



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH PENGATURAN KAPASITAS MELALUI
PERUBAHAN FREKUENSI MOTOR TERHADAP KONSUMSI
DAYA LISTRIK PADA POMPA AIR SENTRIFUGAL
RANGKAIAN SERI**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya

TAUFIK AJI PANGESTU

40040218060006

**SEKOLAH VOKASI
PRAGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
SEMARANG
DESEMBER 2021**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : TAUFIK AJI PANGESTU

NIM : 40040218060006

Tanda Tangan :

Tanggal : 09 Desember 2021

HALAMAN TUGAS PROYEK AKHIR



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO

TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 237 / UN7.5.13 / TM / 2021

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut :

No.	NAMA	NIM
1	Taufik Aji Pangestu	40040218060006
2	Wendi Ladever Barus	40040218060008

Judul Proyek Akhir : Pengujian Power Quality Analyzer
Dosen Pembimbing : Drs. Juli Mrihardjono, MT
NIP. : 196007271986031004

Isi Tugas :

1. Pengoperasian Power Quality Analyzer
2. Pengujian pengaruh kapasitas melalui perubahan frekuensi motor terhadap konsumsi daya listrik
3. Pembuatan laporan TA

Proposal TA harus disetujui Dosen Pembimbing dan diserahkan Program Studi paling lambat 2 bulan setelah Surat Tugas ini diterima. Tugas Akhir harus diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak Proposal TA disetujui Dosen Pembimbing, serta diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, Juli 2021
Ketua PSD III Teknik Mesin


Drs. Ireng Sigit A, M.Kes
NIP. 196204211986031002

Surat Tugas dicetak 3 lbr utk :

1. Dosen Pembimbing TA
2. Mahasiswa ybs.
3. Arsip jurusan

HALAMAN LEMBAR PERSETUJUAN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO

LEMBAR PERSETUJUAN

Telah disetujui Laporan Proyek Akhir mahasiswa Program Studi DIII Teknik Mesin yang disusun oleh :

Nama : Taufik Aji Pangestu
NIM : 40040218060006
Judul PA : "Pengaruh pengaturan kapasitas melalui perubahan frekuensi motor terhadap konsumsi daya listrik"

Disetujui pada tanggal : 26 November 2021

Semarang, 26 November 2021
Dosen Pembimbing,

Drs. Juli Mrihardjono, M.T.
NIP. 196007271986031004

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Taufik Aji Pangestu
NIM : 40040218060006
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : “Pengaruh Pengaturan Kapasitas Melalui Perubahan Frekuensi Motor terhadap Konsumsi Daya Listrik pada Pompa Air Sentrifugal Rangkaian Seri” **Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.**

TIM PENGUJI

Pembimbing : Drs. Juli Mrihardjono, MT

Penguji 1 : Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes

Penguji 2 : Didik Ariwibowo, ST, MT

Semarang, 09 Desember 2021

Ketua PSD III Teknik Mesin

Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro

Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes

NIP. 19620421 198603 1 002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Taufik Aji Pangestu
NIM : 40040218060006
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi Pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Non eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya saya yang berjudul :

“Pengaruh Pengaturan Kapasitas Melalui Perubahan Frekuensi Motor Terhadap Konsumsi Daya Listrik Pada Pompa Air Sentrifugal Rangkaian Seri”

Dengan Hak Bebas Royalty / Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihkan media / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 09 Desember 2021

Yang menyatakan,

Taufik Aji Pangestu

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

Bismillahirrahmanirrahim

Man Jadda Wajada

“Jadilah seperti yang kau ingini, memuncaklah hebat meskipun nanti.”

(Sirin Farid Stevy)

“Lawamena Haulala”

(Kapitan Telukabessy)

Persembahan :

- a. Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya.
- b. Bapak, Ibu, dan adik tercinta yang telah memberikan do'a serta dukungan agar Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
- c. Segenap keluarga dan saudara yang telah mendo'akan dan memberikan semangat.
- d. Segenap dosen, staf, dan karyawan Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
- e. Teman-teman angkatan 2018 Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, karunia dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Pengaturan Kapasitas Melalui Perubahan Frekuensi Motor Terhadap Konsumsi Daya Listrik Pada Pompa Air Sentrifugal Rangkaian Seri”

Adapun dalam penyusunan dan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir Budiyono, M.Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes, selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Bapak Drs. Juli Mrihardjono, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing saya selama penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes, selaku Dosen Wali.
5. Segenap Dosen dan Teknisi Program Studi Diploma III Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
6. Bapak, ibu, dan adik serta keluarga yang telah memberikan do'a, dukungan, serta semangat.

7. Saudara seperjuangan kelompok Tugas akhir: Wendi Ladever Barus yang telah banyak membantu dan dapat bekerja sama dengan baik.
8. Teman-teman angkatan 2018 yang telah memberikan semangat dan berbagi ilmu dalam penyusunan tugas akhir ini.
9. Teman-teman kontrakan *House of Love* yang selalu kebersamai dan saling memberikan dukungan serta semangat.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik secara moril maupun materil.
11. *Last but not least, I wanna thank me, for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for just being me at all times.*

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan, oleh karena itu segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kebaikan dan kesempurnaan penyusunan laporan di masa yang akan datang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan dapat menambah pengetahuan bagi kita semua.

Semarang, 09 Desember 2021

Penulis

ABSTRAKSI

PENGARUH PENGATURAN KAPASITAS MELALUI PERUBAHAN FREKUENSI MOTOR TERHADAP KONSUMSI DAYA LISTRIK PADA POMPA SENTRIFUGAL RANGKAIAN SERI

Pompa banyak digunakan di dalam berbagai pengaplikasian baik dalam dunia industri maupun pribadi. Pada pemakaian tertentu pompa memerlukan pengaturan kapasitas yang bervariasi, salah satu cara pengaturan kapasitas pompa adalah dengan mengubah frekuensi menggunakan inverter. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan frekuensi motor terhadap konsumsi daya listrik menggunakan inverter. Untuk menganalisa daya spesifik yang dikonsumsi oleh pompa yang dirangkai secara seri, pada tugas akhir ini digunakan power quality analyzer sebagai data logger. Pengujian ini dilakukan perubahan frekuensi 50, 40, 30, 20, 10 Hz pada inverter. Hasil pengujian menunjukkan perubahan frekuensi motor menyebabkan perubahan kecepatan putaran, arus dan daya. Dimana pada setiap penurunan frekuensi menyebabkan penurunan head, daya hidrolis, daya motor dan efisiensi pompa pada setiap penurunan frekuensi sehingga motor menjadi cepat panas. Perubahan frekuensi dapat mengurangi konsumsi daya listrik, besarnya pengurangan konsumsi daya listrik akan berbeda-beda pada setiap penurunan frekuensi.

Kata kunci : motor, pompa, power quality analyzer, frekuensi, daya

ABSTRACT

THE EFFECT OF CAPACITY MANAGEMENT THROUGH CHANGE OF MOTOR FREQUENCY ON ELECTRICITY CONSUMPTION ON CENTRIFUGAL PUMP SERIES CIRCUIT

Pumps are widely used in various applications both in the industrial and personal world. In certain applications, the pump requires varying capacity settings, one way to adjust the pump capacity is to change the frequency using an inverter. This final project research aims to determine the effect of changes in motor frequency on electric power consumption using an inverter. To analyze the specific power consumed by the pump which are connected in series, in this final project a power quality analyzer is used as a data logger. This test is done by changing the frequency of 50, 40, 30, 20, 10 Hz on the inverter. The test results show that changes in motor frequency cause changes in rotation speed, current and power. Where every decrease in frequency causes a decrease in head, hydraulic power, motor power and pump efficiency at every decrease in frequency so that the motor becomes hot quickly. Changes in frequency can reduce electrical power consumption, the amount of reduction in electric power consumption will vary with each decrease in frequency.

Keywords : motor, pump, power quality analyzer, frequency, power

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN TUGAS PROYEK AKHIR	iii
HALAMAN LEMBAR PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAKSI	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II.....	5
DASAR TEORI	5
2.1 Dasar Teori Pompa.....	5
2.1.1 Definisi Pompa.....	5
2.1.2 Bagian-bagian Pompa Sentrifugal	8
2.1.3 Klasifikasi Pompa Sentrifugal.....	10
2.2 Head Pompa	14
2.2.1 Head Total Pompa.....	14
2.2.3 Kerugian Head	16
2.3 Penentuan Daya.....	18

2.3.1 Daya Hidrolis	18
2.3.2 Daya Motor	19
2.3.3 Efisiensi Pompa.....	20
2.4 Operasi Seri dan Paralel	20
2.4.1 Susunan Seri.....	20
2.4.1 Susunan Paralel	21
2.5 Performansi	23
BAB III	24
METODOLOGI.....	24
3.1 <i>Flowchart</i> Pelaksanaan Pengujian Daya.....	24
3.2 Proses Pelaksanaan Pengujian.....	25
3.3 Metode Penelitian.....	26
3.3.1 Power Meter 5350 Schneider	26
3.3.2 Bagian-bagian Power Quality Analyzer.....	29
3.3.3 Standar Operasional Alat	30
3.4 Peralatan.....	31
3.4.1 Instalasi Peralatan Pengujian.....	31
3.4.2 Komponen Alat	31
3.4.3 Peralatan Pengujian	39
3.5 Variabel Penelitian	44
3.6 Prosedur Pengambilan Data	45
3.6.1 Pengujian.....	45
BAB IV	50
PEMBAHASAN	50
4.1 Pembahasan.....	50
4.1.1 Tujuan	50
4.1.2 Hasil Perhitungan Kapasitas	50
4.1.3 Hasil Perhitungan Head Total	52
4.1.4 Hasil Daya Hidrolisis Pompa.....	55
4.1.5 Hasil Perhitungan Daya Motor.....	57
4.1.6 Efisiensi Pompa.....	58
4.1.7 Perbandingan perhitungan Daya Teoritis dengan PQA	60
BAB V.....	51
PENUTUP.....	51

5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pompa sentrifugal.....	7
Gambar 2. 2 Bagian-bagian pompa sentrifugal.....	8
Gambar 2. 3 Pompa aliran radial	10
Gambar 2. 4 Pompa aliran campur.....	11
Gambar 2. 5 Pompa aliran aksial	11
Gambar 2. 6 Pompa volut	12
Gambar 2. 7 Pompa diffuser	13
Gambar 2. 8 Pompa bertingkat banyak	14
Gambar 2. 9 Pompa menurut letak poros.....	14
Gambar 2. 10 Head total pompa	15
Gambar 2. 11 Pompa Susunan Seri.....	20
Gambar 2. 12 Pompa Susunan Paralel	21
Gambar 2. 13 Kurva operasi seri dan paralel dari pompa dengan karakteristik yang sama.....	21
Gambar 2. 14 Kurva karakteristik pompa	23
Gambar 3. 1 Flowchart.....	24
Gambar 3. 2 Power Meter 5350 Schneider	26
Gambar 3. 3 Spesifikasi Power Meter 5350 Schneider.....	29
Gambar 3. 4 Bagian-bagian Power Quality Analyzer.....	29
Gambar 3. 5 Kelengkapan alat penelitian	30
Gambar 3. 6 Test-bed pompa	31
Gambar 3. 7 Pompa sentrifugal.....	32
Gambar 3. 8 Katup	34

Gambar 3. 9 Three way valve	34
Gambar 3. 10 Swing check valve.....	35
Gambar 3. 11 Elbow	36
Gambar 3. 12 Tee.....	36
Gambar 3. 13 Pipe fitting reducing tee	37
Gambar 3. 14 Concentric Reducer	37
Gambar 3. 15 Double nepel	38
Gambar 3. 16 Water mur.....	38
Gambar 3. 17 Flowmeter.....	39
Gambar 3. 18 Manometer isap I.....	40
Gambar 3. 19 Manometer isap 2	40
Gambar 3. 20 Manometer tekan.....	41
Gambar 3. 21 Amperemeter	41
Gambar 3. 22 Voltmeter.....	42
Gambar 3. 23 Inverter	43
Gambar 3. 24 Current Transformer.....	43
Gambar 3. 25 Tachometer.....	44
Gambar 3. 26 Rangkaian Current Transformer.....	46
Gambar 3. 27 Rangkaian connector cable.....	46
Gambar 3. 28 Pemasangan penjepit buaya	47
Gambar 3. 29 Rangkaian laptop dan Kit Power Meter 5350 Schneider	47
Gambar 3. 30 Setup Power Meter 5350 Schneider	48
Gambar 4. 1 Grafik hubungan kapasitas dan variasi putaran pada pompa 1	51
Gambar 4. 2 Gambar hubungan kapasitas dan varisai putaran pada pompa 2.....	51

Gambar 4. 3 Grafik hubungan head total dan variasi putaran.....	55
Gambar 4. 4 Grafik hubungan daya hidrolis dan variasi putaran	56
Gambar 4. 5 Grafik hubungan daya motor dan variasi putaran	58
Gambar 4. 7 Grafik hubungan efisiensi dengan variasi putaran pompa	59
Gambar 4. 8 Grafik hasil daya teoritis dengan daya Power Quality Analyzer	61

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data putaran, kapasitas, tekanan isap, tekanan keluar dan frekuensi pada pompa 1	50
Tabel 4. 2 Data putaran, kapasitas, tekanan isap, tekanan keluar dan frekuensi pada pompa 2	50
Tabel 4. 3 Data putaran, kapasitas, tekanan isap, tekanan keluar, frekuensi dan head total pada pompa 1	54
Tabel 4. 4 Data putaran, kapasitas, tekanan isap, tekanan keluar, frekuensi dan head total pada pompa 2.....	54
Tabel 4. 5 Data putaran, kapasitas, head total, daya hidrolis dan frekuensi pada pompa rangkaian seri	56
Tabel 4. 6 Data putaran, kapasitas, head total, daya motor dan frekuensi pada pompa rangkaian seri	57
Tabel 4. 7 Data putaran, kapasitas, head total, daya hidrolis, daya motor dan efisiensi pada pompa rangkaian seri	59
Tabel 4. 8 Data perbandingan hasil daya teoritis dengan hasil daya Power Quality Analyzer	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pompa banyak digunakan didalam berbagai pengaplikasian baik dalam dunia industri maupun pribadi. Hal ini dikarenakan pompa sangat mudah dalam pengoperasiannya. Selain itu pompa memiliki konstruksi yang sederhana, kuat serta memiliki efisiensi yang baik.

