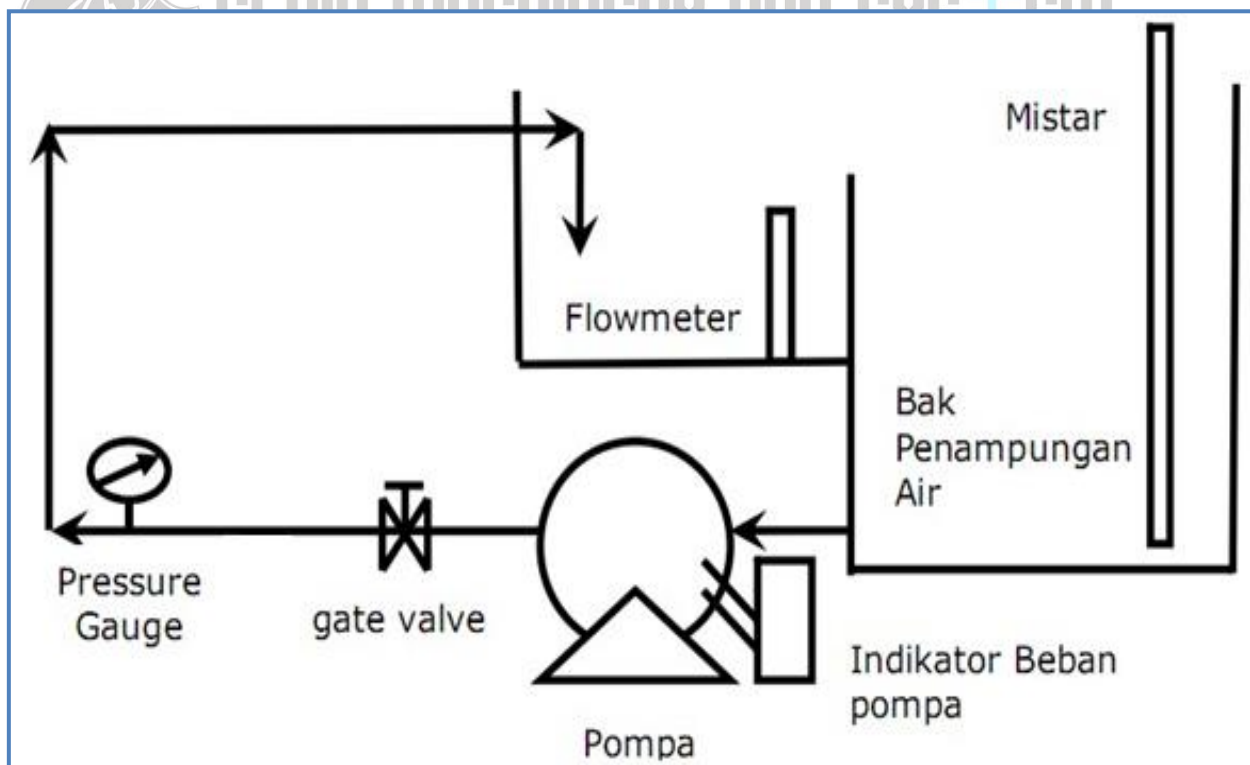
Putaran Rendah

- a. Lepaskan rem pronny dan buka penuh Spear, supaya tidak ada pembebanan pada pompa, sehingga dapat digunakan untuk percobaan pompa impeller.
- b. Set pompa pada putaran rendah.
- c. Nyalakan pompa
- d. Atur kapasitas aliran fluida yang mengalir ke bak
- e. Pada kapasitas tertentu yang telah ditentukan, amati :
 1. Tekanan discharge pada Pressure Gauge
 2. Putaran poros pompa
 3. Tinggi permukaan air di bak
 4. Besar beban/gaya pompa
 5. Kecepatan aliran Fluida
- f. Ulangi langkah 1-5 dengan kapasitas yang telah ditentukan
- g. Matikan Pompa

Putaran Tinggi

- a. Lepaskan rem prony dan buka penuh Spear, supaya tidak ada pembebanan pada pompa, sehingga dapat digunakan untuk percobaan pompa impeller.
- b. Set pompa pada putaran tinggi
- c. Nyalakan pompa
- d. Atur kapasitas aliran fluida yang mengalir ke bak
- e. Pada kapasitas tertentu yang telah ditentukan, amati :
 - i. Tekanan discharge pada Pressure Gauge
 - ii. Putaran poros pompa
 - iii. Tinggi permukaan air di bak
 - iv. Besar beban/gaya pompa
 - v. Kecepatan aliran Fluida
- f. Ulangi langkah 1-5 dengan kapasitas yang telah ditentukan
- g. Matikan Pompa

V. GAMBAR RANGKAIAN



VI. TABEL PENGAMATAN

Dari percobaan, diperoleh data-data sebagai berikut :

- Panjang lengan pompa =m
- Diameter pipa =m

6.1 Putaran Rendah

No.	Q (liter/sec)	P (mH ₂ O)	n (rpm)	z (meter)	F (kgf)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

6.2 Putaran Tinggi

No.	Q (liter/sec)	P (mH ₂ O)	n (rpm)	z (meter)	F (kgf)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Surabaya, 2011

GRADER I,

GRADER II,

.....
NRP.

.....
NRP.

V. GRAFIK DAN ANALISA DATA

- 1) GRAFIK ANTARA KAPASITAS (Q) DAN HEAD POMPA (H)
 - a. Putaran Rendah
 - b. Putaran Tinggi
 - c. Analisa Grafik
- 2) GRAFIK ANTARA PUTARAN (n) DAN KAPASITAS (Q)
 - a. Putaran Rendah
 - b. Putaran Tinggi
 - c. Analisa Grafik
- 3) GRAFIK ANTARA EFFISIENSI (η) DAN KAPASITAS (Q)
 - a. Putaran Rendah
 - b. Putaran Tinggi
 - c. Analisa Grafik
- 4) GRAFIK ANTARA EFFISIENSI (η) DAN PUTARAN (n)
 - a. Putaran Rendah
 - b. Putaran Tinggi
 - c. Analisa Grafik



BAB VI

POMPA SENTRIFUGAL

I. TUJUAN

- Praktikan dapat merangkai dan mendemonstrasikan pompa secara Tunggal, Seri dan Paralel
- Mengerti karakteristik kerja dari pompa sentrifugal yang disusun secara Tunggal, Seri dan Paralel.
- Memahami hubungan antara head pump dan kapasitas dari pompa sentrifugal yang disusun secara Tunggal, Seri dan Paralel.

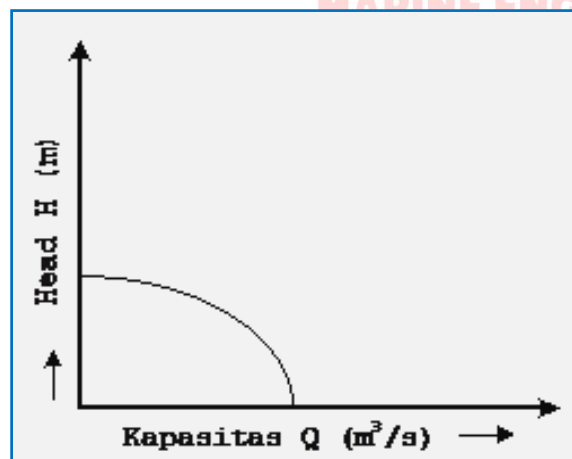
II. DASAR TEORI

Pompa sentrifugal adalah pompa yang bekerja dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal ialah gaya yang timbul akibat adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkung (melingkar).

Prinsip-prinsip dasar pompa sentrifugal adalah gaya sentrifugal bekerja pada impeller untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan fluida sehingga kecepatan fluida meningkat serta kecepatan fluida yang tinggi diubah oleh casing pompa (volute atau diffuser) menjadi tekanan atau head.

