

POMPA ROTODINAMIK

Panduan Praktikum



Disusus Oleh

Ir. Sudarman, MT
Ir. Herry Suprianto, MT
Khusnul Hadi,ST

NOVEMBER 8, 2021
LABORATORIUM KONVERSI ENERGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
DAFTAR NOTASI DAN SATUAN	3
I PENDAHULUAN	4
1.1. Tujuan	4
1.2. Peraturan	4
1.3. Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI PENGUJIAN POMPA.....	6
2.1. Klasifikasi Pompa.....	6
2.2. Daya dan Efisiensi Pompa	8
2.3. Kurva Sistem	10
2.4. Titik Efisiensi Terbaik, BEP	12
2.5. Pompa di Serial –Head Ditambahkan.....	13
2.6. Pompa Paralel - Debit Ditambahkan	14
2.7. Biaya Energi.....	15
2.8 Aliran Stabil dan Tak-stabil	15
III. PROSEDUR PRAKTIKUM	17
3.1. Alat Percobaan.....	17
3.2. Instrumen Display.....	17
3.3. Prosedur Percobaan	17
3.4. Tabulasi Pengolahan Data.....	25
DAFTAR PUSTAKA.....	28

DAFTAR NOTASI DAN SATUAN

Simbol	NOTASI	Satuan
H	Head total	m
h	head	m
P_e	Daya Listrik	W
p	tekanan	Pa
Q	Debit	LPM, m ³ /s
WHP	Daya Air Ideal /Water horsepower	W
w	kerja	J
η_h	Efisiensi hidraulik	%
η_v	Efisiensi volumetrik	%
η_m	Efisiensi mekanik	%
η_o	<i>Overall Efficiency</i>	%
ρ	Massa jenis air	kg/m ³

I PENDAHULUAN

1.1. Tujuan

Tujuan praktikum pengujian Pompa adalah mahasiswa diharapkan:

1. Menguasai metode pengujian Pompa Tunggal, Seri, dan Paralel,
2. Mampu menganalisis dan menyajikan data karakteristik pompa Tunggal, Seri, dan Paralel dalam bentuk kurva unjuk kerja pompa.
3. Mampu menggunakan data pengujian untuk memilih titik operasi terbaik pompa.

Capaian Pembelajaran:

- CPL 3: Mampu merancang dan melakukan percobaan, melaksanakan praktek rekayasa, dan menganalisis data
- CPL 4: Mampu menganalisa permasalahan rekayasa yang kompleks
- CPL 8: Mampu bekerja secara mandiri ataupun bekerjasama dalam tim

1.2. Peraturan

1. Satu kelompok melakukan 2 pengujian:
 - a. pompa I dan seri
 - b. pompa II dan parallel.
2. Data percobaan dan tabulasi hasil perhitungan saling tukar dengan kelompok yang ditunjuk instruktur/asisten praktikum.
3. Konsultasi ke pembimbing dilakukan selambat-lambatnya 1 minggu sesudah praktikum dilaksanakan, dan diselesaikan paling lambat 3 minggu sesudah praktikum. Melebihi batas waktu maksimum, nilai maksimum 60.
4. Konsultasi bersifat individu.
5. Konsultasi dilakukan pada hari dan jam kerja baik secara luring maupun daring.
6. Grafik boleh dibuat diatas kertas milimeter block.
7. Dosen pembimbing akan memberi tugas ke masing-masing individu.
8. Penyerahan naskah laporan dan tugas ke Laboratorium selambat-lambatnya 1 minggu sebelum UAS.
9. Penilaian terdiri atas a) Pre-test dan praktikum 50% tergantung aktivitas, b) konsultasi/asistensi laporan ke pembimbing maksimum 30% (tergantung penguasaan materi/kecepatan menyelesaikan yang ditunjukkan melalui lembar asistensi/log aktivitas), c) tugas khusus maksimum 20%.
10. Penulisan laporan menggunakan sistematika laporan praktikum pengujian mesin.
11. Template penulisan laporan dapat diminta ke staf laboratorium.

1.3. Sistematika Penulisan

Laporan ditulis spasi tunggal dengan jarak antar spasi 12, diketik menggunakan huruf TNR font 12 diatas kertas A4 dengan margin kiri 3,5 cm, atas 3 cm, kanan dan bawah 2,45 cm. Laporan berisi tentang:

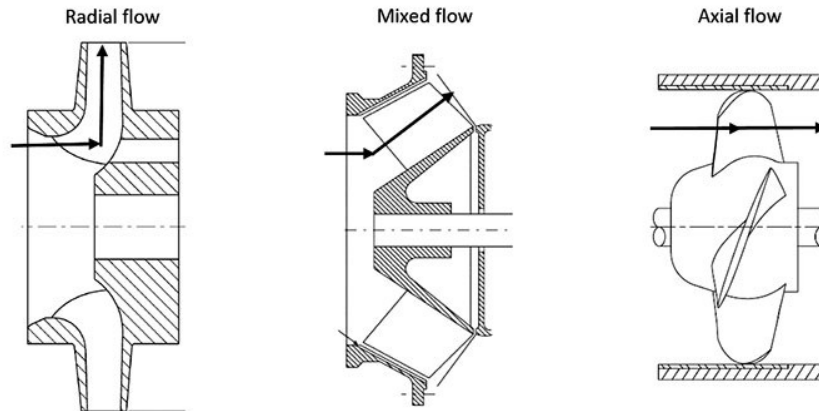
Halaman Sampul
Lembar Pengesahan
Lembar Data Hasil Pemungutan Data (*lampirkan lembar data kelompok yang disyahkan asisten*)
Log aktivitas/lembar asistensi (diisi mulai kegiatan praktikum hingga selesai asistensi laporan)
Daftar Isi
Daftar Tabel
Daftar Gambar
Simbol, Notasi, dan Satuan
Bab 1: Pendahuuan
 Berisi pentingnya praktikum dilaksanakan dengan tujuan sebagaimana capaian pembelajaran yang ditetapkan (maksimum 2 halaman)
Bab 2 Teori Dasar Pompa
 Tulis dasar teori pemilihan pompa berdasarkan unjuk kerjanya sesuai jenis pompa yang dipergunakan praktikum (maksimum 5 halaman)
Bab 3 Metode Pengujian
 Metode pengujian adalah tata cara melaksanakan pengujian pompa lengkap dengan cara pemungutan data dan cara pengolahan datanya (maksimum 5 halaman)
Bab 4 Pengolahan Data dan Pembahasan
 Terdiri atas pengolahan data hasil pengujian, interpretasi grafik unjuk kerja sebagaimana gambar 2.4, 2.5, dan 2.6, perbandingan BEP terhadap data teknis pompa yang diuji. (minimum 5 halaman)
Bab 5 Kesimpulan
 Berisi spesifikasi teknis yang berhubungan dengan hasil bab 4 dan perbandingannya terhadap data teknis pompa yang diuji. (1 halaman)
Daftar Pustaka