Pompa bekerja dengan cara menghisap dan melakukan penekanan terhadap fluida. Pada sisi hisap (*suction*) pompa akan menurunkan tekanan di dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang dihisap. Sehingga mengakibatkan fluida akan mengalir ke dalam ruang pompa. Oleh elemen pompa fluida ini akan diberikan tekanan sehingga fluida akan mengalir ke dalam salluran tekan (*discharge*) melalui lubang tekan. Proses ini akan berlangsung terus menerus selama pompa beroperasi.

Pada pemakaian tertentu pompa memerlukan pengaturan kapasitas yang bervariasi, untuk itu perlu diatur kapasitas pompa. Pada prinsipnya pengaturan kapasitas pompa dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu; (1) Merubah jumlah kutub, (2) Mengubah frekuensi jala-jala, (3) Mengatur tegangan jala-jala, (4) Pengaturan tahanan luar pada motor induksi jenis lilitan.

Oleh karena itu diperlukan adanya pengujian baik berupa analisis maupun penelitian untuk melihat bagaimana pengaruh pengaturan kapasitas melalui

metode perubahan frekuensi pompa menggunakan *inverter*. Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsumsi daya listrik menggunakan *Power Quality Analyzer* pada metode variasi frekuensi pompa yang berpengaruh pada putaran motor sehingga terjadi perubahan kapasitas, *head*, daya dan efisiensi pada pompa.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Pengaturan Kapasitas Melalui Perubahan Frekuensi Motor Terhadap Konsumsi Daya Listrik” terdapat beberapa rumusan masalah, antara lain:

1. Bagaimana konsumsi daya listrik yang disebabkan oleh perubahan frekuensi motor?
2. Bagaimana prosedur dari pengujian menggunakan *Power Quality Analyzer*?
3. Bagaimana perbandingan konsumsi daya listrik pada masing-masing perubahan frekuensi?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari “Pengaruh Pengaturan Kapasitas Melalui Perubahan Frekuensi Motor Terhadap Konsumsi Daya Listrik” adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh pengaturan kapasitas melalui perubahan frekuensi motor terhadap konsumsi daya listrik.
2. Melakukan pengujian dan mengetahui kinerja *Power Quality Analyzer*

3. Mengetahui perbandingan konsumsi daya listrik pada masing-masing perubahan frekuensi pada perhitungan manual dan menggunakan *Power Quality Analyzer*.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan laporan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Pengaturan Kapasitas Melalui Perubahan Frekuensi Motor Terhadap Konsumsi Daya Listrik” penulis menentukan batasan-batasan masalah, antara lain:

1. Analisa pengaturan kapasitas melalui perubahan frekuensi motor terhadap konsumsi daya listrik menggunakan *Inverter*.
2. Pengoperasian dan kinerja *Power Quality Analyzer*.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang didapatkan dari ‘Pengaruh Pengaturan Kapasitas Melalui Perubahan Frekuensi Motor Terhadap Konsumsi Daya Listrik’ antara lain:

1. Memahami dan mengetahui pengaruh pengaturan kapasitas melalui perubahan frekuensi motor sehingga dapat mengetahui daya listrik yang dikonsumsi.
2. Mengetahui bagaimana cara mengoperasikan *Power Quality Analyzer*.
3. Dapat memberikan informasi mengenai perbandingan daya teoritis dengan daya pada *Power Quality Analyzer*.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini, sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat dari tugas akhir, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini menguraikan dasar teori pengujian pengaturan kapasitas melalui perubahan frekuensi motor terhadap konsumsi daya listrik.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini berisi uraian tentang proses pengaturan kapasitas melalui perubahan frekuensi motor terhadap konsumsi daya listrik menggunakan alat bantu *Power Quality Analyzer*.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang analisa hasil pengujian menggunakan *Power Quality Analyzer* pada pengaturan kapasitas melalui perubahan frekuensi motor terhadap konsumsi daya listrik.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Dasar Teori Pompa

2.1.1 Definisi Pompa

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan fluida tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek. Klasifikasi pompa secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu pompa kerja positif (*positive displacement pump*) dan pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*).

1. Pompa pemindah positif (*positive displacement pump*)

Pompa jenis ini merupakan pompa dengan ruangan kerja yang secara periodik berubah dari besar ke kecil atau sebaliknya, selama pompa bekerja. Energi yang diberikan kepada cairan ialah energi potensial, sehingga cairan berpindah volume per volume.

Yang termasuk dalam kelompok pompa pemindah positif antara lain:

a. Pompa *Reciprocating*

- Pompa torak
- Pompa plunger

b. Pompa *Rotary*

- Pompa

vane

- Pompa *screw*
- Pompa roda gigi
- Pompa lobe

c. Pompa *Diaphragma*

2. Pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*)

Pompa jenis ini adalah pompa dengan volume ruang yang tidak berubah pada saat pompa bekerja. Energi yang diberikan pada fluida adalah energi kecepatan, sehingga fluida berpindah karena adanya perubahan energi kecepatan yang kemudian dirubah menjadi energi dinamis di dalam rumah pompa itu sendiri.

Yang termasuk dalam kelompok pompa kerja dinamis antara lain:

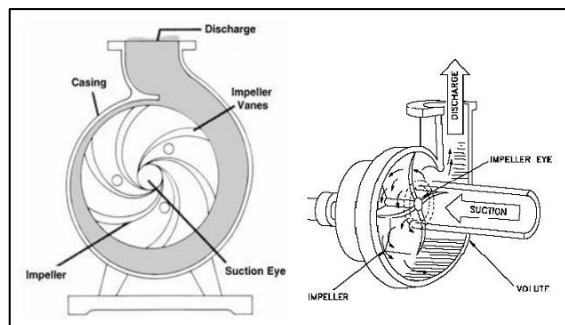
a. Pompa kerja khusus

- Pompa Jet
- Pompa *Hydran*
- Pompa Elektromagnetik

b. Pompa sentrifugal (*Centrifugal Pump*)

Salah satu jenis pompa kerja dinamis adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial melalui suatu impeller yang berputar dalam casing. Gaya sentrifugal yang timbul karena adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkung (melingkar).

Pompa sentrifugal merupakan pompa kerja dinamis yang paling banyak digunakan karena mempunyai bentuk yang sederhana dan harga yang relatif murah. Keuntungan pompa sentrifugal dibandingkan jenis pompa perpindahan positif adalah gerakan impeler yang kontinyu menyebabkan aliran tunak dan tidak berputar, keandalan operasi tinggi disebabkan gerakan elemen yang sederhana dan tidak adanya katup- katup, kemampuan untuk beroperasi pada putaran tinggi, yang dapat dikopel dengan motor listrik, motor bakar atau turbin uap ukuran kecil sehingga hanya membutuhkan ruang yang kecil, lebih ringan dan biaya instalasi ringan, harga murah dan biaya perawatan murah.

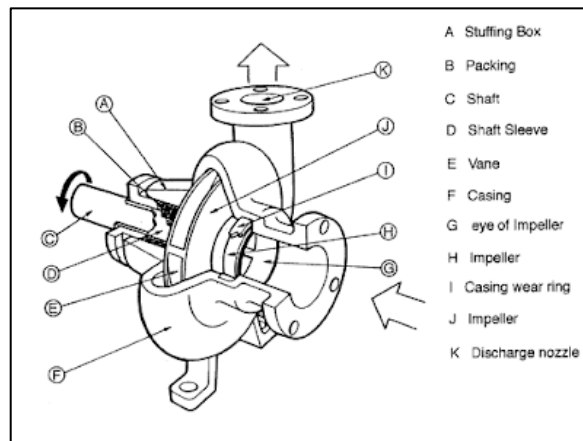


Gambar 2. 1 Pompa sentrifugal

Sumber: google.com

2.1.2 Bagian-bagian Pompa Sentrifugal

Secara umum bagian-bagian utama pompa sentrifugal dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Bagian-bagian pompa sentrifugal

Sumber: google.com

Keterangan:

a. *Stuffing box*

Stuffing Box berfungsi untuk menerima kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus *casing*.

b. *Packing*

Digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari casing pompa melalui poros.

c. *Shaft* (poros)

Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan *impeller* dan bagian-bagian berputar lainnya.

d. *Shaft sleeve*

Shaft sleeve berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada stuffing box.

e. *Vane*

Sudu dari impeler sebagai tempat berlalunya fluida pada *impeller*.

f. *Casing*

Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan diffuser (*guidevane*), *inlet* dan *outlet nozzle* serta tempat memberikan arah aliran dari impeler dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*).

g. *Eye of Impeller*

Bagian sisi masuk pada arah isap impeler.

h. *Impeller*

Impeller berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.

i. *Chasing Wear Ring*

Chasing Wear Ring berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeller* maupun bagian belakang *impeller*, dengan cara memperkecil celah antara casing dengan *impeller*.

j. *Discharge Nozzle*

Discharge Nozzle berfungsi untuk mengeluarkan cairan dari *impeller*. Didalam *nozzle* ini sebagian head kecepatan aliran diubah menjadi head tekanan.

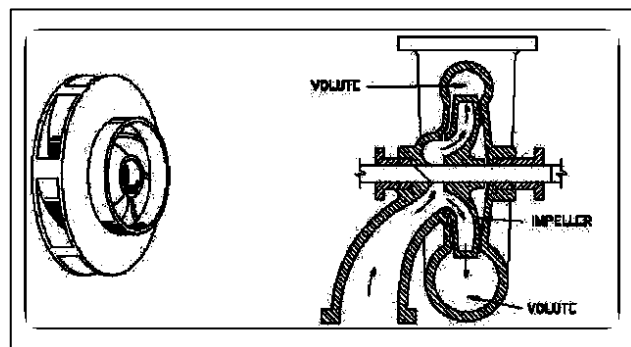
2.1.3 Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, yaitu:

a. Menurut aliran dalam *impeller*

1) Pompa aliran radial

Pompa ini mempunyai konstruksi sedemikian sehingga aliran zat cair yang keluar dari *impeller* akan tegak lurus poros pompa.

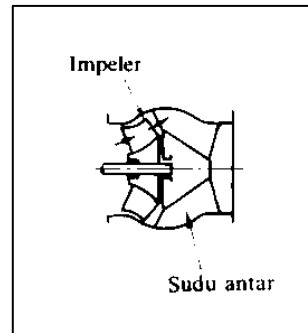


Gambar 2. 3 Pompa aliran radial

Sumber: google.com

2) Pompa aliran campuran

Aliran zat cair didalam pompa waktu meninggalkan *impeller* akan bergerak sepanjang permukaan kerucut (*miring*) sehingga komponen kecepatannya berarah radial dan aksial.

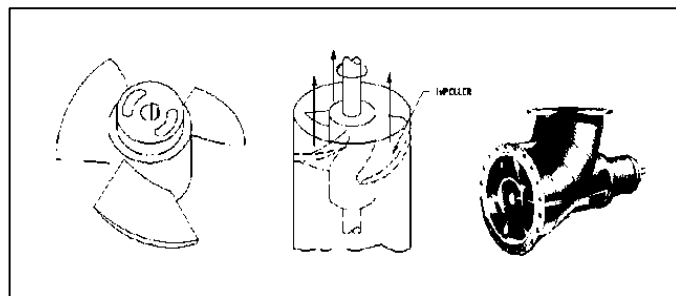


Gambar 2. 4 Pompa aliran campur

Sumber: google.com

3) Pompa aliran aksial

Aliran zat cair yang meninggalkan *impeller* akan bergerak sepanjang permukaan silinder (arah aksial).