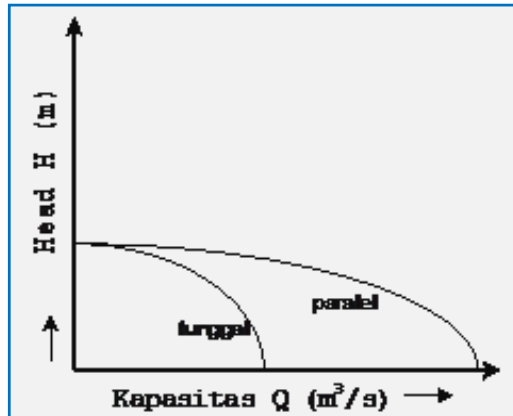
2.1 Karakteristik pompa tunggal, seri dan paralel

a) Pompa tunggal



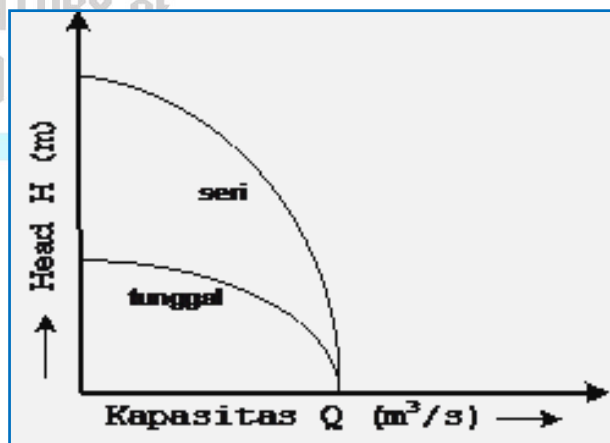
Grafik 1 hubungan antara head dan kapasitas untuk pompa tunggal

b) Pompa paralel



Grafik 2 perbandingan hubungan head dan kapasitas antara pompa tunggal dengan pompa paralel

c) Pompa Seri



Grafik 3 perbandingan hubungan head dan kapasitas antara pompa tunggal dengan pompa seri

2.2 Head

Head seringkali dinyatakan dalam energi spesifik Y , yaitu energi mekanik yang dikandung oleh aliran per satuan massa (1kg) zat cair..

Macam-macam head :

1. Head Statik/ Static Head (H_s)
2. Head Tekanan/ Head Pressure (H_p)
3. Head Kecepatan/ Head velocity (H_v)
4. Head Losses (H_f) dibagi :
 - a) Head loss major
 - b) Head loss minor

Sehingga Head totalnya dapat dihitung dengan persamaan :

$$H_t = H_p + H_v + H_s + H_f \quad \dots\dots\dots (m)$$

III. PERALATAN

Peralatan yang digunakan dalam percobaan adalah sebagai berikut:

1. Pressure Gauge (outlet)
2. Pressure Gauge (inlet)
3. Control Valve
4. Sump drain valve
5. Pressure gauge (discharge)
6. Pompa sentrifugal
7. Penggaris
8. Stopwatch
9. Tee Connector
10. Klem
11. Indikator volume
12. On / off valve

IV. PROSEDUR PERCOBAAN

4.1. Pompa tunggal

- 1) Siapkan peralatan untuk percobaan
- 2) Hubungkan saluran pipa dari sump drain valve ke inlet pompa 2 dan kencangkan sambungan tersebut dengan klem, kemudian buka katub sump drain valve
- 3) Hubungkan saluran pipa dari outlet pompa 2 menuju inlet discharge manifold dan kencangkan sambungan tersebut dengan klem
- 4) Chek kembali apakah sump drain valve apakah sudah terbuka
- 5) Hidupkan pompa 2
- 6) Variasikan nilai tekanan discharge manifold dengan mengatur katub pada control valve
- 7) Catat tekanan outlet dan inlet pompa, serta waktu yang dibutuhkan untuk menempuh volume yang di tentukan dengan bantuan stopwatch.
- 8) Ukur ketinggian permukaan air pada reservoir ke dasar tangki dan dari sisi discharge manifold ke dasar tangki.

4.2. Pompa seri

- 1) Siapkan peralatan untuk percobaan
- 2) Tutup katub pada sump drain valve
- 3) Hubungkan saluran pipa dari outlet pompa 1 menuju inlet pompa 2 dan kencangkan sambungan tersebut dengan klem
- 4) Hubungkan saluran pipa dari outlet pompa 2 menuju inlet discharge manifold dan kencangkan sambungan tersebut dengan klem
- 5) Hidupkan kedua pompa secara bersamaan
- 6) Variasikan nilai tekanan discharge manifold dengan mengatur katub pada control valve

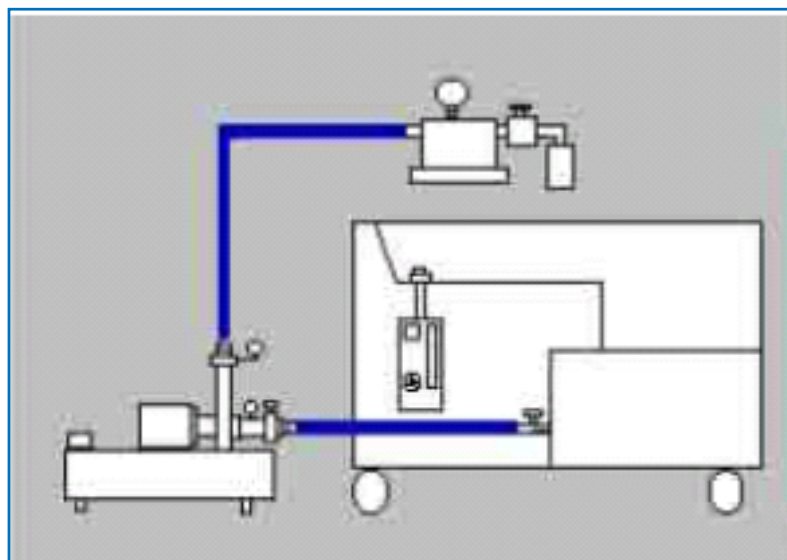
- 7) Catat tekanan outlet dan inlet pompa, serta waktu yang dibutuhkan untuk menempuh volume yang di tentukan dengan bantuan stopwatch.
- 8) Ukur ketinggian permukaan air pada reservoir ke dasar tangki dan dari sisi discharge manifold ke dasar tangki.

4.3. Pompa paralel

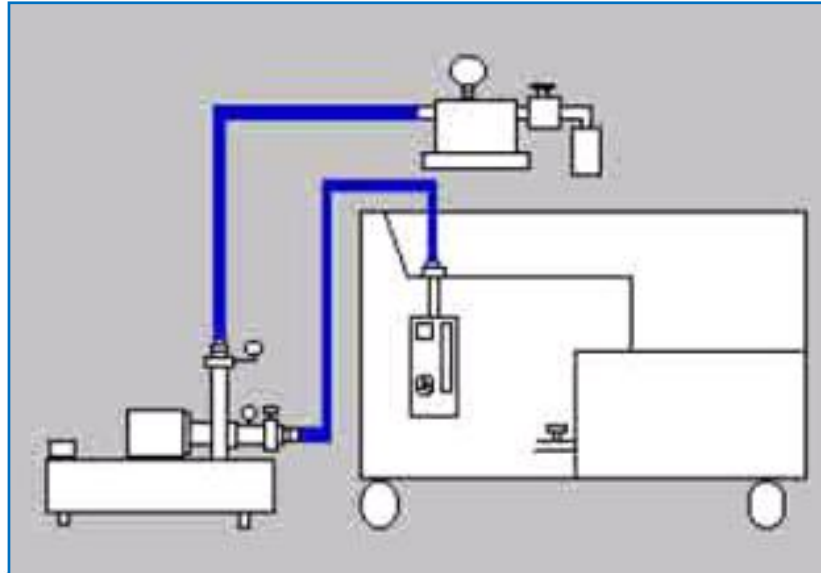
- 1) Siapkan peralatan untuk percobaan
- 2) Hubungkan saluran pipa dari sump drain valve ke inlet pompa 2 dan kencangkan sambungan tersebut dengan klem, kemudian buka katub sump drain valve
- 3) Hubungkan saluran pipa dari outlet pompa 2 menuju Tee connector (sambungan T) dan kencangkan sambungan tersebut dengan klem
- 4) Hubungkan outlet pompa 1 di dalam hydraulic bench dengan tee connector dan hubungkan tee connector dengan inlet discharge manifold dan kencangkan sambungan tersebut dengan klem
- 5) Hidupkan kedua pompa secara bersamaan
- 6) Variasikan nilai tekanan discharge manifold dengan mengatur katub pada control valve
- 7) Catat tekanan outlet dan inlet pompa, serta waktu yang dibutuhkan untuk menempuh volume yang di tentukan dengan bantuan stopwatch.
- 8) Ukur ketinggian permukaan air pada reservoir ke dasar tangki dan dari sisi discharge manifold ke dasar tangki.