BAB II DASAR TEORI PENGUJIAN POMPA

2.1. Klasifikasi Pompa

Pompa secara umum diklasifikasikan sebagai Pompa Sentrifugal (atau pompa Roto-dinamis) dan Pompa Perpindahan Positif.

2.1.1. Pompa Sentrifugal (Pompa Roto-dinamis)



Gambar 2.1. Sentrifugal dan Rotodinamik

Pompa sentrifugal atau roto-dinamis menghasilkan head dan aliran dengan meningkatkan kecepatan cairan melalui mesin dengan bantuan impeller baling-baling yang berputar. Pompa sentrifugal termasuk unit aliran radial, aksial dan campuran.

Pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan lebih lanjut sebagai:

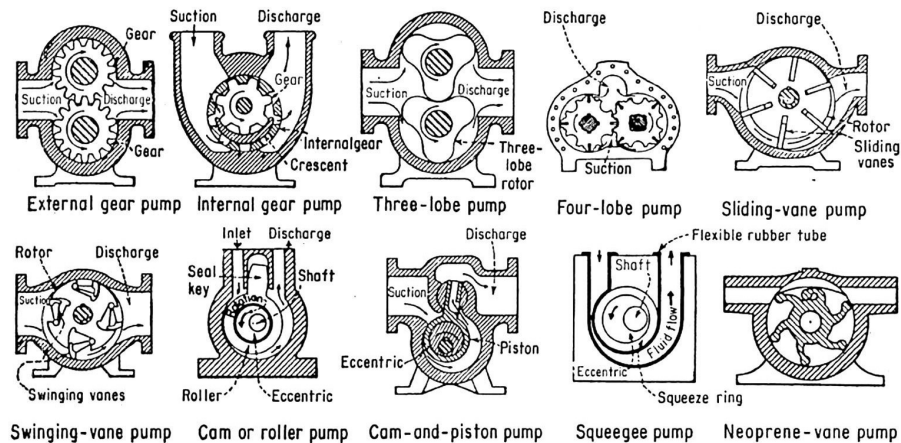
1. pompa hisap akhir, *end suction pump*
2. pompa in-line
3. pompa hisap ganda
4. pompa multistage vertikal
5. pompa multistage horizontal
6. pompa submersible
7. pompa self-priming
8. pompa aliran aksial
9. pompa regeneratif

2.1.2. Pompa Perpindahan Positif

Pompa perpindahan positif (*positif displacement pumps*) beroperasi dengan mengisi rongga secara bergantian dan kemudian memindahkan volume cairan tertentu. Pompa perpindahan positif memberikan volume cairan yang konstan untuk setiap siklus terlepas dari tekanan atau head pelepasan.

Pompa perpindahan positif dapat diklasifikasikan sebagai:

1. Pompa reciprocating seperti piston, plunger dan diafragma
2. Pompa listrik
3. Pompa uap
4. Pompa putar seperti roda gigi, lobus, sekrup, baling-baling, regeneratif (periferal) dan rongga progresif



Gambar 2.2. Pompa-pompa positif jenis pompa putar

Memilih antara Pompa Sentrifugal atau Pompa Pemindahan Positif tidak selalu langsung. Kedua jenis pompa berperilaku sangat berbeda mengenai head tekanan dan debit/laju aliran:

- Pompa Sentrifugal memiliki aliran yang bervariasi tergantung pada tekanan atau head sistem
- Pompa Perpindahan Positif memiliki aliran yang kurang lebih konstan terlepas dari tekanan atau head sistem. Pompa Positive Displacement umumnya menghasilkan lebih banyak tekanan daripada Pompa Sentrifugal.

2.1.3. Kapasitas dan Viskositas

Perbedaan utama lainnya antara jenis pompa adalah efek viskositas pada kapasitas:

- Dalam Pompa Sentrifugal aliran berkurang ketika viskositas meningkat
- Dalam Pompa Perpindahan Positif, aliran meningkat ketika viskositas meningkat

Cairan dengan viskositas tinggi mengisi ruang kosong dari Positive Displacement Pumps yang menyebabkan efisiensi volumetrik yang lebih tinggi dan Positive Displacement Pumps lebih cocok untuk aplikasi dengan viskositas yang lebih

tinggi. Pompa Sentrifugal menjadi sangat tidak efisien bahkan pada viskositas sedang.