Gambar 2. 5 Pompa aliran aksial

Sumber: google.com

b. Menurut jenis *impeller*

1) *Impeller* tertutup

Sudu-sudu ditutup oleh dua buah dinding yang merupakan satu kesatuan, digunakan untuk pemompaan zat cair yang bersih atau sedikit mengandung kotoran.

2) *Impeller* setengah terbuka

Pada sisi masuk dari *impeller* terbuka dan sisi belakangnya tertutup. Digunakan untuk memompa zat cair yang sedikit mengandung kotoran.

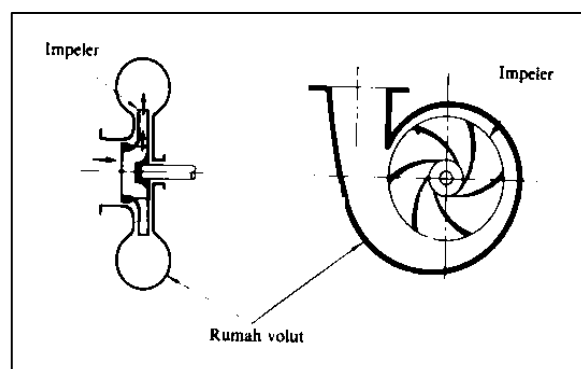
3) *Impeller* terbuka

Tidak terdapat dinding di depan pada *impeller* ini, bagian belakang terdapat sedikit dinding yang disisakan untuk memperkuat sudu. Digunakan untuk memompa zat cair yang banyak mengandung kotoran.

c. Menurut bentuk rumah

1) Pompa volut

Bentuk rumah pompanya seperti rumah keong/siput, sehingga kecepatan aliran keluar bisa dikurangi dan dihasilkan kenaikan tekanan.

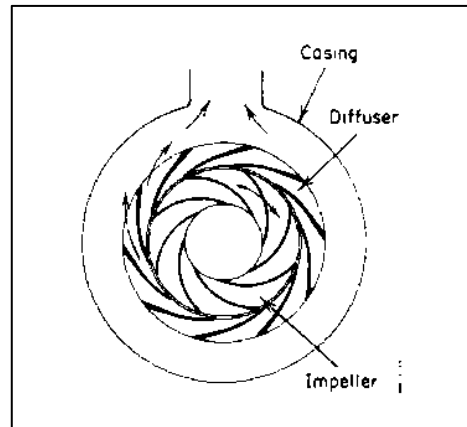


Gambar 2. 6 Pompa volut

Sumber: google.com

2) Pompa *diffuser*

Pada keliling luar *impeller* dipasang sudu diffuser sebagai pengganti rumah keong.



Gambar 2. 7 Pompa *diffuser*

Sumber: google.com

3) Pompa aliran campur jenis volut

Pompa ini mempunyai impeller jenis aliran campur dan sebuah rumah keong.

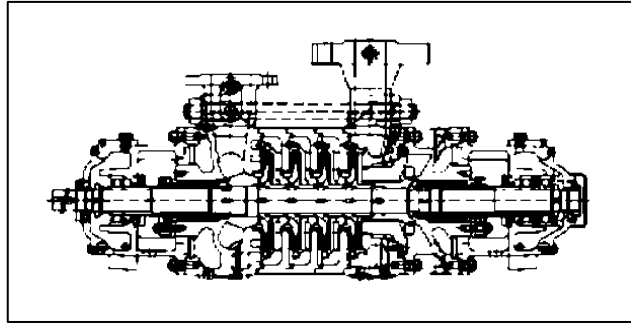
d. Menurut jenis tingkat

1) Pompa satu tingkat

Pompa ini hanya mempunyai satu impeller. Head total yang ditimbulkan hanya berasal dari satu impeller, jadi relatif rendah.

2) Pompa bertingkat banyak

Pompa ini menggunakan beberapa impeller yang dipasang secara berderet (seri) pada satu poros. Zat cair masuk berurutan ke tiap tingkat impeller hingga tingkat akhir. Head total merupakan penjumlahan dari head tiap tingkat impeller sehingga relatif tinggi.

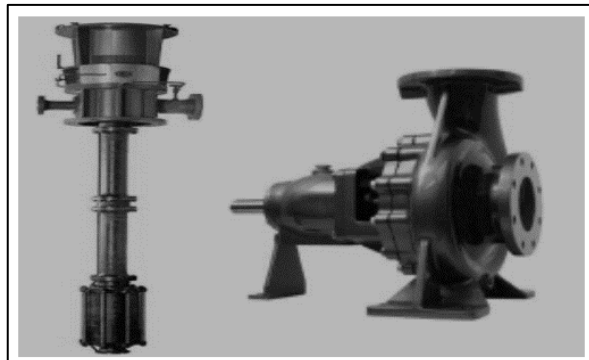


Gambar 2. 8 Pompa bertingkat banyak

Sumber: google.com

e. Menurut letak poros

Menurut letak porosnya, pompa dapat dibedakan menjadi poros horizontal dan poros vertikal seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 2. 9 Pompa menurut letak poros

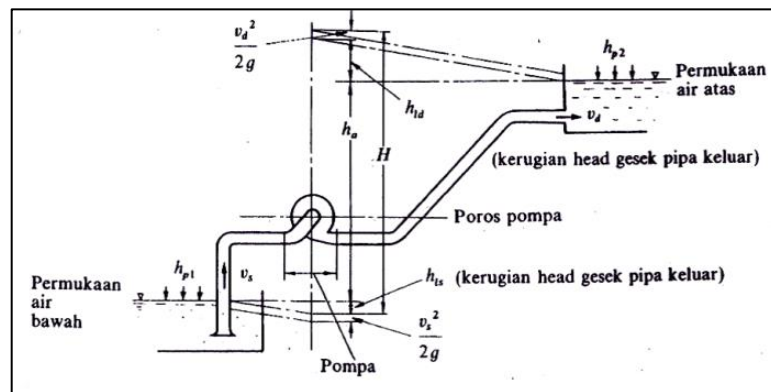
Sumber: google.com

2.2 Head Pompa

2.2.1 Head Total Pompa

Dalam memilih suatu sistem pompa, harus diketahui terlebih dahulu *debit* serta *head* yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompakan. *Head* pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya

dinyatakan dalam satuan panjang. Karena energi itu kekal, maka bentuk head dapat bervariasi pada penampang yang berbeda. Namun pada kenyataannya selalu ada rugi energi (*losses*). *Head* total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti yang direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa.



Gambar 2. 10 Head total pompa

Sumber: google.com

Dari gambar diatas kita dapat menentukan head total pompa dengan persamaan di bawah ini:

$$H_{sis} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g} \dots\dots\dots^1$$

dimana:

H_{sis} = Head sistem pompa (m)

h_a = Head statis pompa (m)

Δh_p = Perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua

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

¹ Sularso, Haruo Tahara, Pompa dan Kompresor, PT. Pradya Paramita, Jakarta, Cetakan ke 7, 1996, Halaman 26

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

$$(m) h_1 = h_{ld} + h_{ls}$$

$vd^2/2g$ = Head kecepatan keluar (m)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Head total pompa salah satunya dipengaruhi oleh berbagai kerugian pada sistem perpipaan yaitu gesekan dalam pipa, katup, belokan, sambungan, reduser dll. Untuk menentukan *head* total yang harus disediakan pompa, perlu menghitung terlebih dahulu kerugaian-kerugaian pada instalasi. Dimana kerugian-kerugian tersebut akan dijumlahkan untuk mengetahui kerugian *head* yang terjadi dalam instalasi. Berikut akan dihitung kerugian head pemipaan dan instalasi pengujian pompa.

2.2.3 Kerugian Head

Berikut ini adalah macam-macam kerugian dalam instalasi pompa, antara lain:

1. Head kerugian gesek dalam pipa lurus, dirumuskan sebagai berikut:

$$h_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L \dots\dots\dots^2$$

dimana:

h_f = Head kerugian gesek (m)

Q = Laju aliran (m³/s)

L = Panjang pipa (m)

² Ibid, Halaman 31

D = Diameter dalam pipa (m)

C = Koefisien pipa

2. Kerugian belokan θ dirumuskan sebagai berikut:

$$f = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots^3$$

dimana:

D = Diameter dalam pipa (m)

R = Jari-jari lengkung sumbu belokan (m)

f = Koefisien kerugian

θ = Sudut belokan (derajat)

3. Kerugian kerugian dalam jalur pipa

$$hf = f \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots^4$$

dimana:

h_f = Head kerugian (m)

f = Koefisien kerugian

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

4. Pembesaran penampang pipa secara mendadak

$$h_f = f \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \dots\dots\dots^5$$

dimana:

³ Ibid, Halaman 34

⁴ Ibid, Halaman 32

⁵ Ibid, Halaman 36

v_1 = Kecepatan rata-rata di penampang yang kecil
(m/s)

v_2 = Kecepatan rata-rata di penampang yang besar
(m/s)

f = Koefisien kerugian

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

h_f = Head kerugian (m)

5. Kerugian karena pengecilan penampang pipa secara mendadak

$$h_f = f \frac{v_2^2}{2g} \dots\dots\dots 6$$

dimana:

h_f = Head kerugian (m)

v_2 = Kecepatan aliran sisi keluar (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

2.3 Penentuan Daya

Dari instalasi pengujian pompa ini dapat diketahui besarnya daya hidrolis yang dibangkitkan dan daya motor penggerak yang diperlukan untuk menggerakkannya, sehingga besarnya efisiensi dari pompa dan efisiensi sistem instalasi pengujian pompa dapat diketahui. Besarnya daya dan besarnya efisiensi tersebut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

2.3.1 Daya Hidrolis

Merupakan daya yang diperlukan oleh pompa untuk mengangkat sejumlah zat cair pada ketinggian tertentu. Daya hidrolis dapat dicari dengan:

⁶ Ibid, Halaman 36

$$P_H = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \dots\dots\dots^7$$

dimana:

P_H = Daya Hidrolis (kW)

ρ = Massa jenis (Kg/m³)

Q = Kapasitas (m³/s)

H = Head (m)

g = Percepatan gravitasi

2.3.2 Daya Motor

Daya motor pompa 1 phasa dapat dihitung dengan cara menggunakan data voltase dan arus listrik dengan rumus berikut ini:

$$P_i = V \cdot I \cdot \text{Cos}\theta \dots\dots\dots^8$$

dimana:

P_i = Daya Motor (W)

V = Tegangan Listrik (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

$\text{Cos}\theta$ = Faktor Daya

⁷ Ibid, Halaman 53

⁸ Von Meier Alexander, 2006. *Electric power systems: a conceptual introduction*. Hoboken, N.J. IEEE Press: Wiley-Interscience

2.3.3 Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa adalah perbandingan antara daya hidrolis pompa dengan daya poros pompa, rumus efisiensi dapat dilihat sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_h}{P_s} \times 100\% \dots\dots\dots^9$$

dimana:

η = Efisiensi pompa (%)

P_h = Daya hidrolis (kW)

P_s = Daya motor (Kw)

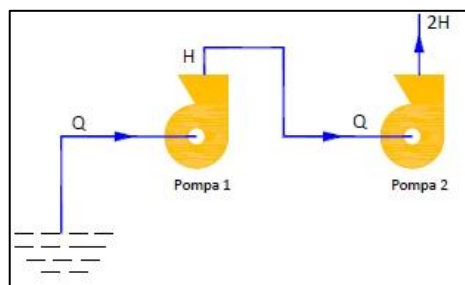
2.4 Operasi Seri dan Paralel

Jika head atau kapasitas yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka dapat digunakan dua pompa atau lebih yang disusun secara seri atau paralel.

2.4.1 Susunan Seri

Bila head yang diperlukan besar dan tidak dapat dilayani oleh satu pompa, maka dapat digunakan lebih dari satu pompa yang disusun secara seri.