V. GAMBAR RANGKAIAN

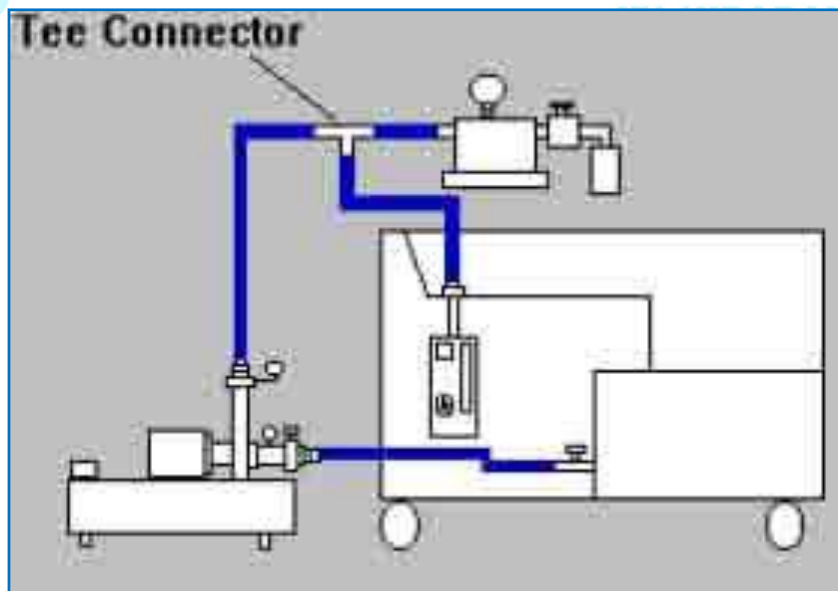
Percobaan pompa dirangkai tunggal



Percobaan pompa dirangkai seri



Percobaan pompa dirangkai paralel



VI. TABEL PENGAMATAN

Data Hasil Percobaan

a. Pompa Tunggal

No	Pdisch (psi)	Poutlet (psi)	Pinlet (psi)	t (s)	V(l)

b. Seri

No	Pdisch (psi)	Poutlet (psi)	Pinlet (psi)	t (s)	V(l)

c. Pompa Paralel

No	Pdisch (psi)	Poutlet (psi)	Pinlet (psi)	t (s)	V(l)

Keterangan :

Z1 (ketinggian permukaan air dari sisi discharge manifold ke dasar tangki = ... m

Z2 (ketinggian permukaan air pada reservoir ke dasar tangki = m

L selang tunggal = m

L selang seri = m

L selang paralel = m

Macam2 belokan, aksesoris dan koefisien gesekannya =

D selang = m

Surabaya, 2011

GRADER I,

GRADER II,

.....
NRP.

.....
NRP.

VII. GRAFIK DAN ANALISA DATA

- ✚ Hitung kapasitas (Q) aliran
- ✚ Hitung head total (H_t) sistem
- ✚ Buat grafik perbandingan :
 - 1) Grafik hubungan H_t dengan Q pada pompa tunggal.
 - 2) Grafik hubungan H_t dengan Q pada pompa seri.
 - 3) Grafik hubungan H_t dengan Q pada pompa paralel.
 - 4) Grafik pembandingan hubungan H_t dengan Q pada pompa seri dan tunggal.
 - 5) Grafik pembandingan hubungan H_t dengan Q pada pompa tunggal dan paralel.
 - 6) Grafik pembandingan hubungan H_t dengan Q pada pompa seri dan paralel.
 - 7) Grafik pembandingan hubungan H_t dengan Q pada pompa tunggal, seri dan paralel.



BAB VI

INSTALASI PIPA UDARA

I. TUJUAN

- a. Untuk mengetahui pengaruh pendinginan pada saluran pipa udara
- b. Untuk mengetahui rugi-rugi yang terjadi pada masing-masing instalasi pipa udara

II. DASAR TEORI

Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor udara menghisap udara dari atmosfer. Udara yang telah dimampatkan ditransfer ke sistem melalui sistem perpipaan. Parameter lingkungan yang mempengaruhi kinerja dari sistem yang menggunakan udara bertekanan antara lain adalah suhu, kelembaban udara dan tekanan sedangkan parameter dari instalasi pipa udara yang mempengaruhi sistem antara lain dari bentuk pipa serta aksesorisnya.

a. Teori Kompresi

1) Hubungan antara Tekanan dan Volume

Jika selama kompresi, temperature gas dijaga tetap (tidak bertambah panas) maka pengecilan volume menjadi $\frac{1}{2}$ kali akan menaikkan tekanan menjadi 2 kali. Demikian pula jika volume menjadi $\frac{1}{3}$ kali, tekanan akan menjadi 3 kali lipat, dst.

"Jika gas dikompresikan (atau diekspansikan) pada temperature tetap, maka tekanannya akan berbanding terbalik dengan volumenya".

Pernyataan ini disebut dengan hukum Boyle dan dapat dirumuskan :

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \text{tetap}$$

Dimana :

P_1 = tekanan pada kondisi awal (Pa) atau (kgf/cm²)

P_2 = tekanan pada kondisi akhir (Pa) atau (kgf/cm²)

V_1 = Volume pada kondisi awal (m³)

V_2 = Volume pada kondisi akhir (m³)

2) Hubungan antara Temperature dan Volume

"Semua macam gas apabila dinaikkan temperaturnya sebesar 10 °C pada tekanan yang tetap, akan mengalami pertambahan volume sebesar $\frac{1}{273}$ dari volumenya pada 0 °C. Sebaliknya apabila temperature diturunkan sebesar 1 °C, akan mengalami pengurangan volume dengan proporsi yang sama."

Pernyataan ini disebut dengan hukum Charles dan dapat dirumuskan :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Dimana :

V_1 = Volume pada kondisi awal (m³)

V_2 = Volume pada kondisi akhir (m³)

T_1 = Temperatur pada kondisi awal (°K)

T_2 = Temperatur pada kondisi akhir (°K)

3) *Persamaan Keadaan*

Hukum Boyle dan Hukum Charles dapat digabungkan menjadi hukum Boyle-Charles yang dapat dinyatakan sebagai :

$$P \cdot V = G \cdot R \cdot T$$

Dimana :

P = tekanan mutlak	(kgf/m ²) atau Pa
V = Volume	(m ³)
G = Berat gas	(kgf) atau (N)
T = Temperatur mutlak	(°K)
R = Konstanta gas	(m/°K)

b. Jenis - Jenis Kompresi

1) *Kompresi isothermal*

Bila suatu gas dikompresikan, maka ini berarti ada energy mekanik yang diberikan dari luar kepada gas. Energi ini diubah menjadi energy panas sehingga temperature gas akan naik jika tekanan semakin tinggi. Namun jika proses kompresi ini dibarengi dengan pendinginan untuk mengeluarkan panas yang terjadi, temperature dapat dijaga tetap.

$$PV = \text{tetap}$$

Atau dapat ditulis,

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

(pompa dan kompresor; Ir.Sularso, Msme, tahun 2000 hal 183)

2) *Kompresi Adiabatic*

Jika silinder diisolasi secara sempurna terhadap panas, maka kompresi akan berlangsung tanpa ada panas yang keluar dari gas atau masuk kedalam gas. Hubungan antara tekanan dan volume dalam proses adiabatic dinyatakan dalam :

$$P \cdot V^k = \text{tetap}$$

$$P_1 \cdot V_1^k = P_2 \cdot V_2^k = \text{tetap}$$

(pompa dan kompresor; Ir.Sularso, Msme, tahun 2000 hal 181)

Dimana :