2.1.4. Efisiensi Mekanis

Pompa berperilaku berbeda mengingat efisiensi mekanis juga.

- Mengubah tekanan atau head sistem memiliki sedikit atau tidak berpengaruh pada laju aliran di Pompa Pemindahan Positif
- Mengubah tekanan atau head sistem mungkin memiliki efek dramatis pada laju aliran di Pompa Sentrifugal

2.1.5. Head Hisap Positif Bersih - NPSH

Tekanan rendah di sisi hisap pompa dapat menyebabkan cairan mulai mendidih dengan

- efisiensi berkurang
- kavitasi
- kerusakan

pompa sebagai hasilnya. Mendidih dimulai ketika tekanan dalam cairan dikurangi menjadi tekanan uap cairan pada suhu sebenarnya. Pertimbangan lain adalah Net Positive Suction Head - NPSH.

Dalam Pompa Sentrifugal, NPSH bervariasi sebagai fungsi aliran yang ditentukan oleh tekanan.

Dalam Pompa Perpindahan Positif, NPSH bervariasi sebagai fungsi aliran yang ditentukan oleh kecepatan. Mengurangi kecepatan pompa berarti mengurangi NPSH.

2.2. Daya dan Efisiensi Pompa

2.2.1. Tenaga Kuda Air

Energi yang diberikan ke air oleh pompa disebut tenaga kuda air (*Water Horse Power*, WHP) dan dapat dihitung sebagai:

$$WHP = \rho gQH \text{ (Watt)} \quad (1)$$

di mana

Q = debit aliran (m³/s)

H = Head (m)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

ρ = massa jenis air = 1000 kg/m³

Horsepower juga dapat dihitung sebagai:

$$WHP = \rho Q \Delta p \text{ (Watt)} \quad (2)$$

dimana

$$\Delta p = p_d - p_s \text{ (Pa)}$$

p_d adalah tekanan keluar pompa (discharge pressure) dalam Pa

p_s adalah tekanan masuk pompa atau *suction pressure*, dalam Pa

Efisiensi pompa secara keseluruhan adalah rasio daya yang sebenarnya diperoleh oleh fluida (WHP) dengan daya yang disuplai, W.

Dalam percobaan ini dapat ditulis:

$$\eta_o = \frac{WHP}{P_e} \quad (3)$$

2.2.2. Efisiensi Total Pompa

Untuk proses aliran fluida yang melibatkan pompa, efisiensi keseluruhan terkait dengan kerugian hidraulik, mekanik, dan volumetric. Kehilangan Hidraulik dan Efisiensi Hidraulik

Rugi-rugi hidrolis berhubungan dengan konstruksi pompa disebabkan oleh gesekan antara fluida dan dinding, percepatan dan perlambatan fluida dan perubahan arah aliran fluida.

Efisiensi hidrolis η_h dapat dinyatakan sebagai:

$$\eta_h = \frac{w}{w+w_l} \quad (4)$$

di mana

w = kerja spesifik dari pompa (J/kg)

w_l = kerja spesifik yang hilang karena efek hidrolis (J/kg)

Rugi Mekanik dan Efisiensi Mekanik

Komponen mekanis - seperti roda gigi transmisi dan bantalan - menciptakan kerugian mekanis yang mengurangi daya yang ditransfer dari poros motor ke pompa.

Efisiensi mekanik η_m dapat dinyatakan sebagai:

$$\eta_m = \frac{P_e - P_l}{P_l} \quad (5)$$

di mana

P = daya yang ditransfer dari motor ke poros (W)
 P_1 = daya yang hilang pada transmisi (W)

Rugi Volume dan Efisiensi Volumetrik

Karena kebocoran cairan antara permukaan belakang pelat hub impeller dan casing, atau melalui komponen pompa lainnya - ada kehilangan volumetrik yang mengurangi efisiensi pompa.

Efisiensi volumetrik η_v dapat dinyatakan sebagai:

$$\eta_v = \frac{Q}{Q+Q_l} \quad (6)$$

di mana

Q = volume aliran yang keluar dari pompa (m^3/s)
 Q_l = volume aliran kebocoran (m^3/s)

Kerugian Total dan Efisiensi Keseluruhan

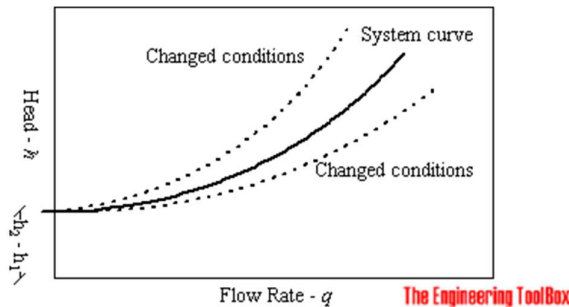
Efisiensi keseluruhan adalah rasio daya yang sebenarnya diperoleh oleh fluida dengan daya yang disuplai ke poros. Efisiensi keseluruhan η dapat dinyatakan sebagai:

$$\eta_o = \eta_h \eta_m \eta_v \quad (7)$$

2.3. Kurva Sistem

Kurva sistem dan kurva kinerja pompa bermanfaat untuk memilih pompa yang tepat untuk aplikasi tertentu

Sistem aliran fluida dicirikan dengan Kurva Sistem yang merupakan presentasi grafis dari Persamaan Energi.