Penyusunan pompa secara seri dapat digambarkan sebagai berikut:



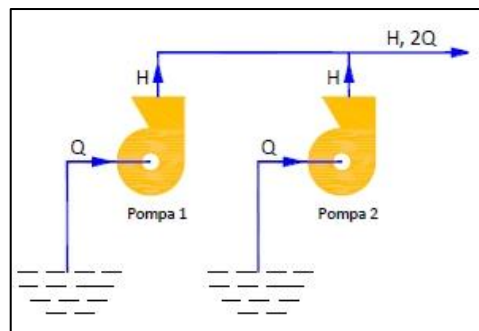
Gambar 2. 11 Pompa Susunan Seri

⁹ Ibid, Halaman 53

Sumber: google.com

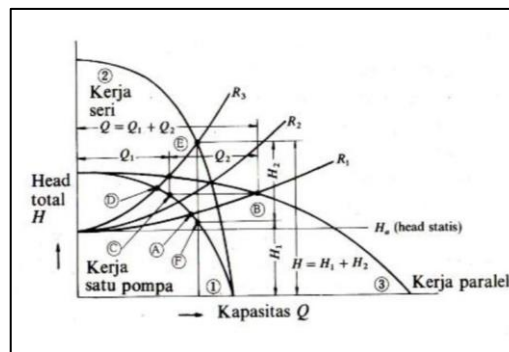
2.4.1 Susunan Paralel

Susunan paralel dapat digunakan bila diperlukan kapasitas yang besar yang tidak dapat dihandle oleh satu pompa saja, atau bila diperlukan pompa cadangan yang akan dipergunakan bila pompa utama rusak/diperbaiki. Penyusunan pompa secara paralel dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 12 Pompa Susunan Paralel

Sumber: google.com



Gambar 2. 13 Kurva operasi seri dan paralel dari pompa dengan karakteristik yang sama

Sumber: google.com

Pada gambar 2.13 menunjukkan kurva head – kapasitas dari pompa-pompa yang mempunyai karakteristik yang sama yang di pasang secara paralel atau seri. Dalam gambar ini kurva untuk pompa tunggal diberi tanda (1) dan untuk susunan seri yang terdiri dari dua buah pompa diberi tanda (2). Harga head kurva (2) diperoleh dari harga head kurva (1) dikalikan (2) untuk kapasitas (Q) yang sama.

Kurva untuk susunan paralel yang terdiri dari dua buah pompa, diberi tanda (3). Harga kapasitas (Q) kurva (3) ini diperoleh dari harga kapasitas pada kurva (1) dikalikan (2) untuk head yang sama.

Dalam gambar ditunjukkan tiga buah kurva head-kapasitas sistem, yaitu R1, R2, dan R3. Kurva R3 menunjukkan tahanan yang lebih tinggi dibanding dengan R2 dan R1.

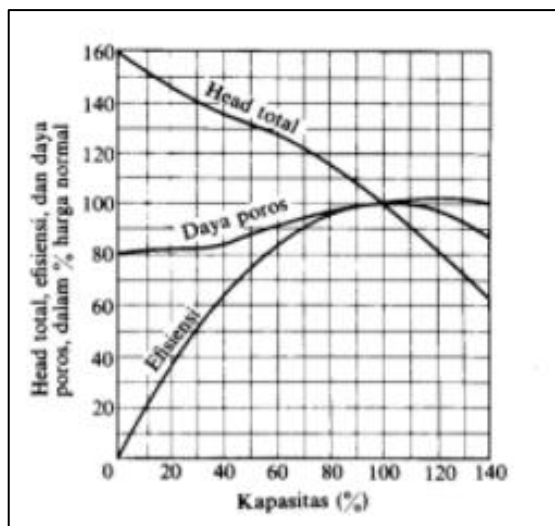
Jika sistem mempunyai kurva head-kapasitas R3, maka titik kerja pompa 1 akan terletak di (D). Jika pompa ini disusun seri sehingga menghasilkan kurva (2) maka titik kerja akan pindah ke (E). Disini terlihat bahwa head 31 titik (E) tidak sama dengan dua kali lipat head (D), karena ada perubahan (berupa kenaikan) kapasitas.

Sekarang jika sistem mempunyai kurva head-kapasitas R1 maka titik kerja pompa (1) akan terletak di (A). Jika pompa ini disusun paralel sehingga menghasilkan kurva (3) maka titik kerjanya akan berpindah ke (B). Disini terlihat bahwa kapasitas dititik (B) tidak sama dengan dua kali lipat kapasitas dititik (A), karena ada perubahan (kenaikan) head sistem.

Jika sistem mempunyai kurva karakteristik seperti R2 maka laju aliran akan sama untuk susunan seri maupun paralel. Namun jika karakteristik sistem adalah seperti R1 dan R3 maka akan diperlukan pompa dalam susunan paralel atau seri. Susunan paralel pada umumnya untuk laju aliran besar, dan susunan seri untuk head yang tinggi pada operasi. Untuk susunan seri, karena pompa kedua menghisap zat cair bertekanan dari pertama, maka perlu perhatian khusus dalam hal kekuatan konstruksi dan kerapatan terhadap kebocoran dari rumah pompa.

2.5 Performansi

Performansi pompa sentrifugal dapat ditunjukkan dalam kurva karakteristik secara grafik.



Gambar 2. 14 Kurva karakteristik pompa

Sumber: google.com

Pada gambar 2.15 menunjukkan bahwa kurva head – kapasitas menjadi semakin curam pada pompa dengan harga n_s yang semakin besar. Disini head pada kapsitas nol (*shut-off head*) semakin tinggi pada n_s yang semakin besar. Kurva daya terhadap kapasitas mempunyai harga minimum bila kapasitas aliran sama dengan nol pada pompa sentrifugal dengan n_s kecil. Kurva efisiensi terhadap kapasitas dari pompa sentrifugal hanya sedikit menurun bila kapsitas berubah menjauhi harga optimumnya. Efisiensi maksimum pompa yang sebenarnya, tidak pernah 100% melainkan lebih kecil dari 100% karena pompa tidak dapat mengubah seluruh energi kinetik menjadi energi tekanan karena ada sebagian energi kinetik yang hilang dalam bentuk *lossis*. Efisiensi pompa akan mencapai maksimum pada *designed point* tersebut, yang dinamakan dengan *BEP* (*Best*

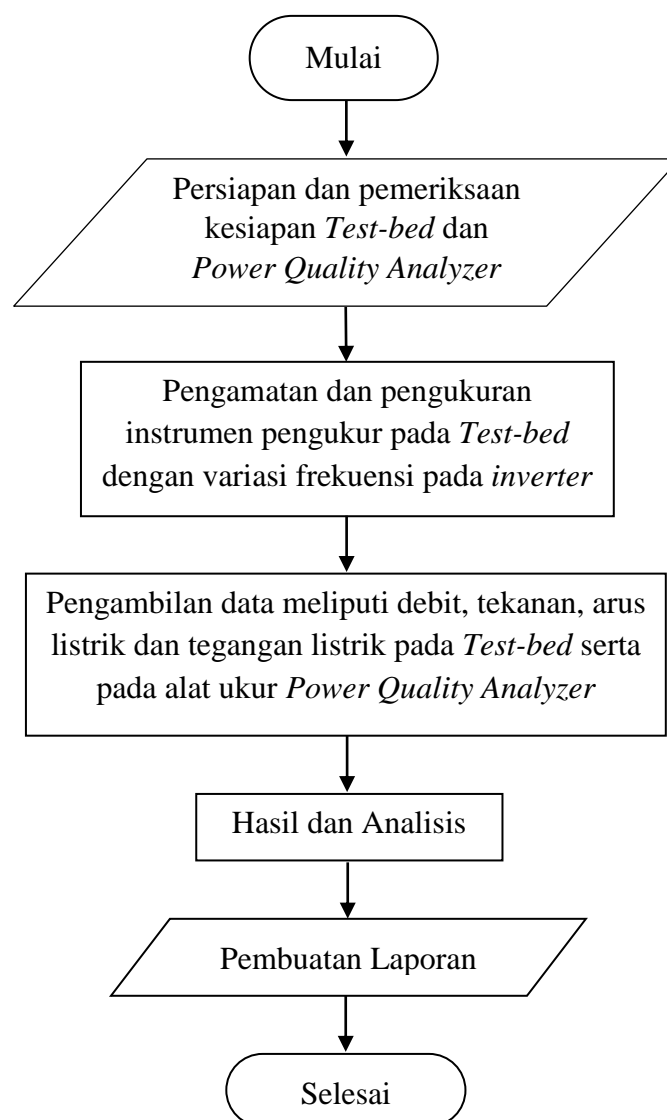
Efficiency Point). Untuk kapasitas yang lebih kecil atau lebih besar efisiensinya akan lebih kecil.

BAB III

METODOLOGI

3.1 *Flowchart* Pelaksanaan Pengujian Daya

Berikut adalah prosedur yang dilakukan sebelum pengujian hingga akhir pengujian dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3. 1 Flowchart

3.2 Proses Pelaksanaan Pengujian

1. Awal Penelitian

Awal penelitian yaitu berdiskusi dengan dosen pembimbing untuk penentuan topik tugas akhir dan alat yang akan digunakan.

2. Persiapan Alat

Persiapan pada *test-bed* pompa dan alat yang akan digunakan untuk proses pengujian daya menggunakan *Power Quality Analyzer*.

3. Pengaturan *Test-bed* pompa dan Alat Ukur *Power Quality Analyzer*

Melakukan pengaturan aliran pada pompa susuna seri kemudian memasang rangkaian alat ukur *Power Quality Analyzer*.

4. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan dengan cara pengaturan putaran *impeller* dengan melakukan variasi frekuensi menggunakan inverter yang terdapat pada *test-bed* pompa

5. Pembacaan Alat

Power Quality Analyzer yang telah terpasang pada *test-bed* pompa akan membaca daya, tegangan dan arus listrik yang telah dikonsumsi saat dilakukan pengujian alat, kemudian hasil pembacaan akan direkam dan ditransfer ke dalam program *microsoft excel*.

6. Analisa Hasil Pengujian

Berisi analisa data hasil dari pengujian alat baik dari *test-bed* pompa maupun *Power Quality Analyzer*.

3.3 Metode Penelitian

Dalam pengujian ini *test-bed* pompa diatur sedemikian rupa sehingga diperoleh susunan seri. Pengaturan variasi frekuensi dilakukan untuk merubah putaran impeller sehingga akan terjadi perubahan pada tekanan, debit, tegangan listrik dan arus listrik. Kemudian alat ukur *Power Quality Analyzer* yang telah terpasang akan membaca besaran listrik yang telah dikonsumsi saat proses pengujian pada *test-bed* seperti tegangan, arus, frekuensi, daya, dan faktor daya.

3.3.1 Power Meter 5350 Schneider

(Badruzzaman, n.d.) Power Meter pada prinsipnya sama dengan meter-meter yang terdapat pada sebuah panel untuk mengukur arus, tegangan, frekuensi, dan $\cos \phi$ ($\cos \theta$). Namun, fungsi dari Power Meter ini lebih kompleks apabila dibandingkan dengan meter-meter biasa pada umumnya. Selain ketepatan dalam pembacaan, juga terdapat pilihan-pilihan lain termasuk penghitungan konsumsi daya selama pemasangan hingga satu bulan yang dapat memudahkan kita untuk melakukan penghematan daya listrik. Data logger merupakan alat yang berfungsi untuk merekam keseluruhan data yang berhubungan dari system tenaga berupa tegangan, arus, factor daya, frekuensi dan harmonic sehingga dapat menganalisa berapa pemakaian daya nominal guna peningkatan efisiensi listrik.



Gambar 3. 2 Power Meter 5350 Schneider

Sumber: www.se.com

Spesifikasi Alat Pengujian:

Spesifikasi dari alat Power Quality Analyzer dapat dilihat sebagai berikut:

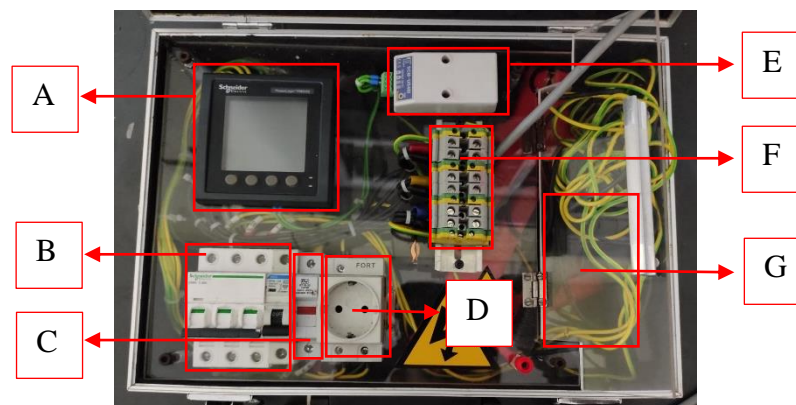
<i>Main</i>	
<i>Range</i>	<i>PowerLogic</i>
<i>Product name</i>	<i>PowerLogic PM5350</i>
<i>Device short name</i>	<i>PM5350</i>
<i>Product or component type</i>	<i>Power meter</i>
<i>Complementary</i>	
<i>Power quality analysis</i>	<i>Total demand distortion Total harmonic distortion</i>
<i>Device application</i>	<i>Power monitoring</i>
<i>Type of measurement</i>	<i>Current Voltage Frequency Power factor Energy Phase angle Apparent power Active power Reactive power</i>
<i>Supply voltage</i>	<i>85-265 V AC 45-65 Hz 100-300 V DC</i>
<i>Network frequency</i>	<i>50 Hz 60 Hz</i>
<i>Rated current</i>	<i>5A 1A</i>
<i>Type of network</i>	<i>1P + N 3P + N 3P</i>
<i>Maximum power consumption in VA</i>	<i>9,6 VA</i>
<i>Ride-through time</i>	<i>80 ms 120 V AC typical 100 ms 230 V AC typical 100 ms 415 V AC typical</i>
<i>Display type</i>	<i>Backlit LCD</i>
<i>Display resolution</i>	<i>6 lines</i>
<i>Sampling rate</i>	<i>32 samples</i>
<i>Measurement current</i>	<i>0-1A 0-5A</i>
<i>Analogue input type</i>	<i>Current 0,05-9 A (impedance \leq 0,3 Ohm)</i>
<i>Measurement voltage</i>	<i>20-690 V AC phase to phase 20-400 V AC Phase to neutral</i>
<i>Frequency measurement range</i>	<i>45-75 Hz</i>
<i>Number of inputs</i>	<i>4 Digital</i>