P_1P_2	= tekanan	(kgf/m ²)
V_1V_2	= volume	(m ³)
k	= indeks adiabatic	

3) *Kompresi Politropik*

Kompresi pada kompresor yang sesungguhnya bukan merupakan proses isothermal, karena ada kenaikan temperatur. Namun juga bukan proses adiabatic karena ada panas yang dipancarkan keluar. Jadi proses kompresi yang sesungguhnya ada diantara keduanya.

$$P \cdot V^n = \text{tetap}$$

$$P_1 \cdot V_1^n = P_2 \cdot V_2^n = \text{tetap}$$

Dimana :

$P_1 P_2$ = tekanan (kgf/m²)

$V_1 V_2$ = volume (m³)

n = indeks politropik (1,25 – 1,35)

(pompa dan kompresor; Ir.Sularso, Msme, tahun 2000 hal 181)

c. Loses

Pada percobaan system instalasi pipa udara ini pada prinsipnya sama dengan percobaan instalasi pipa air, perbedaannya terletak pada fluida yang dialirkan. Pada kompresor juga terdapat kerugian – kerugian berupa rugi tekan dan aliran yang penting diketahui besarnya. Rugi – rugi tersebut :

1) Kerugian pada saluran akibat panjang pipa

$$\Delta P = \frac{\lambda \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho}{2d}$$

(www.engineering toolbox)

Dimana :

λ = koefisien gesekan dalam pipa = 0.0561/Q^{0.148}

l = panjang saluran (m)

V = kecepatan aliran pada permukaan saluran (m/s)

ρ = densitas udara (1.293 kg/m³)

d = diameter pipa dalam (m)

2) Kerugian pada saluran akibat belokan dan aksesoris

$$\Delta P = \frac{(\beta/90) \cdot \xi \cdot v^2 \cdot \rho}{2}$$

(www.engineering toolbox)

Dimana :

ξ = koefisien hambatan (tergantung pada sudut belokan)

β = sudut lengkung (90⁰)

V = kecepatan aliran pada permukaan saluran (m/s)

ρ = densitas udara (1.293 kg/m³)

3) Kerugian pada saluran akibat katup

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot v^2 \cdot \rho}{2}$$

(www.engineering toolbox)

Dimana :

ξ = koefisien hambatan (tergantung pada sudut putar bukaan katup)

V = kecepatan aliran pada permukaan saluran (m/s)

ρ = densitas udara (1.293 kg/m³)

III. PERALATAN DAN FUNGSI

1. Kompresor = untuk memampatkan udara
2. Instalasi Pipa Udara = sebagai tempat mengalirnya fluida gas (udara)
3. Flow Meter = untuk mengatur kapasitas aliran fluida
4. Katup = untuk mengatur aliran udara
5. Pressure Gauge = mengukur tekanan fluida
6. Penampung Es = untuk meletakkan es pada percobaan pipa 2 dengan es
7. Thermometer = untuk mengukur suhu pada saat percobaan es
8. Busur Derajat = untuk mengukur sudut yang dibentuk oleh katup
9. Tali = untuk mengukur panjang pipa

IV. PROSEDUR PERCOBAAN

5.1. Untuk percobaan pipa 1 (pipa panjang dengan belokan)

1. Katup inlet pada pipa 1 dibuka dan katup inlet pada pipa 2 dan 3 ditutup.
2. Nyalakan kompresor
3. Atur kapasitas udara pada flowmeter (megikuti instruksi dari grader)
4. Variasikan tekanan (megikuti instruksi dari grader)
5. Ukur dan catat besar tutupan sudut katup outlet sesuai tekanan yang di berikan.
6. Catat nilai perubahan kapasitas pada flowmeter pada masing – masing tekanan.

5.2. Untuk percobaan pipa 2 (pipa lurus tanpa pendingin)

1. Katup inlet pada pipa 2 dibuka dan katup inlet pada pipa 1 dan 3 ditutup.
2. Ulangi langkah no. 2 – 6 pada percobaan 1

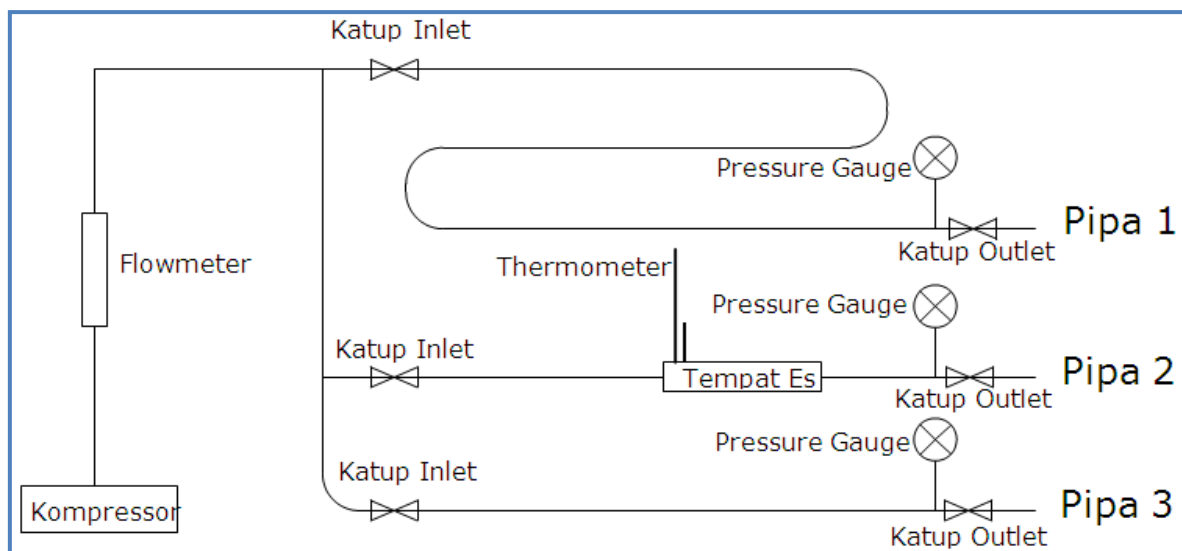
5.3. Untuk percobaan pipa 3 (pipa lurus dengan belokan halus)

1. Katup inlet pada pipa 3 dibuka dan katup inlet pada pipa 1 dan 2 ditutup.
2. Ulangi langkah no. 2 – 6 pada percobaan 1

5.4. Untuk percobaan pipa 2 (pipa lurus dengan pendinginan)

1. Katup inlet pada pipa 2 dibuka dan katup inlet pada pipa 1 dan 3 ditutup.
2. Dinginkan temperatur pipa sampai konstan ($\pm 12\text{ }^{\circ}\text{C}$)
3. Ulangi langkah no. 2 – 6 pada percobaan 1

V. GAMBAR INSTALASI



VI. TABEL PENGAMATAN

6.1. Tabel untuk pipa 1,

Panjang pipa = m
Kapasitas awal (Q) = SCFH

No.	Tekanan (Kg /cm ²)	Sudut Putar	Q (SCFH)
1			
2			
3			
4			
5			

6.2. Tabel untuk pipa 2 (Tanpa Es)

Temperatur = °C
Panjang pipa = m
Kapasitas awal (Q) = SCFH

No.	Tekanan (Kg /cm ²)	Sudut Putar	Q (SCFH)
1			
2			
3			
4			
5			

6.3. Tabel untuk pipa 2 (Dengan Es)

Temperatur = °C
Panjang pipa = m
Kapasitas awal (Q) = SCFH

No.	Tekanan (Kg /cm ²)	Sudut Putar	Q (SCFH)
1			
2			
3			
4			
5			

6.4. Tabel untuk pipa 3,

Panjang pipa = m
Kapasitas awal (Q) = SCFH

No.	Tekanan (Kg /cm ²)	Sudut Putar	Q (SCFH)
1			
2			
3			
4			
5			

Surabaya, 2011

GRADER I,

GRADER II,

.....
NRP.

.....
NRP.