Gambar 2.3. Kurva Sistem

Head sistem yang divisualisasikan dalam Kurva Sistem di atas adalah fungsi elevasi - atau head statis dan kerugian besar dan kecil dalam sistem dan dapat dinyatakan sebagai:

$$H_{sistem} = dH - H_l \quad (8)$$

di mana

H = Head sistem (m)

dH = $H_d - H_s$ = elevasi (statis) beda head antara inlet (suction) dan outlet (discharge) dalam sistem (m)

H_l = head loss mayor dan minor dalam sistem (m)

Ekspresi umum dari kehilangan head mayor dan minor adalah:

$$H_l = k Q^2 \quad (9)$$

di mana

Q = debit/laju aliran

k = konstan yang menggambarkan karakteristik sistem total - termasuk semua kerugian besar dan kecil

Meningkatkan konstanta - k - dengan menutup beberapa katup, mengurangi ukuran pipa atau sejenisnya - akan meningkatkan kerugian head dan menggerakkan kurva sistem ke atas. Titik awal untuk kurva - tanpa aliran, akan sama.

Dalam percobaan ini, besaran titik unuk melukis kurva system adalah:

$$H_{sistem} = (H_d - H_s) - (H_o - H_s) \quad (10)$$

Dimana h_0 adalah tekanan statis p_5 .

Atau dalam parameter tekanan dapat ditulis:

Untuk pompa I

$$p_{sistem} = (p_2 - p_1) - (p_5 - p_1) \quad (11-a)$$

Untuk Pompa II

$$p_{sistem} = (p_4 - p_3) - (p_5 - p_1) \quad (11-b)$$

Untuk Pompa Paralel

$$p_{sistem} = \left[\left(\frac{p_2 + p_4}{2} \right) - \left(\frac{p_1 + p_3}{2} \right) \right] - (p_5 - p_1) \quad (11-c)$$

Untuk Pompa Seri

$$p_{sistem} = (p_2 - p_3) - (p_5 - p_3) \quad (11-d)$$

Untuk penggabungan Seri tanpa menggunakan jaringan seri, maka:

$$p_{sistem} = \frac{(p_2 - p_1) + (p_4 - p_3)}{2} - \left(\overline{p_5} - \frac{p_1 + p_3}{2} \right) \quad (11-e)$$

Dimana $\overline{p_5}$ adalah rata-rata p_5 pompa 1 dan 2.

2.4. Titik Efisiensi Terbaik, BEP

Sebuah pompa praktis tidak akan pernah mampu mengubah semua energi kinetiknya menjadi energi tekanan. Bagian dari energi akan selalu hilang secara internal atau eksternal.

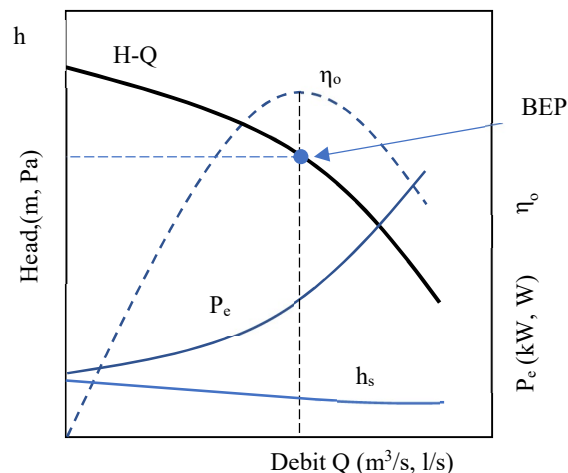
Kerugian Internal

- kehilangan hidraulik - karena gesekan cakram di impeler, perubahan arah aliran yang cepat dan perubahan kecepatan di seluruh pompa
- kehilangan volumetrik - karena sirkulasi ulang internal yang disebabkan oleh keausan pada cincin dan bushes

Kerugian Eksternal

- kerugian mekanis - karena gesekan pada perapat (seals) dan bantalan

Efisiensi maksimum untuk pompa biasanya dalam "titik desain" - juga disebut BEP (Best Efficiency Point) atau "Titik Efisiensi Terbaik".



Gambar 2.4. Titik Efisiensi Terbaik

Untuk pompa yang beroperasi di semua posisi lain - efisiensinya akan lebih rendah daripada di BEP.

Karakteristik pompa biasanya digambarkan secara grafis oleh pabrikan sebagai kurva kinerja pompa. Kurva kinerja pompa menggambarkan hubungan antara debit dan head untuk pompa yang sebenarnya. Informasi penting lainnya untuk pemilihan pompa yang

tepat juga disertakan - seperti kurva efisiensi, kurva NPSH, kurva pompa untuk beberapa diameter impeller dan kecepatan yang berbeda, serta konsumsi daya.

Kurva unjuk kerja diperlukan untuk mendapatkan Titik Efisiensi Terbaik (*Best Efficiency Point*, BEP) yang menunjukkan kinerja pompa yang paling efisien. Pompa harus beroperasi di dekat BEP-nya dan titik ini biasanya ditunjukkan oleh label pada pompa tersebut.

Pompa dapat juga dioperasikan di luar daerah BEP, tetapi akan memiliki efisiensi yang rendah.