<i>Measurement accuracy</i>	<i>Current 0,3% Voltage 0,3% Frequency 0,05% Power factor $\pm 0,0005$</i>
<i>Accuracy class</i>	<i>Class 0,5S active energy conforming to IEC 62053-22 Class 0,5 active energy conforming to IEC 61557-12 Class 3 active energy conforming to IEC 62053-23 Class 2 active energy conforming to IEC 61557-12 Class 0,5 power conforming to IEC 61557-12</i>
<i>Number of output</i>	<i>2 relay</i>
<i>Information displayed</i>	<i>Tariff (4)</i>
<i>Communication port protocol</i>	<i>JBUSS Modbus RTU and ACSII at 9,6 19,2 and 38,4 kbauds</i>
<i>Communication port support</i>	<i>Terminal block : RS485</i>
<i>Data recording</i>	<i>Min/max of instantenous values Alarm</i>
<i>Connections-terminals</i>	<i>Voltage circuit : screw terminal block 4 Control circuit : screw terminal block 2 Current transformer : screw terminal block 6 Input/output circuit : screw terminal block 6 Relay output : screw terminal block 4 Ethernet network : RJ45 connector</i>
<i>Mounting mode</i>	<i>Flush-mounted</i>
<i>Type of installation</i>	<i>Indoor installation</i>
<i>Standards</i>	<i>IEC 61010-1</i>
<i>Product certifications</i>	<i>CE CULus</i>
<i>Width</i>	<i>96 mm</i>
<i>Depth</i>	<i>44 mm</i>
<i>Height</i>	<i>96 mm</i>
<i>Net weight</i>	<i>0,25 kg</i>
<i>Environment</i>	
<i>Electromagnetic compability</i>	<i>Limitation of Voltage changes, voltage fluctuations and flicker in low-voltage conforming to IEC 61000-3-3 Electrostatic discharge conforming to IEC 61000-4-3 Susceptibility to electromagnetic fields</i>

	<i>conforming to IEC 61000-4-3 Electrical fast transient/burst immunity test conforming to IEC 61000-4-4 1,2/50μs shock wave immunity test conforming to IEC 61000-4-5 Conducted RF disturbances conforming to IEC 61000-4-6 Immunity to impulse waves conforming to IEC 61000-4-12 Conducted and radiated emission class A conforming to EN 55011 Limits for harmonic current emission conforming to IEC 61000-3-2</i>
<i>Overvoltage category</i>	<i>III</i>
<i>IP degree of protection</i>	<i>IP30 back : conforming to IEC 60529 IP51 front face : conforming to IEC 60529</i>
<i>Relative humidity</i>	<i>0-95% at 50 °C</i>
<i>Pollution degree</i>	<i>2</i>
<i>Ambient air temperature for operation</i>	<i>-40 – 85 °C</i>
<i>Ambient air temperature for storage</i>	<i>-25 – 70 °C</i>
<i>Operating altitude</i>	<i>0-3000 m</i>

Gambar 3. 3 Spesifikasi *Power Meter 5350 Schneider*

3.3.2 Bagian-bagian Power Quality Analyzer

Gambar 3. 4 Bagian-bagian *Power Quality Analyzer*

Sumber: Dokumen pribadi

Keterangan:

A. *Power Meter 5350 Schneider*

B. *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

C. *Fuse*

D. *Stop Kontak*

E. *Connector USB*

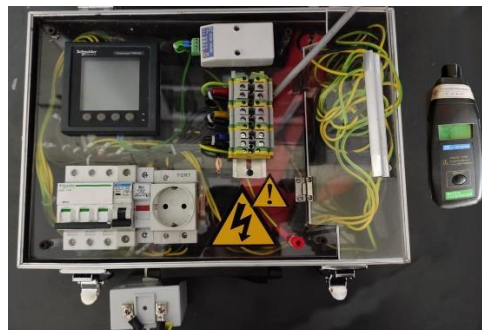
F. *Terminal Block*

G. *Penjepit Buaya*

3.3.3 Standar Operasional Alat

Sebelum melakukan pengujian perlu adanya pemahaman tentang prosedur pengoperasian alat. Standar operasional alat dapat dilihat sebagai berikut:

1. Cek kelengkapan alat dengan cara memastikan alat yang akan digunakan lengkap dan tidak ada yang kurang, sehingga proses pengujian berjalan dengan lancar.



Gambar 3. 5 Kelengkapan alat penelitian

Sumber: Dokumen Pribadi

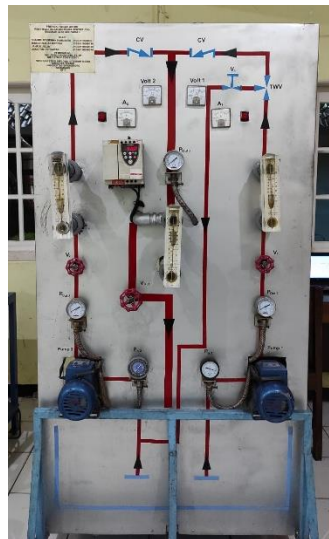
2. Pasang penjepit buaya pada tegangan *input test-bed* pompa.
3. Sambungkan *converter* usb pada laptop, sehingga *software* dapat membaca dan merekam hasil pengujian.
4. Lakukan *set-up* dan kalibrasi alat.
5. Lakukan pengujian.

6. Setelah melakukan pengujian, rapikan dan kembalikan alat.

3.4 Peralatan

3.4.1 Instalasi Peralatan Pengujian

Rangkaian pompa menggunakan 2 buah pompa dengan karakteristik yang sama, kemudian melalui kedua pompa tersebut dibuatlah instalasi rancangan pengujian terhadap pengaruh pengaturan frekuensi pada pompa susunan seri terhadap daya listrik yang dikonsumsi, maka instalasi pompa disusun menjadi sebuah *test-bed* sebagai berikut:



Gambar 3. 6 *Test-bed* pompa

Sumber: Dokumen pribadi

3.4.2 Komponen Alat

1. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal digunakan sebagai alat pemompa fluida dalam hal ini *fluida* yang digunakan adalah air. Pompa sentrifugal tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Merk = 1DB – 35

Max. Head = 35 m

<i>Max. flow</i>	= 40 L/min
<i>Electric Source</i>	= 220 V/50 Hz
<i>Power</i>	= 335 W
<i>Suction lift</i>	= 6 – 8 m
<i>Speed</i>	= 2800 rpm



Gambar 3. 7 Pompa sentrifugal

Sumber: Dokumen pribadi

2. Pipa

Jenis pipa yang digunakan dalam instalasi rangkaian pompa ini adalah pipa galvanis dengan diameter 1" dan 1,5". Pipa galvanis berdiameter 1" digunakan untuk saluran utama dalam instalasi pompa dikarenakan pompa yang digunakan mempunyai diameter suction dan discharge sebesar 1" sedangkan pipa galvanis 1'2" digunakan untuk saluran keluar instalasi pompa, pipa galvanis 1,5" dipilih supaya kecepatan aliran fluida tetap stabil (konstan) saat dilakukan pengujian pompa susunan paralel. Dipilihnya pipa galvanis ini, melalui berbagai pertimbangan sebagai berikut:

- a. Sifat bahannya yang kuat dan rigid sehingga mengurangi kemungkinan pecah pada saat pemasangan.
- b. Mudah dibongkar pasang.
- c. Dapat mengatasi kebocoran dengan baik selama pemasangan benar.
- d. Tahan terhadap panas.
- e. Tahan terhadap korosi.

3. Katup

Katup yang digunakan dalam rangkaian ini adalah gate valve dengan diameter lubang 1" dan 1,5 " berbahan kuningan. Fungsinya untuk membuka dan menutup aliran (*on-off*), serta berfungsi untuk mengatur besar kecil laju aliran fluida (*throttling*) dengan cara membuka setengah atau seperempat posisi kran pada *gate valve*.

Keuntungan menggunakan *Gate Valve*:

- a. *Low pressure drop* saat bukaan penuh.
- b. Amat ketat dan cukup bagus saat penutupan penuh.
- c. Bebas kontaminasi.
- d. Sebagai gerbang penutupan penuh, sehingga tidak ada tekanan lagi.
- e. Cocok apabila akan melakukan service/pebaikan pada pipa.



Gambar 3. 8 Katup

Sumber: Dokumen pribadi

4. *Three Way Valve*

Three Way Valve atau dalam bahasa Indonesia-nya "katup tiga jalan" digunakan sebagai pembagi aliran fluida menjadi 3 arah aliran yang bekerja secara manual menggunakan tuas. Katup ini digunakan untuk mempermudah mengubah rangkaian menjadi paralel, seri maupun tunggal. Katup tiga jalan yang dipakai mempunyai ukuran 1" dengan bahan kuningan.



Gambar 3. 9 *Three way valve*

Sumber: google.com

5. *Check Valve*

Check Valve yang digunakan adalah check valve tipe *Swing Check Valve* berukuran 1", check valve tipe ini terdiri atas sebuah disk

seukuran dengan pipa yang digunakan, dan dirancang menggantung pada poros (*hinge pin*) di bagian atasnya. Apabila terjadi aliran maju/*forward flow*, maka disk akan terdorong oleh tekanan sehingga terbuka dan fluida dapat mengalir menuju saluran outlet. Sedangkan apabila terjadi aliran balik atau *reverse flow*, tekanan fluida akan mendorong disk menutup rapat sehingga tidak ada fluida yang mengalir. Semakin tinggi tekanan balik semakin rapat disk terpasang pada dudukannya. Berikut adalah gambaran mengenai desain *swing check valve*.



Gambar 3. 10 *Swing check valve*

Sumber: google.com

6. *Elbow*

Elbow adalah jenis bend yang berfungsi untuk membelokkan jalur pipa atau digunakan sebagai sambungan belokan dengan tujuan mengikuti skema sebuah instalasi pompa. *Elbow* yang digunakan dalam sistem instalasi pompa ini adalah *elbow* yang mempunyai sudut belokan sebesar 90° dengan diameter 1" dan 1½" dimana *elbow* ini terbuat dari material galvanis.



Gambar 3. 11 *Elbow*

Sumber: google.com

7. *Tee*

Tee adalah aksesoris penyambungan pipa berbentuk huruf T dengan fungsi sebagai sambungan pipa percabangan. *Tee* yang digunakan dalam sistem instalasi pompa ini adalah *tee* yang mempunyai sudut belokan masing-masing sebesar 90° dengan diameter 1" dan 2" dimana *tee* ini terbuat dari material galvanis.

Sedangkan kedudukan alat uji pengukur tekanan (manometer) menggunakan *tee* jenis *pipe fitting reducing tee* dengan diameter 2" dan 1" yang terbuat dari material galvanis.



Gambar 3. 12 *Tee*

Sumber: google.com



Gambar 3. 13 *Pipe fitting reducing tee*

Sumber: google.com

8. *Reducer*

Reducer berfungsi untuk menggabungkan pipa-pipa dengan diameter yang berbeda, bisa dari pipa yang berdiameter besar ke pipa yang berdiameter kecil atau bisa juga sebaliknya. *Reducer* yang digunakan adalah *reducer* jenis *concentric* dengan diameter 1" dan 1'2" yang terbuat dari material galvanis.



Gambar 3. 14 *Concentric Reducer*

Sumber: google.com

9. *Double Nepal*

Double Nepal adalah aksesoris penyambungan pipa dengan karakteristik mempunyai drat luar pada sisi-sisinya. Fungsi *double nepel* sebagai sambungan perpanjangan pipa. *Double Nepal* yang digunakan dalam sistem instalasi pompa ini adalah *double nepel* yang

mempunyai diameter 1" dan 1" dimana *double nepel* ini terbuat dari material galvanis.



Gambar 3. 15 *Double nepel*

Sumber: google.com

10. *Water Mur*

Water Mur adalah aksesoris penyambungan pipa. Fungsi water mur sebagai sambungan pipa yang dapat dilepas pada waktu yang dibutuhkan contohnya saat pembersihan *flowmeter* pada instalasi pompa. Dengan adanya *water mur* pembersihan *flowmeter* akan menjadi mudah. *Water Mur* yang digunakan dalam sistem instalasi pompa ini adalah *water mur* yang mempunyai diameter 1" dimana *water mur* ini terbuat dari material PVC.