VII. GRAFIK DAN ANALISA DATA

- 1) Hitunglah Luas Penampang dari pipa (A) yang dialiri aliran udara
- 2) Hitunglah Tekanan (P) aliran udara
- 3) Kecepatan Aliran (v)
- 4) Hitung Koefisien gesek dalam pipa (λ) berdasarkan kapasitas yang diamati
- 5) Buat grafik perbandingan :
 - a. Grafiktekanan (P) dengangaya (F)
 - b. Grafiktekanan (P) dengankapasitas (Q)
 - c. Grafiktekanan (P) dengansudut (θ)
 - d. Grafiktekanan (P) dengan $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3$
 - e. Grafikkapasitas (Q) dengangaya (F)
 - f. Grafikkapasitas (Q) dengansudutputar
 - g. Grafikkapasitas (Q) dengan $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3$



BAB VI INSTALASI PIPA AIR

I. TUJUAN

Tujuan dari percobaan ini adalah :

- 1) Mengetahui nilai head loss pipa horizontal (mendatar), pada percobaan dan melalui pendekatan perhitungan.
- 2) Mengetahui nilai head loss pada pipa karena fitting (variasi bukaan katup), pada percobaan dan melalui pendekatan perhitungan.
- 3) Mengetahui pengaruh kapasitas dan kecepatan fluida terhadap nilai head.

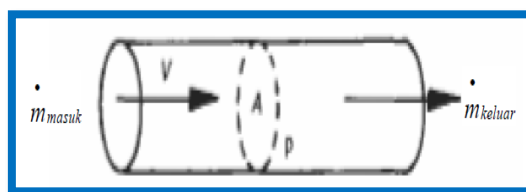
II. DASAR TEORI

Sistem instalasi pipa merupakan sebuah sistem yang terdiri atas pipa, katub, *fitting* (aksesoris) serta pompa sebagai media penggerak aliran fluida air. Prinsip kerja dari sistem instalasi pipa air adalah mengalirkan fluida cair dari satu tempat ke tempat lain dengan memanfaatkan pompa sebagai instrumen penggeraknya.

Sistem instalasi pipa air terdiri atas berbagai macam pipa dan aksesoris yang melalui. Karakteristik pipa (bahan material yang digunakan) beserta aksesorisnya tersebut akan mempengaruhi besar kecilnya nilai head losses yang dialami pipa tersebut. Besar head losses inilah yang akan kita analisa dalam percobaan ini.

1.1. Hukum Kontinuitas

Fluida yang mengalir melalui suatu penampang akan selalu memenuhi hukum kontinuitas yaitu laju massa fluida yang masuk m_{masuk} akan selalu sama dengan laju massa fluida yang ke luar m_{keluar} persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Profil Saluran Fluida

$$\dot{m}_{masuk} = \dot{m}_{keluar}$$

$$(\rho AV)_1 = (\rho AV)_2$$

untuk fluida cair (tak mampu mampat) $\rho_1 = \rho_2$

$$(AV)_1 = (AV)_2$$

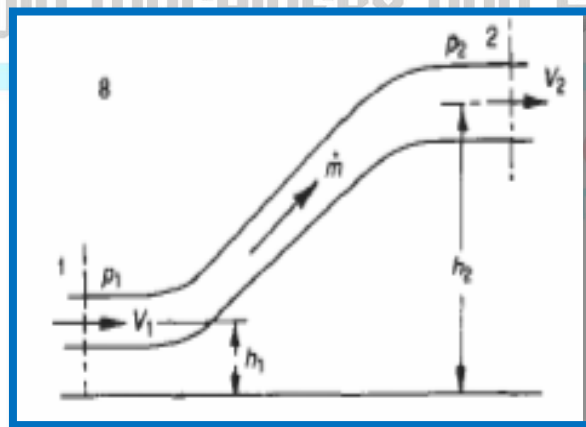
Keterangan :

ρ_1	= massa jenis fluida masuk	(kg/m ³)
A_1	= luas penampang saluran masuk	(m ²)
V_1	= kecepatan fluida masuk	(m/s)
ρ_2	= massa jenis fluida keluar	(kg/m ³)
A_2	= luas penampang saluran keluar	(m ²)
V_2	= kecepatan fluida keluar	(m/s)

(Sunyoto. Teknik Mesin Industri. 2008. Hal 53-54)

1.2. Hukum Bernoulli

Apabila penampang saluran pipa dianggap permukaan sempurna sehingga tidak ada gesekan antara aliran fluida cair dengan permukaan pipa dan tidak ada energi yang ditambahkan maka persamaan Bernoulli dapat disederhanakan menjadi:



Gambar 2. Ilustrasi Bernoulli

Energi masuk = Energi Keluar

$$(EP + EK + PV)_1 = (EP + EK + PV)_2$$

$$\left(\frac{mV^2}{2} + mgZ + PV \right)_1 = \left(\frac{mV^2}{2} + mgZ + PV \right)_2$$

Dibagi dengan m

$$\left(gZ + \frac{V^2}{2} + \frac{PV}{m} \right)_1 = \left(gZ + \frac{V^2}{2} + \frac{PV}{m} \right)_2$$

Karena $V/m = 1/\rho$

$$\left(gZ + \frac{V^2}{2} + \frac{P}{\rho} \right)_1 = \left(gZ + \frac{V^2}{2} + \frac{P}{\rho} \right)_2$$

Dikalikan ρ untuk mendapatkan bentuk tekanan N/m²

$$\left(\rho gZ + \rho \frac{V^2}{2} + P \right)_1 = \left(\rho gZ + \rho \frac{V^2}{2} + P \right)_2$$

Keterangan:

P	= tekanan	(N/m ²)
V	= kecepatan fluida	(m/s)
Z	= ketinggian fluida	(m)
g	= percepatan gravitasi	(m/s ²)
ρ	= massa jenis fluida	(kg/m ³)

(Sunnyoto. Teknik Mesin Industri. 2008. Hal 51-52)

1.3. Hukum Darcy Weisbach

Untuk mengetahui friction loss untuk aliran fluida yang mengalir dalam saluran tertutup digunakan persamaan berikut:

$$\Delta p_f = 1000 \frac{fL}{D_H} \frac{\rho V^2}{2}$$

Keterangan:

Δp_f	= friction loss	(Pa)
f	= faktor gesek	
L	= panjang saluran	(m)
D_H	= diameter hidraulic	(mm)
ρ	= massa jenis fluida	(kg/m ³)
V	= kecepatan fluida	(m/s)

(ASHRAE, Hal 35.6)

1.4. Reynold number

Kondisi aliran fluida akan sangat bergantung dari kecepatan aliran fluida, semakin tinggi kecepatan akan mempengaruhi pola aliran, kondisi aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen. Besaran yang dapat menghubungkan antara kecepatan

aliran (v), kondisi fluida (ρ, μ), dan kondisi penampang diameter pipa (D) adalah angka Reynold (Re).

Formula reynold number adalah sebagai berikut :

$$Re = \rho \frac{VD}{\mu}$$

Keterangan:

Re = reynold number

V = kecepatan aliran fluida

D = diameter saluran fluida

ρ = massa jenis fluida

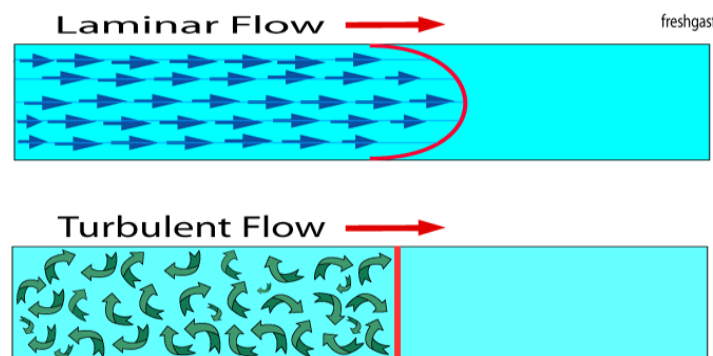
μ = viskositas dinamis

Angka Reynold akan mewakili kondisi aliran, untuk angka Reynold :