2.5. Pompa di Serial –Head Ditambahkan

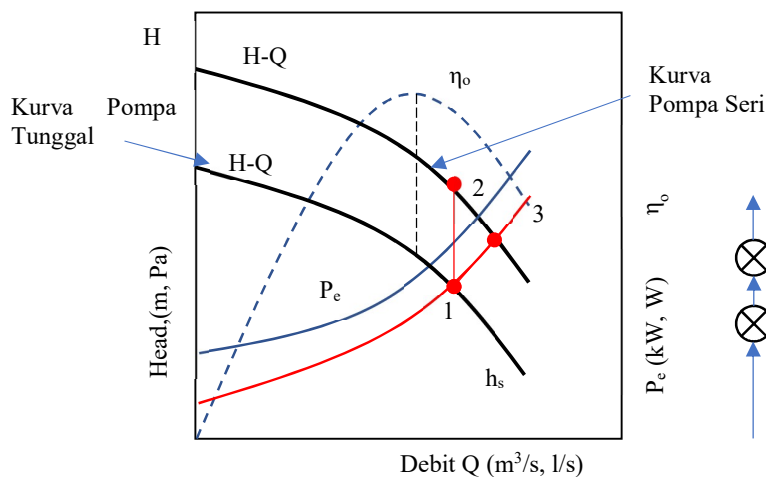
Ketika dua (atau lebih) pompa disusun secara seri, kurva kinerja pompa yang dihasilkan diperoleh dengan menambahkan headnya pada laju aliran yang sama seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Pompa sentrifugal secara seri digunakan untuk mengatasi kehilangan head sistem yang lebih besar daripada yang dapat ditangani oleh satu pompa saja.

- untuk dua pompa identik secara seri, head akan menjadi dua kali head dari pompa tunggal pada laju aliran yang sama - seperti yang ditunjukkan pada poin 2.

Dengan debit konstan, head gabungan bergerak dari 1 ke 2 - tetapi dalam praktiknya, head gabungan dan laju aliran bergerak sepanjang kurva sistem ke titik 3.

- titik 3 adalah tempat sistem beroperasi dengan kedua pompa berjalan
- poin 1 adalah di mana sistem beroperasi dengan satu pompa berjalan

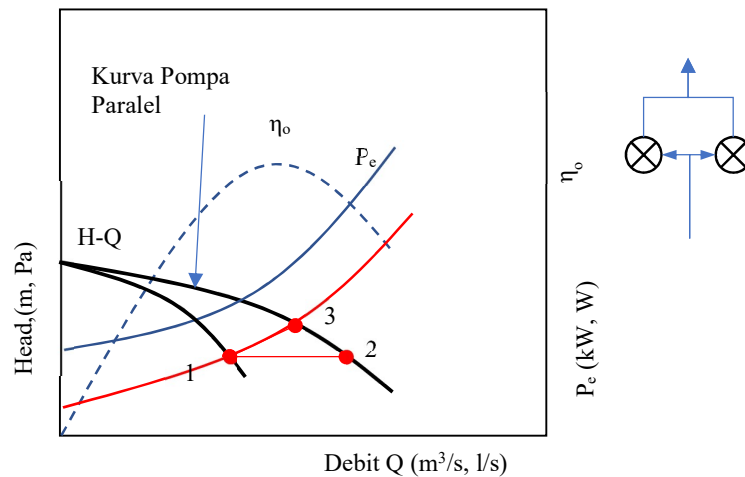


Gambar 2.5. Kurva Pompa Seri

Perhatikan bahwa untuk dua pompa dengan kurva kinerja yang sama berjalan secara seri head untuk setiap pompa sama dengan setengah head pada titik 3 aliran untuk setiap pompa sama dengan aliran di titik 3.

2.6. Pompa Paralel - Debit Ditambahkan

Ketika dua atau lebih pompa disusun secara paralel, kurva kinerja yang dihasilkan diperoleh dengan menambahkan laju aliran pompa/debit pada head yang sama seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.6. Kurva Pompa Paralel

Pompa sentrifugal secara paralel digunakan untuk mengatasi aliran volume yang lebih besar daripada yang dapat ditangani oleh satu pompa saja.

- Untuk dua pompa identik secara paralel dan head tetap konstan - laju aliran dua kali lipat dibandingkan dengan pompa tunggal seperti yang ditunjukkan pada poin 2

Catatan! Dalam prakteknya gabungan aliran head dan volume bergerak sepanjang kurva sistem seperti yang ditunjukkan dari 1 sampai 3.

- titik 3 adalah tempat sistem beroperasi dengan kedua pompa berjalan
- poin 1 adalah di mana sistem beroperasi dengan satu pompa berjalan

Dalam prakteknya, jika salah satu pompa secara paralel atau seri berhenti, titik operasi bergerak sepanjang kurva resistansi sistem dari titik 3 ke titik 1 - head dan laju aliran berkurang.

Perhatikan bahwa untuk dua pompa dengan kurva kinerja yang sama berjalan secara paralel head untuk setiap pompa sama dengan head pada titik 3 aliran untuk setiap pompa sama dengan setengah aliran di titik 3

Catatan - untuk operasi paralel

- aliran nol atau "shut valve" head harus sama untuk kedua pompa
- kurva pompa yang tidak stabil harus dihindari
- kurva pompa yang lebih curam lebih disukai

2.7. Biaya Energi

Biaya energi perjam (*energy cost*) untuk memompa air dapat dihitung dengan persamaan

$$C = \frac{\rho g H Q c}{\eta_p \eta_m 3,6 \times 10^6} \quad (10)$$

$$C = \frac{Q P_e c}{\eta_p \eta_m 3,6 \times 10^6} \quad (11)$$

dimana

- C = biaya per-jam (Rp/jam)
- Q = Debit/volume flow (m³/jam)
- H = Head /*differential head* (m)
- c = biaya per kWh /*cost rate* per kWh (Rp 1.500 /kWh)
- η_p = efisiensi pompa (0 - 1)
- η_m = efisiensi motor (0 - 1)
- ρ = kerapatan massa/ density (1000 kg/m³)
- h = differential head, height (m)
- g = percepatan gravitasi (9.81 m/s²)