Gambar 3. 16 *Water mur*

Sumber: google.com

3.4.3 Peralatan Pengujian

Berikut ini akan dijelaskan secara singkat mengenai alat ukur yang diperlukan pada instalasi pengujian, antara lain:

1. Flowmeter

Flowmeter digunakan untuk mengukur besar debit air per menitnya. Pada alat uji ini, flowmeter yang digunakan yaitu jenis transparan, sehingga dapat mengetahui secara langsung debit aliran yang mengalir dari masing-masing pompa maupun dari tiap rangkaian.



Gambar 3. 17 *Flowmeter*

Sumber: dokumen pribadi

Data Spesifikasi:

Merk = Zya

Range = 10 sampai 70 liter/menit

Skala = 2 liter/menit

2. Manometer Isap

Manometer isap digunakan untuk mengukur tekanan isap air yang masuk ke pompa.



Gambar 3. 18 Manometer isap I

Sumber: google.com

Data Spesifikasi

Merk = Jako

Range = 0 sampai dengan -76 CmHg



Gambar 3. 19 Manometer isap 2

Sumber: dokumen pribadi

Data Spesifikasi

Merk = Retard

Range = -30 sampai dengan 0 inHg

-76 cmHg sampai dengan 0 cmHg

0 psi sampai dengan 350 psi

0 Mpa sampai dengan 2,5 Mpa

3. Manometer Tekan

Manometer digunakan untuk mengukur tekanan air yang keluar dari pompa.



Gambar 3. 20 Manometer tekan

Sumber: dokumen pribadi

Data Spesifikasi

Merk = Wipro

Range = 0 sampai dengan 6Kg/cm²

4. Amperemeter

Amperemeter digunakan untuk mengukur arus listrik pada motor penggerak pompa.



Gambar 3. 21 Amperemeter

Sumber: dokumen pribadi

Data Spesifikasi

Merk = Heles

Range = 0 sampai dengan 10 Ampere

5. Voltmeter

Voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan listrik pada motor penggerak pompa.



Gambar 3. 22 Voltmeter

Sumber: dokumen pribadi

Data Spesifikasi

Merk = Heles

Range = 0 sampai dengan 300 volt

6. Inverter

Inverter berfungsi mengubah listrik DC menjadi AC. Inverter yang digunakan pada penelitian kali ini berjenis Variable Speed Drive (VSD) yang dapat mengubah input motor (listrik AC) menjadi DC dan kemudian dikembalikan menjadi AC lagi dengan frekuensi yang dikehendaki .



Gambar 3. 23 *Inverter*

Sumber: dokumen pribadi

Data Spesifikasi

Merk = Toshiba

Voltage = 200 V to 240 V

Frequency = 50/60 Hz

7. *Current Transformer*

Current Transformer merupakan trafo arus yang digunakan untuk mengkonversi arus yang melewatinya dari level tinggi ke level rendah sehingga dapat dimanfaatkan untuk input alat metering maupun alat proteksi pada suatu jaringan sistem tenaga listrik.



Gambar 3. 24 *Current Transformer*

Sumber: dokumen pribadi

Data Spesifikasi

Merk = Howig HGS-10

Ratio = 10/5 A

Class = 0,5

Burden = 2,5 VA

8. Tachometer

Tachometer digunakan untuk mengukur kecepatan putaran pada sebuah mesin, terkhusus pada jumlah putaran yang sedang dilakukan oleh sebuah poros dalam satuan waktu.



Gambar 3. 25 Tachometer

Sumber: dokumen pribadi

Data Spesifikasi

Merk = Lutron DT-2234B

Range = 5 – 99,999 RPM

3.5 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Pada pengujian variabel bebas ditentukan oleh putaran, sehingga akan mengubah nilai-nilai kapasitas, head total, daya, dan efisiensi pompa.

2. Variabel tetap

Pada pengujian variabel tetap dilakukan perubahan frekuensi inverter 50 Hz sampai dengan 10 Hz

3.6 Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pengambilan data dilakukan dengan mencari data pada pompa. Untuk pengambilan data, fluida yang digunakan adalah air. Adapun data yang diambil antara lain:

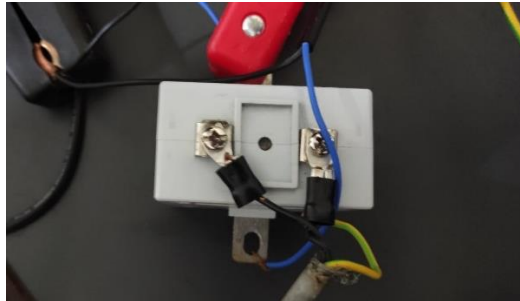
1. Mengukur debit aliran dengan menggunakan Flowmeter.
2. Mengukur tekanan keluar dengan menggunakan Manometer tekan.
3. Mengukur tekanan isap dengan menggunakan Manometer isap.
4. Mengukur arus listrik menggunakan Amperemeter.
5. Mengukur tegangan listrik dengan menggunakan Voltmeter.
6. Mengukur putaran *impeller* pompa dengan menggunakan *Tachometer*.
7. Mengatur frekuensi pompa dengan menggunakan *Inverter*.
8. Mengukur daya listrik pompa dengan menggunakan *Power Quality Analyzer*.

3.6.1 Pengujian

Untuk mengetahui pengaruh pengaturan frekuensi terhadap putaran *impeller*, kapasitas, head total, dan efisiensi pompa. Maka dilakukan langkah kerja sebagai berikut:

1. Pemeriksaan kelengkapan alat dan *test-bed* pompa.
2. *Setup Kit Power Meter 5350 Schneider*.
 - Mengupas kulit kabel *input* listrik pada *inverter* test-bed pompa.

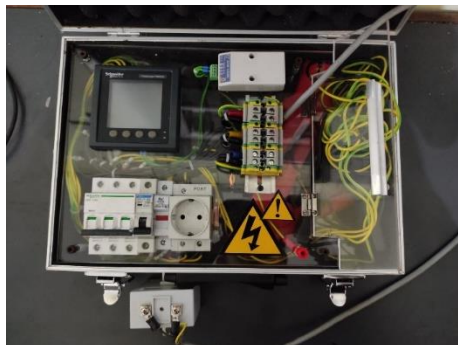
- Menghubungkan kabel pada *input* P1 dan P2 pada *Current Transformer*.



Gambar 3. 26 Rangkaian *Current Transformer*

Sumber: dokumen pribadi

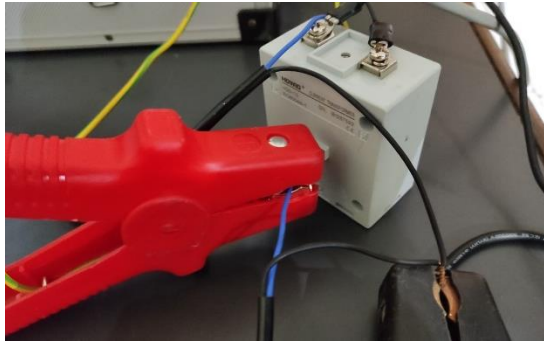
- Menghubungkan *Connector Cable* antara *Current Transformator* dan *Kit Power Meter 5350 Schneider*.



Gambar 3. 27 Rangkaian *connector cable*

Sumber: dokumen pribadi

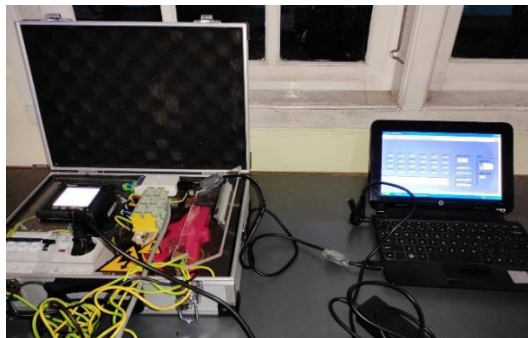
- Memasang penjepit buaya pada *Extension Cable* (R) dan pada *Grounding* (G).



Gambar 3. 28 Pemasangan penjepit buaya

Sumber: dokumen pribadi

- Menghubungkan laptop dengan *Kit Power Meter 5350 Schneider* dengan menggunakan kabel USB yang dihubungkan melalui Connector USB dan hubungkan steker *charger* laptop dengan stop kontak yang terdapat pada *Kit Power Meter 5350 Schneider*.

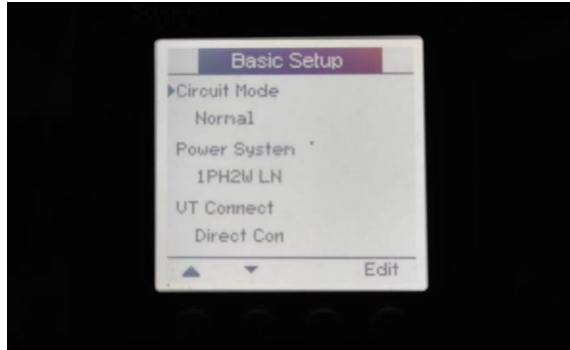


Gambar 3. 29 Rangkaian laptop dan *Kit Power Meter 5350 Schneider*

Sumber: dokumen pribadi

- Menghidupkan *MCB Kit Power Meter 5350 Schneider* dengan cara menekan *toggle switch* keatas.
- Setelah *monitor Power Meter 5350 Schneider* menyala, kemudian lakukan pengaturan dengan cara menekan tombol *maintenance*, kemudian pilih *Basic Setup*, lalu pada *Power System* pilih 1PH2W

LN, kemudian pada *CT on Terminal* pilih I1 lalu *save data*.
Kembali pada menu *summary*.



Gambar 3. 30 Setup Power Meter 5350 Schneider

Sumber: dokumen pribadi

3. Prosedur pengaturan pada *test-bed* pompa.

- *Inverter* dan pompa dihidupkan.
- Melakukan pengaturan aliran pompa susunan seri dengan cara membuka katup V1, V2 dan V Out kemudian membuka katup *three way valve* sehingga aliran air mengalir dari pompa 1 menuju ke pompa 2.
- Setelah sistem bekerja dan semua alat dalam kondisi siap, *test-bed* siap untuk dilakukan pengujian.
- Setelah *inverter* bekerja dengan normal, pengujian dapat dimulai dengan cara mengubah frekuensi pada inverter dengan memvariasikan frekuensi: 50 Hz, 40 Hz, 30 Hz, 20 Hz, 10 Hz.
- Hasil yang terbaca pada manometer isap, manometer tekan dan *flowmeter* dicatat.
- Pengukuran arus dan tegangan input motor listrik menggunakan amperemeter dan voltmeter.

- Pengukuran putaran *impeller* menggunakan *tachometer*.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

4.1.1 Tujuan

Mengetahui pengaruh pengaturan kapasitas melalui perubahan frekuensi motor terhadap konsumsi daya listrik pada kondisi katub terbuka 100% pada rangkaian seri.

4.1.2 Hasil Perhitungan Kapasitas

Besarnya kapasitas pada pompa dipengaruhi oleh putaran. Semakin besar putaran maka kapasitas pada pompa semakin besar, sebaliknya jika putaran pompa semakin kecil maka kapasitas air semakin kecil atau tidak keluar karena tidak adanya tekanan hisap yang terjadi.