$Re < 2000$ Aliran Laminar

$2000 < Re < 3500$ Aliran Transisi

$Re > 3500$ Aliran Turbulen

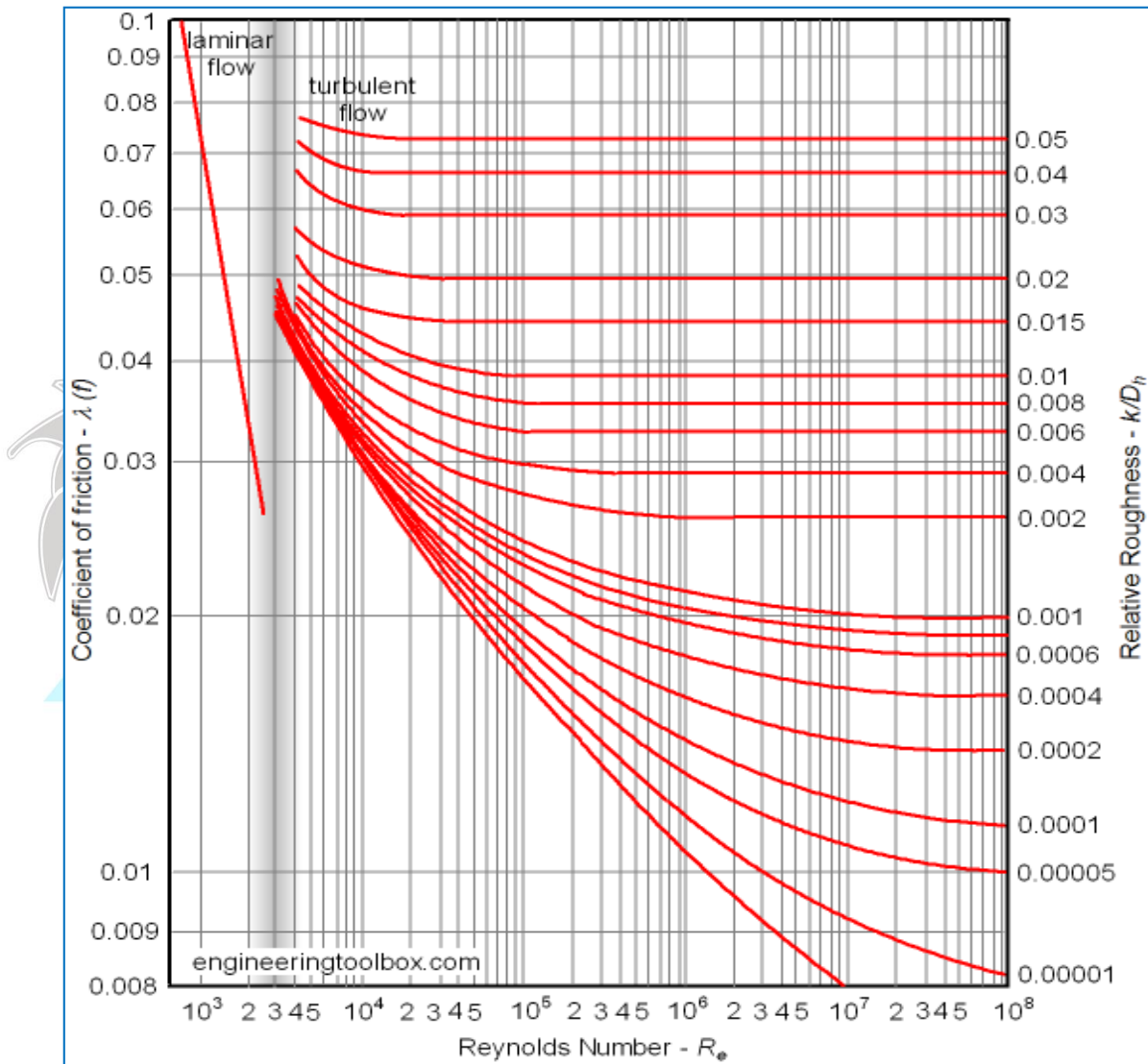


Gambar 3. Pola aliran Laminer dan turbulen

(Sunyoto. Teknik Mesin Industri. 2008. Hal 54-55)

1.5. Diagram moody

Diagram moody merupakan suatu diagram yang menghubungkan antara Reynolds Number, relative roughness dan koefisien gesek suatu pipa. Diagram ini dapat digunakan untuk mengetahui koefisien gesek pada pipa.

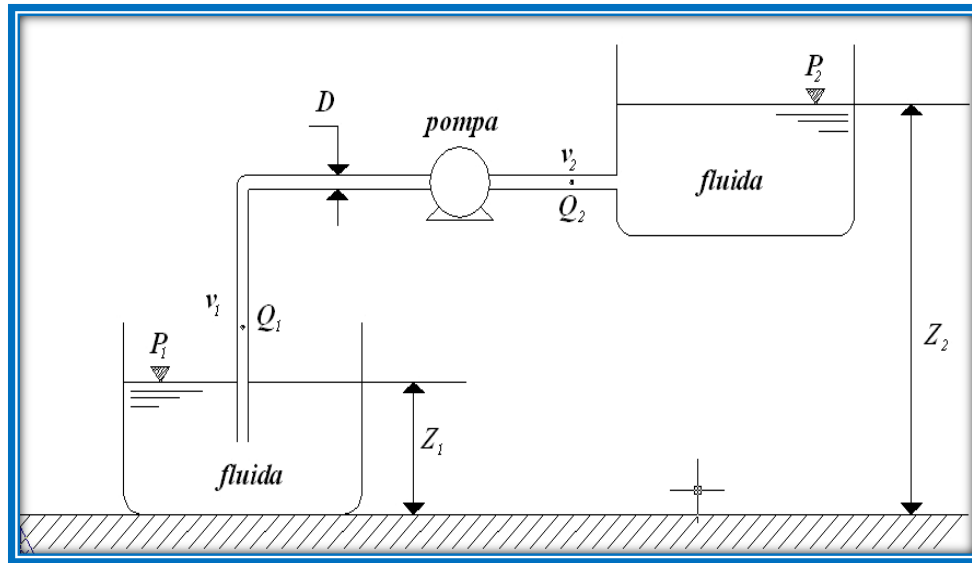


Gambar 4. Diagram Moody

1.6. Head

Head adalah energi mekanik per satuan berat zat cair. Head total dinyatakan dengan rumus:

$$H_{TOTAL} = H_S + H_P + H_V + H_{LOSS}$$



Gambar 5. Skematik Head

1.6.1. Head statis

Head statis merupakan head yang terjadi karena adanya perbedaan ketinggian antara permukaan air di sisi keluar (discharge) dan di sisi isap (suction).

$$H_S = H_{DISCHARGE} - H_{SUCTION}$$

1.6.2. Head tekanan

Head tekanan merupakan head yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan.

$$H_P = \frac{P_{DISCHARGE} - P_{SUCTION}}{\gamma}$$

1.6.3. Head kecepatan

Head kecepatan merupakan head yang terjadi karena adanya kecepatan aliran dalam suatu fluida.

$$H_V = \frac{V_{DISCHARGE}^2 - V_{SUCTION}^2}{2g}$$

1.6.4. Head losses

Head loss terdiri dari 2 macam yaitu head loss mayor dan head loss minor, sehingga head loss total dirumuskan sebagai berikut:

$$H_{LOSS} = H_{MAYOR} + H_{MINOR}$$

Head loss mayor adalah head loss yang terjadi akibat adanya panjang pipa, dirumuskan sebagai berikut:

$$H_{MAYOR} = \lambda \frac{L V^2}{D 2g}$$

Head loss minor adalah head loss yang terjadi karena adanya aksesoris-aksesoris perpipaan

$$H_{MINOR} = f \frac{V^2}{2g}$$

(Sularso. Pompa dan Kompresor. 2006. Hal 26-29)

1.7.KOEFISIEN PIPA DAN AKSESORIS PERPIPAAN

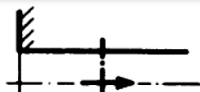
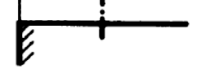

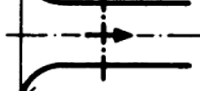
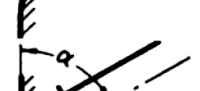

1.7.1. KEKASARAN ABSOLUT

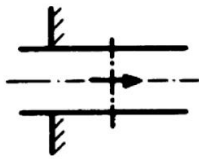
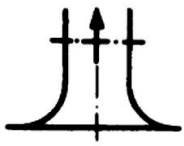