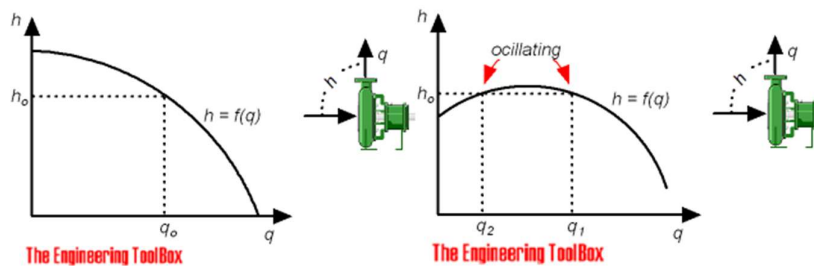
Dalam system dimana kWh termonitor, maka biaya energi dapat dihitung berdasarkan daya pada keadaan tertentu.

$$C = 3,6 P_e c \quad (12)$$

Dimana P_e = daya rata-rata (kW)

2.8 Aliran Stabil dan Tak-stabil

Untuk karakteristik aliran head yang stabil (gambar 2.6), head diferensial - h - semakin menurun dengan meningkatnya laju aliran - q.



Gambar 2.7. Kurva Aliran Stabil dan tak stabil

Untuk karakteristik aliran head yang tidak stabil, head diferensial - h - naik ke maksimum dan kemudian turun secara progresif dengan meningkatnya laju aliran - q .

Pompa yang tidak stabil mungkin mulai berosilasi di antara dua kemungkinan kombinasi aliran-head. Laju aliran akan memodulasi dan pipa bergetar.

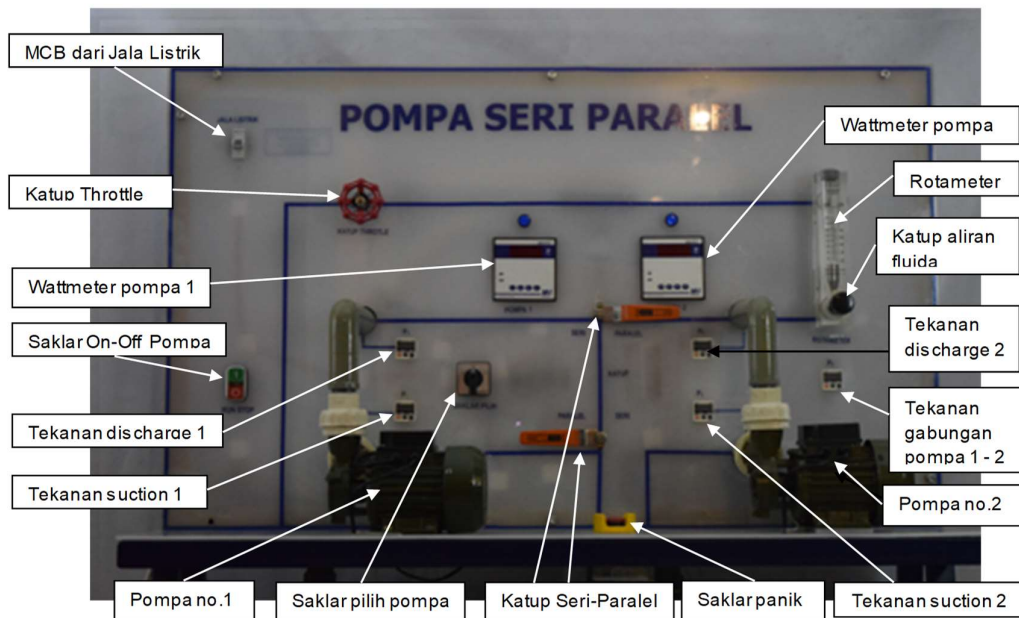
Direkomendasikan agar pompa sentrifugal dirancang dan dioperasikan dalam kondisi stabil.

III. PROSEDUR PRAKTIKUM

3.1. Alat Percobaan

Type pompa	: Rotodinamik pump
Debit Maksimum	: 1,7 m ³ /h
Maksimum Head	: 32 m
Catu Daya	: 0,3 kW

3.2. Instrumen Display



Gambar 3.1. Instalasi Pompa dan Instrumen display

3.3. Prosedur Percobaan

Prosedur umum, untuk instruktur dan/atau laboran

1. Isi air bak dengan air bersih kira-kira 2/3 dari tinggi bak
2. Isi air pancangan di bagian suction (bila diperlukan)
3. Hubungan dengan terminal listrik 220VAC
4. On-kan master contact breaker (MCB)
5. Pilih pompa 1 atau pompa 2 untuk mengisi semua aliran pipa
6. Tekan tombol on, salah satu pompa akan bekerja, perhatikan tekanan pompa.
7. Pindahkan saklar ke posisi pompa yang lain, bila pompa yang lain sudah bekerja sempurna akan terlihat tekanan dan aliran pada alat ukur.
8. Perhatikan semua alat ukur berfungsi dengan baik.
9. Matikan pompa dengan menekan tombol off.
10. Bila pompa belum bekerja sempurna, ulangi tahapan 2) sampai 7)

3.3.1. Pengujian pompa tunggal

1. Persiapan

1. Periksa dan pastikan bahwa lembar data, alat tulis, peralatan pengujian telah tersedia,
2. Periksa ketinggian air pada bejana penampung, tambahkan air jika kurang
3. Buka katup throttle pada posisi terbuka penuh (putar ke kiri),
4. Arahkan 2 buah katup Seri-Paralel pada posisi PARALEL,
5. Periksa saklar panik dalam posisi menonjol keatas dengan menekan tombol ke kiri,
6. Alihkan saklar pilih pompa 0-I-II ke arah I untuk pengujian Pompa I, atau posisi II untuk pengujian Pompa II,
7. Masukkan catu daya dengan memasang steker ke stop kontak, lantas tekan saklar MCB keatas.
8. Atur pressure gauge digital, flowmeter pada angka 0, atau dicatat penunjukan angka awal.
9. Hidupkan Pompa dengan menekan tombol hijau pada saklar ON-OFF,
10. Periksa dan pastikan instrumen elektronik dan digital bekerja normal, (nol-kan).
11. Periksa aliran air yang melalui *flowmeter* /*rotameter* hingga keadaan aliran dalam tabung rotameter terisi penuh,