Berikut ini hasil data yang diperoleh dari pengujian pengaturan frekuensi pada pompa susunan seri, dengan variasi frekuensi: 50Hz, 40Hz, 30Hz, 20Hz, 10Hz

Tabel 4. 1 Data putaran, kapasitas, tekanan isap, tekanan keluar dan frekuensi pada pompa 1

Pompa 1				
Putaran(Rpm)	Q(Lpm)	Ps(CmHg)	Pd(kg/cm ²)	Frekuensi(Hz)
2933	33	-7	0.2	50
2356	25	-5	0.1	40
1768	18	-4	0	30
1172	13	-2.5	0	20
580	5	-1.5	0	10

Tabel 4. 2 Data putaran, kapasitas, tekanan isap, tekanan keluar dan frekuensi pada pompa 2

Pompa 2				
Putaran(Rpm)	Q(Lpm)	Ps(CmHg)	Pd(kg/cm ²)	Frekuensi(Hz)
2946	36	0	0.4	50

2366

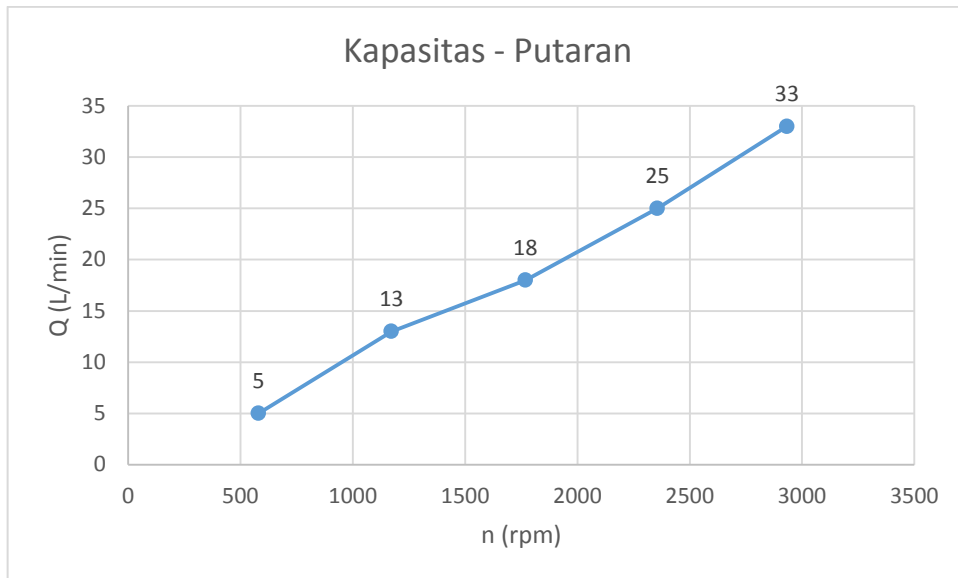
28

0

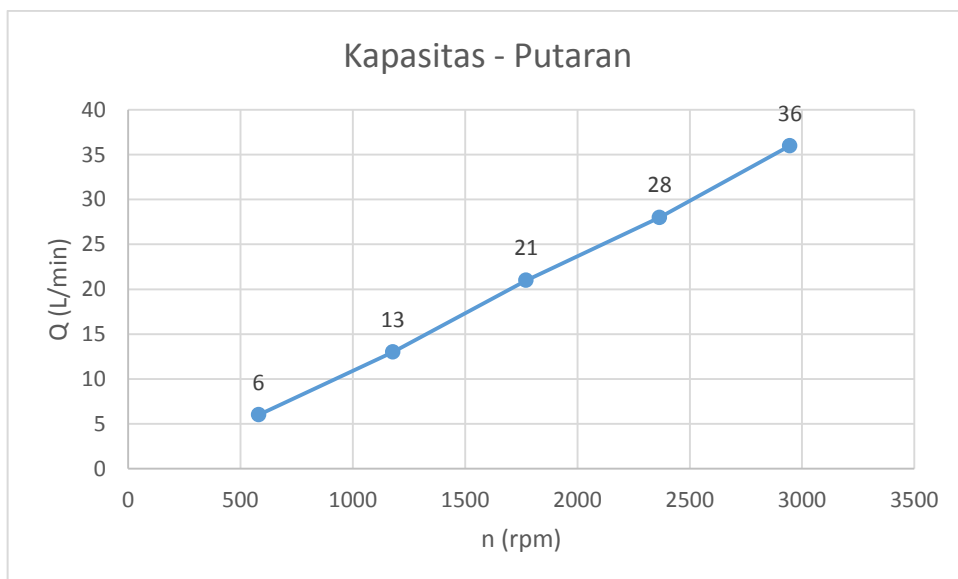
0.2

40

1772	21	0	0.1	30
1178	13	0	0	20
581	6	0	0	10



Gambar 4. 1 Grafik hubungan kapasitas dan variasi putaran pada pompa 1



Gambar 4. 2 Gambar hubungan kapasitas dan varisai putaran pada pompa 2

Debit pompa dan putaran pompa memiliki hubungan yaitu hukum kesebangunan.

$$Q = n \cdot D^3$$

Dimana Q = Kapasits (lpm)

$n = \text{Putaran (rpm)}$

$D = \text{diameter impeller (m)}$

Pembahasan:

Sesuai dalam hukum kesebangunan pada grafik 4.1 dan 4.2 menunjukkan bahwa kapasitas dan putaran impeler berbanding lurus pada pompa I dan pompa II. Dapat disimpulkan bila putaran meningkat maka kapasitas pompa juga meningkat.

4.1.3 Hasil Perhitungan Head Total

Besarnya head total dipengaruhi oleh head isap dan head tekan sesuai dengan persamaan berikut:

$$H_{total} = H_s + H_d$$

Dimana,

H_s dipengaruhi oleh tekanan absolut dengan tekanan isap yang berbanding terbalik dengan berat jenis.

H_d dipengaruhi oleh tekanan absolut dengan tekanan keluar yang berbanding terbalik dengan berat jenis.

Sebagai contoh diambil perhitungan head total pompa seri:

➤ H_s Pompa Seri

Pompa I

Head isap ($1\text{cmHg} = 1.333,224\text{ N/m}^2$)

$$\begin{aligned}
 H_s &= \frac{P_s}{\rho \cdot g} = \frac{-7 \text{ cmHg}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= \frac{-9.332,56 \text{ N/m}^2}{9810 \text{ N/m}^3} \\
 &= -0,95 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Head buang ($\text{kg/cm}^2 \rightarrow \text{N/m}^2$) $\rightarrow 98066,5$

$$\begin{aligned}
 H_d &= \frac{P_d}{\rho \cdot g} = \frac{0,2 \text{ kg/cm}^2}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= \frac{19.613,3 \text{ N/m}^2}{9810 \text{ N/m}^3} \\
 &= 1,99 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{tot1} &= H_s + H_d \\
 H_{tot1} &= (-0,95 \text{ m} + 1,99 \text{ m}) \\
 &= 1,04 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pompa II

$$\begin{aligned}
 H_s &= \frac{P_s}{\rho \cdot g} = \frac{0 \text{ cmHg}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= \frac{0 \text{ N/m}^2}{9810 \text{ N/m}^3}
 \end{aligned}$$

$$= 0 \text{ m}$$

$$H_d = \frac{P_d}{\rho \cdot g} = \frac{0,4 \text{ kg/cm}^2}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= \frac{39.226,6 \text{ N/m}^2}{9810 \text{ N/m}^3}$$

$$3,99 \text{ m}$$

$$H_{tot2} = H_s + H_d$$

$$H_{tot2} = (0 \text{ m} + 3,99 \text{ m})$$

$$= 3,99 \text{ m}$$

$$H_{total} = H_1 + H_2$$

$$H_{total} = 1,04 + 3,99$$

$$= 5,03 \text{ m}$$

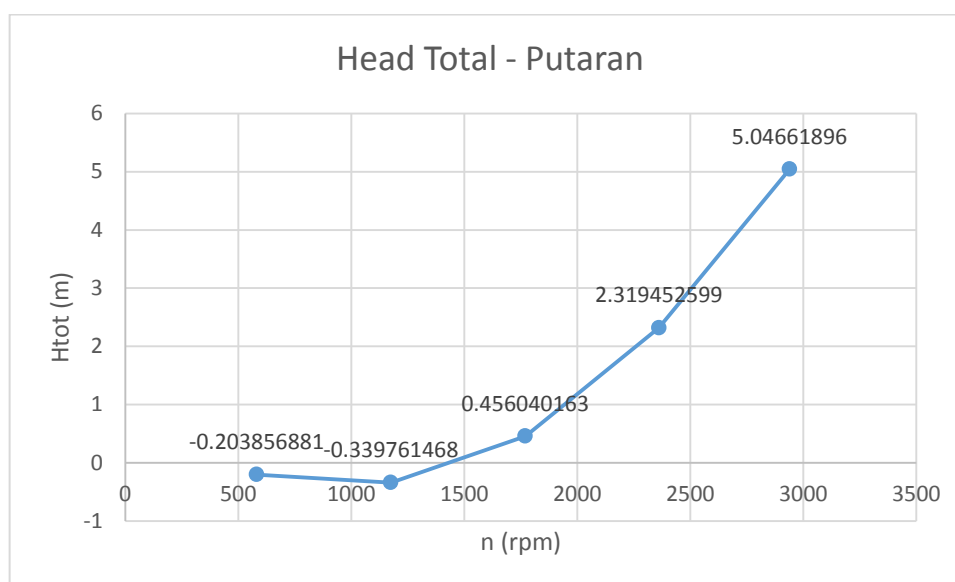
Tabel 4. 3 Data putaran, kapasitas, tekanan isap, tekanan keluar, frekuensi dan head total pada pompa 1

Pompa 1					
Putaran(Rpm)	Q(Lpm)	Ps(CmHg)	Pd(kg/cm ²)	Frekuensi(Hz)	Htot (m)
2933	33	-7	0.2	50	1,04
2356	25	-5	0.1	40	0,32
1768	18	-4	0	30	-0,54
1172	13	-2,5	0	20	-0,33
580	5	-1,5	0	10	-0,2

Tabel 4. 4 Data putaran, kapasitas, tekanan isap, tekanan keluar, frekuensi dan head total pada pompa 2

Pompa 2					
---------	--	--	--	--	--

Putaran(Rpm)	Q(Lpm)	Ps(CmHg)	Pd(kg/cm ²)	Frekuensi(Hz)	Htot (m)
2946	36	0	0.4	50	3,99
2366	28	0	0.2	40	1,99
1772	21	0	0.1	30	0,99
1178	13	0	0	20	0
581	6	0	0	10	0



Gambar 4. 3 Grafik hubungan head total dan variasi putaran

Pembahasan:

Gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara putaran impeler dan head total pompa. Dimana jika putaran impeller menurun maka head total pompa semakin kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa head total berbanding lurus dengan putaran impeller. Nilai head total terbesar diperoleh pada kecepatan putaran impeller 2946 rpm, dimana nilai head total sebesar 5,04 m.

4.1.4 Hasil Daya Hidrolisis Pompa

Besarnya daya hidrolisi pada pompa dipengaruhi oleh besarnya kapasitas dan head sesuai dengan persamaan:

$$P_{h1} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

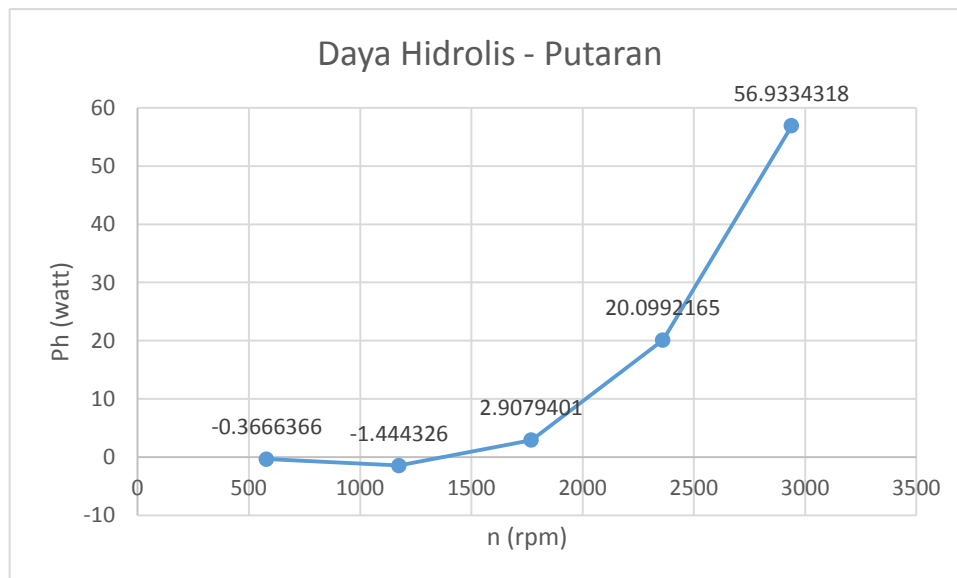
Sebagai contoh diambil perhitungan berikut:

➤ Daya hidrolis pompa seri

$$\begin{aligned}
 P_{h1} &= \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \\
 &= 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 5,03 \text{ m} \cdot 69 \text{ dm}^3/\text{m} \\
 &= 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 5,03 \text{ m} \cdot 0,00115 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 56,93 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 5 Data putaran, kapasitas, head total, daya hidrolis dan frekuensi pada pompa rangkaian seri

Putaran (rpm)	Q(Lpm)	Htot(m)	Ph(Watt)	Frekuensi (Hz)
2939,5	69	5,04	56,93	50
2361	53	2,31	20,09	40
1770	39	0,456	2,90	30
1175	26	-0,34	-1,44	20
580,5	11	-0,204	-0,36	10



Gambar 4. 4 Grafik hubungan daya hidrolis dan variasi putaran

Pembahasan:

Gambar 4.4 menunjukkan adanya perubahan daya hidrolis tergantung pada pengaturan variasi putaran impeler. Kenaikan nilai daya hidrolis seiring dengan kenaikan putaran impeler, karena kecepatan putaran motor menentukan besaran daya hidrolis yang dikonsumsi oleh pompa.