Pipe absolute roughness values		
Material	Absolute roughness inx10 ⁻³	Absolute roughness micron ormx10 ⁻⁶
Riveted steel	36-360	915-9150
Concrete	12-120	305-3050
Ductile iron	102	2591
Wood stave	3.6-7.2	91-183
Galvanized iron	6	152
Cast iron – asphalt dipped	4.8	122
Cast iron uncoated	10	254
Carbon steel or wrought iron	1.8	45
Stainless steel	1.8	45
Fiberglass	0.2	5
Drawn tubing – glass, brass, plastic	0.06	1.5
Copper	0.06	1.5
Aluminium	0.06	1.5
PVC	0.06	1.5
Red brass	0.06	1.5

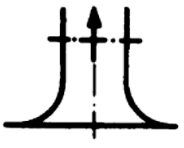

1.7.2. MINOR LOSS

Type of Component or Fitting	Minor Loss Coefficient, k
Flanged Tees, Line Flow	0.2
Threaded Tees, Line Flow	0.9
Flanged Tees, Branched Flow	1.0
Threaded Tees, Branch Flow	2.0
Threaded Union	0.08
Flanged Regular 90° Elbows	0.3
Threaded Regular 90° Elbows	1.5
Threaded Regular 45° Elbows	0.4
Flanged Long Radius 90° Elbows	0.2
Threaded Long Radius 90° Elbows	0.7
Flanged Long Radius 45° Elbows	0.2
Flanged 180° Return Bends	0.2
Threaded 180° Return Bends	1.5
Fully Open Globe Valve	10
Fully Open Angle Valve	2
Fully Open Gate Valve	0.15
¼ Closed Gate Valve	0.26
½ Closed Gate Valve	2.1
¾ Closed Gate Valve	17
Forward Flow Swing Check Valve	2
Fully Open Ball Valve	0.05
1/3 Closed Ball Valve	5.5
2/3 Closed Ball Valve	200

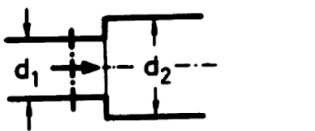
(Fluid Piping Systems)

sharp edged		very sharp	$\zeta = 0.5$
		slight chamfer	$\zeta = 0.25$
		full chamfer	$\zeta = 0.2$
rounded entry		smoothness	$\zeta = 0.06$ to 0.05
		normal	$\zeta = 0.05$
sharp edged with angle α			
		α	45° 60° 75°
		ζ	0.8 0.7 0.6

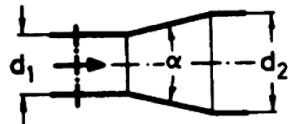
projecting sharp edged		very sharp	$\zeta = 3$
		slight chamfer	$\zeta = 0.6$
Pump intake			
bell mouthed		$\zeta = 0.05$	
conical		$\zeta = 0.20$	

Pump intake			
bell mouthed		$\zeta = 0.05$	
conical		$\zeta = 0.20$	

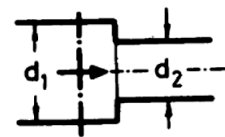
Changes in cross section



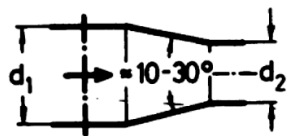
d_1/d_2	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
ζ	0.56	0.46	0.24	0.13	0.04



d_1/d_2		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
ζ for	$\alpha=8^\circ$	0.12	0.09	0.07	0.04	0.02
	$\alpha=16^\circ$	0.19	0.14	0.09	0.05	0.02
	$\alpha=25^\circ$	0.33	0.25	0.16	0.08	0.03

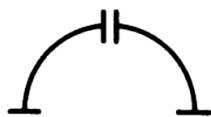


d_1/d_2	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
ζ	0.10	0.22	0.29	0.33	0.35

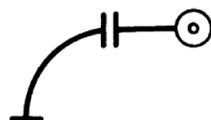


d_1/d_2	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
ζ	0.02	0.05	0.10	0.17	0.26

90° bends in series



$$2 \cdot \zeta_{90^\circ}$$

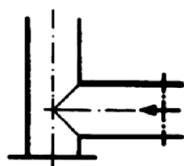


$$3 \cdot \zeta_{90^\circ}$$

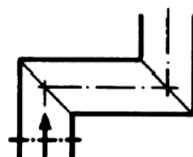


$$4 \cdot \zeta_{90^\circ}$$

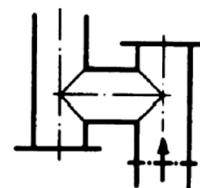
Combination with 90° elbows



$$\zeta = 2.5$$

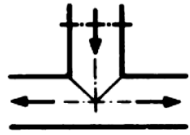


$$\zeta = 3$$



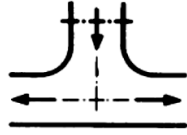
$$\zeta = 5$$

Tee-pieces, with flow separation



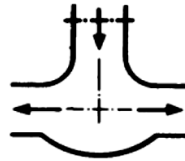
sharp edged

$$\zeta = 1;3$$



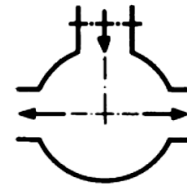
rounded with
straight base

$$\zeta = 0.7$$



spherical with
concave neck

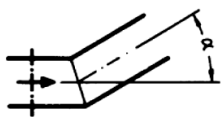
$$\zeta = 0.9$$



spherical

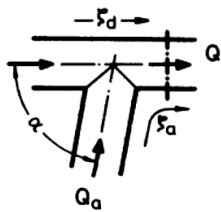
$$\zeta = 2.5 \text{ to } 4.9$$

Elbow bends

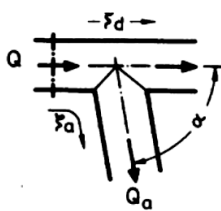


α	45°		60°		90°	
surface	smooth	rough	smooth	rough	smooth	rough
ζ	0.25	0.35	0.50	0.70	1.15	1.30

Confluence



Divergence



		$Q_a = 0$	$Q_a = 0.5 Q$	$Q_a = 0.8 Q$	$Q_a = Q$
$\alpha = 90^\circ$	ζ_d	0.04	0.35	0.5	-
	ζ_a	-	0.3	0.7	0.9
$\alpha = 45^\circ$	ζ_d	0.04	0.2	0.1	-
	ζ_a	-	0.15	0.35	0.4

		$Q_a = 0$	$Q_a = 0.5 Q$	$Q_a = 0.8 Q$	$Q_a = Q$
$\alpha = 90^\circ$	ζ_d	0.04	0.01	0.2	-
	ζ_a	-	0.9	1.1	1.3
$\alpha = 45^\circ$	ζ_d	0.04	0.02	0.2	-
	ζ_a	-	0.4	0.35	0.5

(Centrifugal Pump Sterling hal 178)

III. PERALATAN

Peralatan dan Fungsinya

- 1) Manometer air raksa : mengetahui perbedaan tekanan
- 2) Penggaris : mengukur panjang pipa
- 3) Bak air : menampung air
- 4) Flow control : mengatur kapasitas aliran
- 5) On-off Control : menghidupkan dan mematikan pompa
- 6) Rotameter : mengukur kapasitas pompa
- 7) Pompa : mengalirkan air dari bak air ke pipa
- 8) Katup : mengatur aliran air
- 9) Pipa : media transportasi air
- 10) HP/Stopwatch : waktu
- 11) Indikator volume : mengukur menghitung besarnya volume air

IV. PROSEDUR PERCOBAAN

a. Mengetahui nilai head loss pipa horizontal (mendatar), pada percobaan dan melalui pendekatan perhitungan.