2. Pelaksanaan/Pemungutan Data

12. Tutup katup throttle dengan cara memutar katup ke kanan hingga berhenti, dan tunggu 1 menit,
13. Catat data Daya (P_e), p_5 , p_1 dan p_2 untuk pengujian pompa I. p_3 dan p_4 untuk pengujian Pompa II,
14. Buka katup utama pada posisi penunjuk sebagaimana ditetapkan dalam tabel data bukaan katup (BK),
15. Catat data Debit (Q), Daya listrik (P_e), tekanan p_5 , p_1 dan p_2 untuk pengujian pompa I. p_3 dan p_4 untuk pengujian Pompa II,
16. Ulangi langkah ke 14 dan 15 untuk data berikutnya sesuai tabel lembar data hingga katup terbuka penuh.

3. Selesai

17. Tekan tombol warna merah pada saklar ON/OFF
18. Alihkan saklar utama pada posisi kebawah,
19. Bersihkan mesin pengujian dan lokasi sekelilingnya,
20. Tanda tangani lembar data pengujian,
21. Laporkan ke asisiten/laboran bahwa pengujian telah selesai,
22. Serahkan alat-alat dan perlengkapan lain ke petugas,
23. Pengesahan lembar data.

Tabel 3.1. Data Pengujian Pompa I

PENGUJIAN POMPA TUNGGAL I

Kelompok	:		Hari/Tanggal	:	
Head Maksimum	:	30 m	Waktu	:	_____sd_____
Debit maksimum	:	1.7 m ³ /h	Massa Jenis Air	:	_____ kg/m ³
Temperatur Kamar	:		Tekanan Barometer	:	_____ mmHg

BK	Q_I	P_{eI}	p₁	p₂	p₅
0					
4					
8					
12					
16					
20					
24					
26					
30					
PENUH					

Praktikan
 Nama _____ Ttd _____

Malang,
 Disetujui
 Instruktur Praktikum

Tabel 3.2. Data Pengujian Pompa II

PENGUJIAN POMPA TUNGGAL II

Kelompok	:		Hari/Tanggal	:	
Head Maksimum	:	30 m	Waktu	:	_____sd_____
Debit maksimum	:	1.7 m ³ /h	Massa Jenis Air	:	_____ kg/m ³
Temperatur Kamar	:		Tekanan Barometer	:	_____ mmHg

BK	Q_{II}	P_{eII}	p₁	p₂	p₅
0					
4					
8					
12					
16					
20					
24					
26					
30					
PENUH					

Praktikan
 Nama _____ Ttd _____

Malang,
 Disetujui
 Instruktur Praktikum

3.3.2. Pengujian Pompa Paralel

1. Persiapan

1. Periksa dan pastikan bahwa lembar data, alat tulis, peralatan pengujian telah tersedia,
2. Periksa ketinggian air pada bejana penampung, tambahkan air jika kurang
3. Buka katup throttle pada posisi terbuka penuh (putar ke kiri),
4. Arahkan 2 buah katup Seri-Paralel pada posisi PARALEL,
5. Periksa saklar panik dalam posisi menonjol keatas dengan memutar tombol ke kiri,
6. Alihkan saklar 0-I-II ke arah 0,
7. Masukkan catu daya dengan memasang steker ke stop kontak, lantas tekan saklar MCB keatas.
8. Atur pressure gauge digital, flowmeter pada angka 0, atau dicatat penunjukan angka awal.
9. Hidupkan Pompa dengan menekan tombol hijau pada saklar ON-OFF,
10. Periksa dan pastikan instrumen elektronik dan digital bekerja normal,
11. Periksa aliran air yang melalui flowmeter /rotameter hingga keadaan aliran dalam tabung rotameter terisi penuh,

2. Pelaksanaan

12. Tutup katup throttle dengan cara memutar katup ke kanan hingga berhenti, dan tunggu 1 menit,
13. Catat data Daya listrik (P_{eI} dan P_{eII}), tekanan P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , dan P_5 ,
14. Buka katup utama pada posisi penunjuk sebagaimana ditetapkan dalam tabel data BK,
15. Catat data Debit (Q), Daya listrik (P_{eI} dan P_{eII}), tekanan P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , dan P_5 ,
16. Ulangi langkah ke 14 dan 15 untuk data berikutnya hingga katup terbuka penuh.

3. Selesai

17. Tekan tombol warna merah pada saklar ON/OFF
18. Alihkan saklar utama pada posisi kebawah,
19. Bersihkan mesin pengujian dan lokasi sekelilingnya,
20. Tanda tangani lembar data pengujian,
21. Laporkan ke asisiten/laboran bahwa pengujian telah selesai,
22. Serahkan alat-alat dan perlengkapan lain ke petugas,
23. Pengesahan lembar data.