4.1.5 Hasil Perhitungan Daya Motor

Besarnya daya motor berbanding lurus dengan arus dan tegangan listrik pada motor penggerak pompa. Dimana dinyatakan dalam persamaan:

$$P_i = v \cdot i \cdot \cos\theta$$

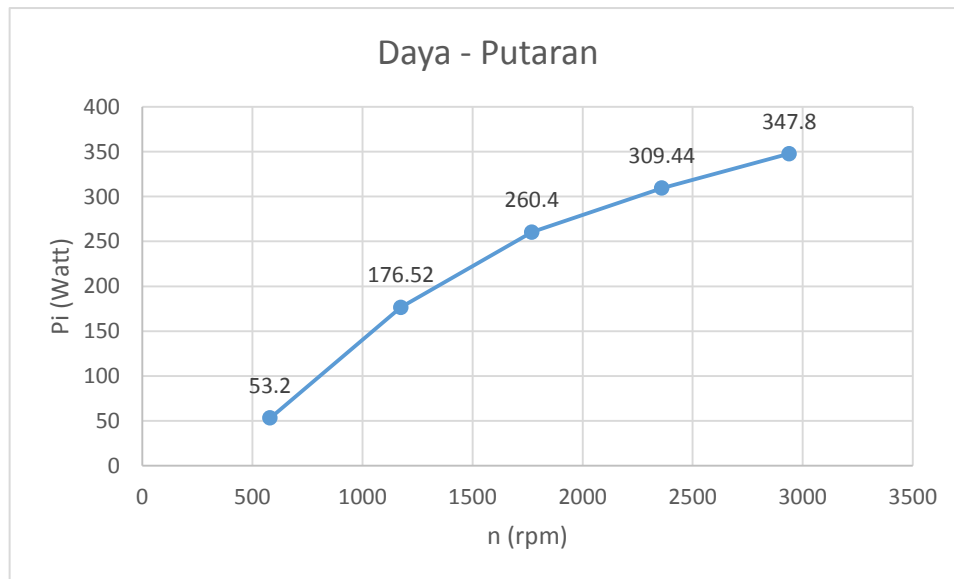
Sebagai contoh perhitungan daya motor:

➤ Daya motor pompa seri 1 & 2

$$\begin{aligned} P_i &= P_1 + P_2 \\ &= (V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \phi) + (V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \phi) \\ &= (200 \cdot 1,15 \cdot 0,8) + (195 \cdot 1,05 \cdot 0,8) \\ &= 184 + 163,08 \\ &= 347,8 \text{ watt} \end{aligned}$$

Tabel 4. 6 Data putaran, kapasitas, head total, daya motor dan frekuensi pada pompa rangkaian seri

Putaran(rpm)	Q(lpm)	Ht (m)	Pi (Watt)	Frekuensi (Hz)
2939.5	69	5.04	347.8	50
2361	53	2.31	309.44	40
1770	39	0.45	260.4	30
1175	26	-0.34	176.52	20
580.5	11	-0.2	53.2	10



Gambar 4. 5 Grafik hubungan daya motor dan variasi putaran

Pembahasan:

Gambar 4.5 terlihat bahwa daya yang dikonsumsi motor pada kecepatan putaran yang berbeda menunjukkan kecenderungan meningkat. Pada putaran motor yang tinggi membutuhkan daya motor yang lebih besar dibanding putaran motor yang lebih rendah, akibatnya daya motor juga meningkat dengan meningkatnya putaran motor. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan putaran motor menentukan besaran daya listrik yang diperlukan. Daya maksimum diperoleh sebesar 347.8 Watt pada putaran motor 2939.5 rpm, sementara daya mesin minimum sebesar 53.2 Watt pada putaran motor 580.5 rpm.

4.1.6 Efisiensi Pompa

Besarnya efisiensi pompa dipengaruhi oleh besarnya daya air dan daya motor sesuai dengan persamaan:

$$efisiensi = \frac{P_H}{P_s} \times 100\%$$

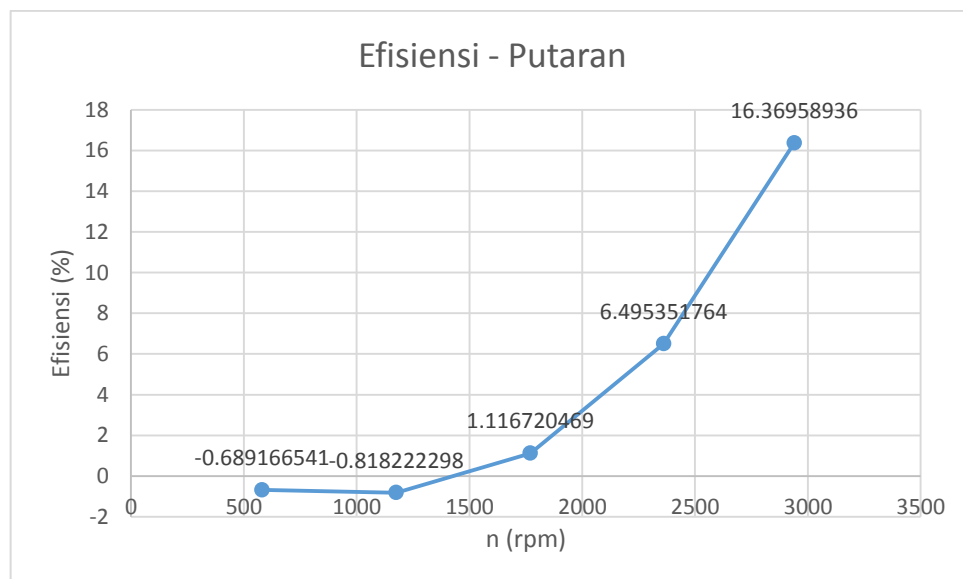
Sebagai contoh diambil perhitungan efisiensi:

➤ Pompa seri

$$\begin{aligned} efisiensi &= \frac{P_H}{P_s} \times 100\% \\ &= \frac{56,93 \text{ watt}}{347,8 \text{ watt}} \times 100\% \\ &= 16,37 \% \end{aligned}$$

Tabel 4. 7 Data putaran, kapasitas, head total, daya hidrolis, daya motor dan efisiensi pada pompa rangkaian seri

Putaran (rpm)	Q (lpm)	Ht (m)	Ph (Watt)	Pi (Watt)	Efisiensi (%)
2939.5	69	5.04	56.93	347.8	16.37
2361	53	2.31	20.09	309.44	6.49
1770	39	0.45	2.90	260.4	1.11
1175	26	-0.34	-1.44	176.52	-0.81
580.5	11	-0.20	-0.36	53.2	-0.68



Gambar 4. 6 Grafik hubungan efisiensi dengan variasi putaran pompa

Pembahasan:

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa pada pemasangan pompa susunan seri kecepatan putaran pompa (rpm) sangat mempengaruhi efisiensi pompa pada kecepatan putaran yang berbeda menunjukkan kecenderungan yang meningkat, dimana pada putaran 2939.5 rpm efisiensi tertinggi yaitu 16.37%. efisiensi minimum sebesar -0.68% pada putaran motor 580.5 rpm. Artinya kecepatan putaran mempengaruhi efisiensi pompa, apabila pemakaian pompa tidak pada kondisi operasional atau (*best efficiency point*), maka akan mempengaruhi umur pakai pompa dan pemborosan listrik.

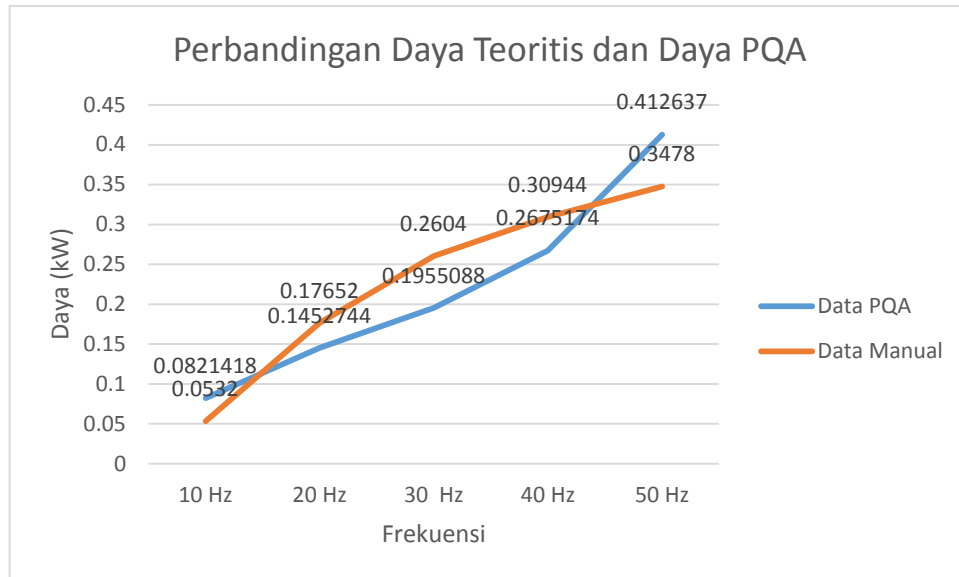
4.1.7 Perbandingan perhitungan Daya Teoritis dengan PQA

Hasil pengambilan data dan perhitungan pompa dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 8 Data perbandingan hasil daya teoritis dengan hasil daya Power Quality Analyzer

No.	Frekuensi (Hz)	Pi (kW)	P PQA (kW)	A PQA (Ampere)	V PQA (Volt)
1	10	0.0532	0.082142	0.836579	219.005
2	20	0.17652	0.145274	1.251252	221.6172
3	30	0.2604	0.195509	1.609021	220.4226
4	40	0.30944	0.267517	2.032922	219.414
5	50	0.3478	0.412637	2.858559	218.2995

Dari tabel diatas dapat diperoleh grafik hubungan antara daya motor dengan pengaturan kapasitas melalui inverter pada pompa seri:



Gambar 4. 7 Grafik hasil daya teoritis dengan daya Power Quality Analyzer

Pembahasan:

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa ada perbedaan daya motor melalui perhitungan daya manual melalui ampere meter dan volt meter analog dan daya pada *Power Quality Analyzer*. Hal ini disebabkan pada pengukuran secara manual yang mana penulis kurang teliti dalam pembacaan nilai yang terdapat pada ampere meter dan volt meter analog, hal tersebut disebabkan karena skala yang ditunjuk sangat kecil sehingga sulit dalam pembacaan secara akurat. Sedangkan pada penggunaan *Power Quality Analyzer* lebih spesifik karena alat langsung merekam data secara otomatis kedalam *microsoft excel* yang mana telah terintegrasi dengan *software*, sehingga data tersebut lebih akurat dan spesifik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kapasitas motor induksi dapat diubah dengan cara mengatur frekuensi pada *inverter* jenis *variable speed drive*. Pengaturan frekuensi akan menyebabkan perubahan kecepatan putaran, dimana pada setiap penurunan frekuensi maka head, daya hidrolis, daya motor dan efisiensi pompa yang dihasilkan juga semakin menurun sehingga motor menjadi cepat panas. Pengaturan kapasitas pompa melalui perubahan frekuensi juga dapat mengurangi konsumsi daya listrik, besarnya pengurangan konsumsi daya listrik akan berbeda-beda pada setiap penurunan frekuensi.
2. Kinerja *Power Quality Analyzer* sangat kompleks untuk mengetahui kualitas daya listrik. Pada penelitian ini, parameter yang diukur menggunakan alat ini adalah tegangan dan arus listrik.
3. Dapat diketahui bahwa adanya perbedaan daya motor melalui perhitungan daya manual melalui ampere meter dan volt meter analog yang terpasang pada *test-bed* dan daya pada *Power Quality Analyzer*. Hal ini disebabkan pada pengukuran secara manual yang mana penulis kurang teliti dalam pembacaan nilai yang terdapat pada ampere meter dan volt meter analog, hal tersebut disebabkan karena skala yang ditunjuk sangat kecil sehingga sulit dalam pembacaan secara akurat. Sedangkan pada penggunaan *Power*

Quality Analyzer lebih spesifik dikarenakan alat langsung merekam data secara otomatis kedalam *microsoft excel* yang mana telah terintegrasi dengan *software*, sehingga data tersebut lebih akurat dan spesifik.

5.2 Saran

Sebagai akhir dari penulisan Tugas Akhir ini, penulis akan memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengujian ini harus sesuai dengan prosedur pengujian alat uji yang benar sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pengujian.
2. Penelitian dilakukan dengan pengamatan yang seteliti mungkin pada saat pengambilan data dari pengujian alat uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Irawan, Tirta W C., 2010, *Analisa Kinerja Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Putaran*, PSD III Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.
- Isdiyarto, *Dampak Perubahan Putaran Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Phasa Jenis Rotor Sangkar*, Jurnal Kompetensi Teknik Vol.1, No.2: Mei 2010
- Tahara, H., Sularso, 2004, *Pompa dan Kompresor*, PT. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Zuriman, Anthony, *Studi Pengaruh Perubahan Frekuensi Sumber Terhadap Faktor Daya Motor Induksi 3-Fasa* , Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 02 Nomer 02: Juli 2013.