- 1) Hubungkan test probe pada tap yang diinginkan untuk percobaan.
- 2) Tutup semua katub yang tidak diperlukan pada instalasi pipa.
- 3) Nyalakan pompa.
- 4) Buka katub yang diperlukan untuk percobaan.
- 5) Variasikan nilai kapasitas dengan melihat rotameter.
- 6) Ukur tekanan yang pada inlet dan outlet pipa dengan manometer air raksa.
- 7) Catat waktu yang digunakan untuk mencapai volume tertentu.
- 8) Lakukan percobaan ini pada kelima pipa, yaitu :
 - ❖ roughened pipe Φ 17 mm.
 - ❖ roughened pipe Φ 23 mm.
 - ❖ perspex test pipe Φ 6.5 mm.
 - ❖ smooth bore test pipe Φ 16.5 mm.
 - ❖ smooth bore test pipe Φ 26.5 mm.

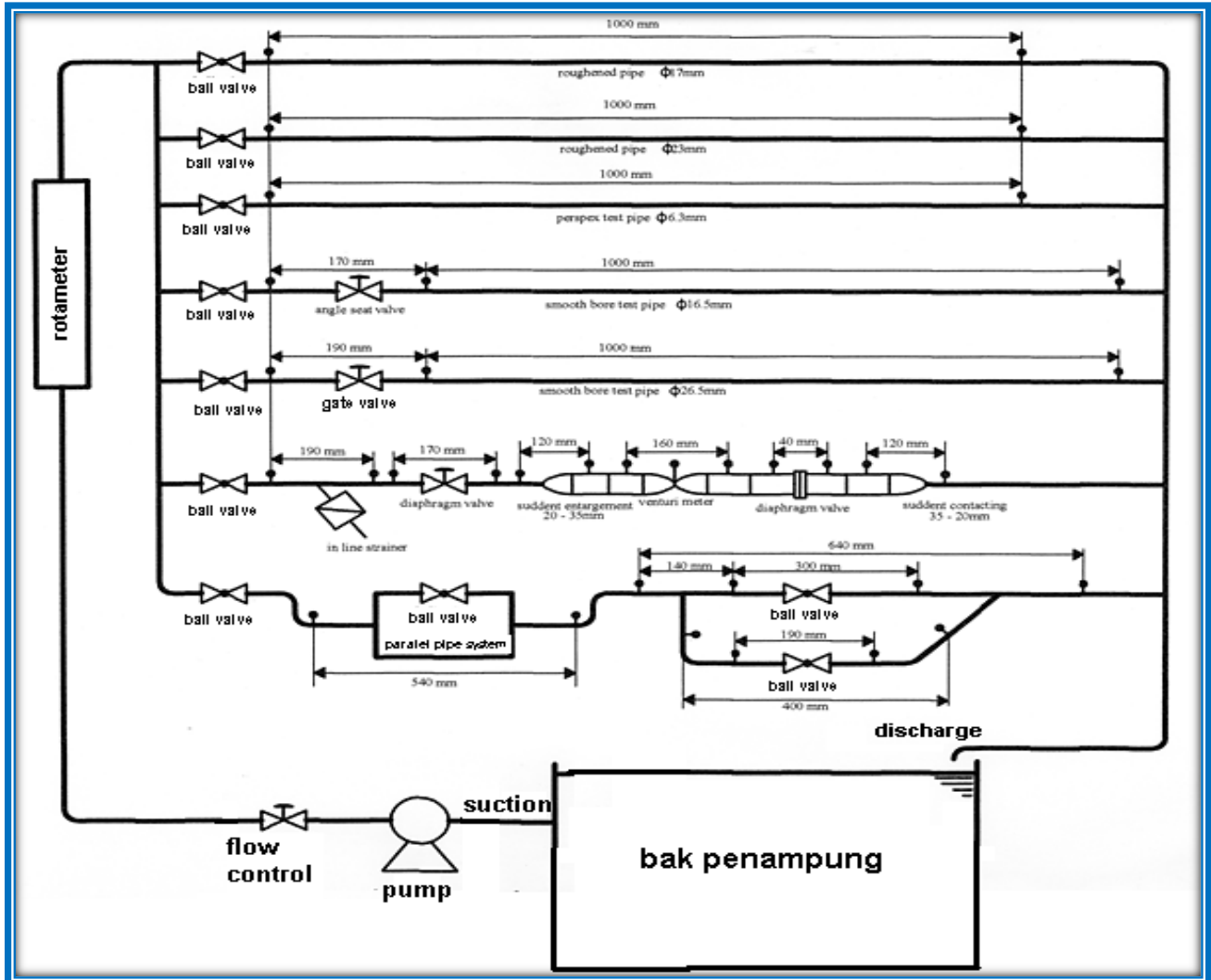
b. Mengetahui nilai head loss pada pipa karena fitting (variasi bukaan katup), pada percobaan dan melalui pendekatan perhitungan.

- 1) Hubungkan test probe pada tap yang diinginkan untuk percobaan.
- 2) Tutup semua katub yang tidak diperlukan pada instalasi pipa.
- 3) Nyalakan pompa.
- 4) Buka katub yang diperlukan untuk percobaan.
- 5) Variasikan nilai kapasitas dengan melihat rotameter.
- 6) Ukur tekanan yang ada pada inlet dan outlet pipa dengan manometer air raksa.
- 7) Lakukan percobaan ini pada pipa ke empat dengan memvariasikan bukaan katup angle seat valve, yaitu
 - ❖ smooth bore test pipe Φ 16.5 mm, angle seat valve full flow.
 - ❖ smooth bore test pipe Φ 16.5 mm, angle seat valve half flow.
- 8) Lakukan percobaan ini pada pipa ke lima dengan memvariasikan bukaan katup gate valve, yaitu :
 - ❖ smooth bore test pipe Φ 26.5 mm, gate valve full flow.
 - ❖ smooth bore test pipe Φ 26.5 mm, gate valve half flow.

c. Mengetahui pengaruh kapasitas dan kecepatan fluida terhadap nilai head.

- 1) Hubungkan test probe pada tap yang diinginkan untuk percobaan.
- 2) Tutup semua katub yang tidak diperlukan pada instalasi pipa.
- 3) Nyalakan pompa.
- 4) Buka katub yang diperlukan untuk percobaan.
- 5) Variasikan nilai kapasitas dengan melihat rotameter.
- 6) Ukur tekanan yang ada pada inlet dan outlet pipa dengan manometer air raksa.
- 7) Catat waktu yang digunakan untuk mencapai volume tertentu
- 8) Lakukan percobaan ini pada aksesoris berikut :
 - ❖ Sudden enlargement
 - ❖ Sudden contraction
 - ❖ Elbow 90
 - ❖ Elbow 45

V. GAMBAR RANGKAIAN



Gambar 6. Instalasi percobaan

VI. TABEL PENGAMATAN

Percobaan 1

Pipa	Q _{awal} (l/h)	L (m)	D (m)	V (m ³)	t (s)	P ₁ (mmHg)	P ₂ (mmHg)
1							
2							
3							
4							
5							

Percobaan 2

Pipa	Fitting	Open	Q _{awal} (l/h)	P ₁ (mmHg)	P ₂ (mmHg)
4	angle seat valve	1			
4	angle seat valve	0,5			
5	gate valve	1			
5	gate valve	0,5			

Percobaan 3

Pipa	Fitting	Q _{awal} (l/h)	V (m ³)	t (s)	P ₁ (mmHg)	P ₂ (mmHg)
6	Sudden Contraction					
	Sudden Enlargement					
7	Fitting T					
	Elbow 45					
	Elbow 90					

Surabaya, 2011

GRADER I,

GRADER II,

.....
NRP.

.....
NRP.

VII. GRAFIK

a. GRAFIK PERCOBAAN I

- 1) Antara Q dan V .
- 2) Antara V dan f hitungan.
- 3) Antara f hitungan dan D .
- 4) Antara H_f hitungan dan f hitungan.
- 5) Antara H_f hitungan dan V .
- 6) Antara V dan f percobaan.
- 7) Antara f percobaan dan D .
- 8) Antara H_f percobaan dan f percobaan.
- 9) Antara H_f percobaan dan V .
- 10) Antara f hitungan dan f percobaan.

b. GRAFIK PERCOBAAN II

- 1) Antara H_m dan V .
- 2) Antara H_m dan k .
- 3) Antara k dan D .

c. GRAFIK PERCOBAAN III

- 1) Antara Q dan V .
- 2) Antara H_m dan V .
- 3) Antara H_m dan k (masing-masing aksesoris pipa).