Tabel 3.4. Data Pengujian Pompa Paralel

PENGUJIAN POMPA PARALEL

Kelompok : _____ Hari/Tanggal : _____
 Head Maksimum : 30 m Waktu : _____ sd _____
 Debit maksimum : 1.7 m³/h Massa Jenis Air : _____ kg/m³
 Temperatur Kamar : _____ Tekanan Barometer : _____ mmHg

BK	Q	P _{eI}	p ₁	p ₂	P _{eII}	p ₃	p ₄	p ₅
0								
4								
8								
12								
16								
20								
24								
26								
30								
FULL								

Praktikan
 Nama _____ Ttd _____

Malang,
 Disetujui
 Instruktur Praktikum

3.3.3. Pengujian Pompa Seri

1. Persiapan

1. Periksa dan pastikan bahwa lembar data, alat tulis, peralatan pengujian telah tersedia,
2. Periksa ketinggian air pada bejana penampung, tambahkan air jika kurang
3. Buka katup throttle pada posisi terbuka penuh (putar ke kiri),
4. Arahkan 2 buah katup Seri-Paralel pada posisi SERI,
5. Periksa saklar panik dalam posisi menonjol keatas dengan memutar tombol ke kiri,
6. Alihkan saklar 0-I-II ke arah 0,
7. Masukkan catu daya dengan memasang steker ke stop kontak, lantas tekan saklar MCB keatas.
8. Atur pressure gauge digital, flowmeter pada angka 0, atau dicatat penunjukan angka awal.
9. Hidupkan Pompa dengan menekan tombol hijau pada saklar ON-OFF,
10. Periksa dan pastikan instrumen elektronik dan digital bekerja normal,
11. Periksa aliran air yang melalui flowmeter /rotameter hingga keadaan aliran dalam tabung rotameter terisi penuh,

2. Pelaksanaan

12. Tutup katup throttle dengan cara memutar katup ke kanan hingga berhenti, dan tunggu 1 menit,
13. Catat data Daya listrik (P_{eI} dan P_{eII}), tekanan p_1 , p_2 , p_3 , p_4 , dan p_5 ,
14. Buka katup utama pada posisi penunjuk sebagaimana ditetapkan dalam tabel data BK,
15. Catat data Debit (Q), Daya listrik (P_{eI} dan P_{eII}), tekanan p_1 , p_2 , p_3 , p_4 , dan p_5 ,
16. Ulangi langkah ke 14 dan 15 untuk data berikutnya hingga katup terbuka penuh.

3. Selesai

17. Tekan tombol warna merah pada saklar ON/OFF
18. Alihkan saklar utama pada posisi kebawah,
19. Bersihkan mesin pengujian dan lokasi sekelilingnya,
20. Tanda tangani lembar data pengujian,
21. Laporkan ke asisiten/laboran bahwa pengujian telah selesai,
22. Serahkan alat-alat dan perlengkapan lain ke petugas,
23. Pengesahan lembar data.

Tabel 3.3. Data Pengujian Pompa Seri

PENGUJIAN POMPA SERI

Kelompok : _____ Hari/Tanggal : _____
 Head Maksimum : 30 m Waktu : _____ sd _____
 Debit maksimum : 1.7 m³/h Massa Jenis Air : _____ kg/m³
 Temperatur Kamar : _____ Tekanan Barometer : _____ mmHg

BK	Q	P _{eI}	p ₁	p ₂	P _{eII}	p ₃	p ₄	p ₅
0								
4								
8								
12								
16								
20								
24								
26								
30								

Praktikan
 Nama _____ Ttd _____

Malang,
 Disetujui
 Instruktur Praktikum

3.4. Tabulasi Pengolahan Data

Tabel 3.5. Hasil Pengujian Pompa I

Q_I (m^3/s) ¹	$H_s = p_1$ (m)	$H = p_2 - p_1$ (m)	WHP (Watt)	P_I (Watt)	H_{sistem} (m)	Efisiensi, $\eta_I =$ WHP/W

Tabel 3.6. Hasil Pengujian Pompa II

Q_{II} (m^3/s)	$H_s = p_3$ (m)	$H = p_4 - p_3$ (m)	WHP (Watt)	P_{eII} (Watt)	H_{sistem} (m)	Efisiensi, $\eta_{II} =$ WHP/ P_{eII}

¹ Agar grafik H-Q menjadi lebih baik, Q boleh diubah menjadi l/h, l/min dan sebagainya

Tabel 3.7. Hasil Pengujian Pompa Paralel

$Q_p \text{ (m}^3\text{/s)}$	$H_p = p_4 - p_3 = p_2 - p_1 \text{ (m)}$	WHP _s (Watt)	$P_p = P_{eI} + P_{eII} \text{ (Watt)}$	$H_{\text{sistem}} \text{ (m)}$	Efisiensi, $\eta = \text{WHP}/P_p$

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Pompa Seri

$Q_s \text{ (m}^3\text{/s)}$	$H = H_2 - H_3 \text{ (m)}$	WHP (Watt)	$P_s = P_{eI} + P_{eII} \text{ (Watt)}$	$H_{\text{sistem}} \text{ (m)}$	Efisiensi, $\eta = \text{WHP}/P_s$

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Pompa Seri menggunakan penggabungan data pengujian 2 pompa

Q_s (m³/s)	H (m)	WHP (Watt)	P_s = P_{eI} + P_{eII} (Watt)	H_{sistem} (m)	Efisiensi, η = WHP/P_s

Head seri = head pompa 1 + head pompa 2

$$H = (H_2 - H_1) + (H_4 - H_3)$$

Head system = head system pompa 1 + head system pompa 2

$$H_{sistem} = (p_{5.I} + p_{5.II}) - \left(\frac{p_1 + p_3}{2}\right)$$

DAFTAR PUSTAKA

<https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-3/engineering-reference/pumps.html>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Pump>

https://www.engineeringtoolbox.com/pumps-t_34.html

https://www.pumpfundamentals.com/pump_book.htm

Igor Karassik, Joseph Messina, Paul Cooper, Charles Heald, (2008) Pump Handbook. 44th Edition, ISBN10: 0071460446, ISBN13: 9780071460446 008