



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**“PENGARUH PENGATURAN DEBIT TERHADAP DAYA
LISTRIK POMPA AIR SENTRIFUGAL TIPE IDB-35
MENGUNAKAN *POWER QUALITY ANALYZER*”**

TUGAS AKHIR

DEWA HERLAMBAH

400402180600002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

OKTOBER 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 : Dewa Herlambang

NIM : 40040218060002

Tanda Tangan : 

Tanggal : 12 Oktober 2021

SURAT TUGAS



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	Agan Fathony	40040218060001
2	Dewa Herlambang	40040218060002

Judul Proyek Akhir : Pengujian Power Quality Analyzer
Dosen Pembimbing : Ir. Murni, MT
NIP. : 195908291987031009

Isi Tugas :

1. Pengoperasian Power Quality Analyzer
2. Pengujian pengaruh debit dan tekanan terhadap daya
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, 27 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 PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

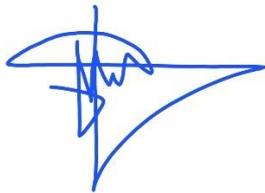
Dengan ini menerangkan bahwa Laporan Tugas Akhir dengan judul :
“Pengaruh pengaturan debit terhadap daya listrik pompa air sentrifugal tipe IDB-
35 menggunakan *Power Quality Analyzer* “ yang telah disusun oleh :

Nama : Dewa Herlambang
NIM : 40040218060002
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro
Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada :
Hari : Selasa
Tanggal : 12 Oktober 2021

Semarang, Oktober 2021

Ketua PSD III Teknik Mesin

SV Universitas Diponegoro



Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.KeS

NIP. 196204211986031002

Dosen Pembimbing



Ir. Murni, MT

NIP. 195908291987031009

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Dewa Herlambang

NIM : 40040218060002

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : “Pengaruh pengaturan debit terhadap daya listrik pompa air sentrifugal tipe IDB-35 menggunakan *Power Quality Analyzer*”

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 : Ir. H. Murni, MT

Penguji 1 : Bambang Setyoko, ST, M.Eng

Penguji 2 : Sri Utami Handayani, ST, MT

()
()
()

Semarang, 12 Oktober 2021

Ketua PSD III Teknik Mesin

SV Universitas Diponegoro



Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes

NIP. 19620421 198603 1 002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Dewa Herlambang
NIM : 40040218060002
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

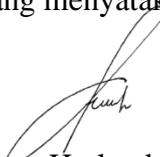
Demi Pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya saya yang berjudul :

“Pengaruh pengaturan debit terhadap daya listrik pompa air sentrifugal tipe IDB-35 menggunakan Power Quality Analyzer”

Dengan Hak Bebas Royalti / 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 : 12 Oktober 2020
Yang menyatakan,


Dewa Herlambang

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan

(Q.S Al-Insyirah: 5)

Man Jadda Wa Jadda

Jangan pernah menunggu, waktunya tidak akan pernah tepat

(Napoleon Hill)

Bergantung hanya pada Allah, jangan pernah bergantung pada siapapun di dunia

ini, karena bayanganmu saja akan meninggalkanmu disaat gelap

(Ibnu Taimiyyah)

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya
2. Ayah dan Ibu tercinta yang telah memberikan dukungan dan doa yang tiada hentinya
3. Kakak, dan segenap keluarga yang selalu memberikan dukungan dan semangat
4. Segenap dosen, teknisi, dan karyawan PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro
5. Teman-teman ENIGMA angkatan 2018 PSD III Teknik Mesin SV Undip.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh pengaturan debit terhadap daya listrik pompa air sentrifugal tipe IDB-35 menggunakan *Power Quality Analyzer*” dengan baik.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak saran, bimbingan, dan bantuan dari pihak pembimbing, pematery, maupun teknisi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kelancaran dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Bapak Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes, selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Ir. Murni, MT, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Bapak Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.kes, selaku dosen wali penulis.
6. Seluruh Dosen dan Teknisi yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
7. Orang tua dan keluarga besar penulis atas kasih sayang, perhatian, doa yang selalu menyertai, dan dukungan yang selalu diberikan selama ini.

8. Teman-teman angkatan 2018 Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.
9. Serta semua pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan penulis satu per satu yang telah membantu selama pelaksanaan tugas akhir.

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari masih jauh dari kata sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Semarang, 12 Oktober 2021

Penulis

ABSTRAKSI

PENGARUH PENGATURAN DEBIT TERHADAP DAYA LISTRIK POMPA AIR SENTRIFUGAL TIPE IDB-35 MENGGUNAKAN *POWER QUALITY ANALYZER*

Penelitian dilakukan untuk menganalisa karakteristik penggunaan daya listrik pompa sentrifugal dengan menggunakan Power Quality Analyzer pada rangkaian pompa dengan menggunakan metoda variasi debit dan tekanan yang divariasikan dengan bukaan katup kran aliran sehingga dapat mengetahui beban pompa. Power Quality Analyzer adalah sebuah alat analisa daya yang dapat dilakukan untuk memantau total harmonik daya, arus serta tegangan. Power Meter Logic ini dilengkapi dengan data logger yang digunakan sebagai sarana penyimpanan data pengukuran dan analisa penggunaan daya. Untuk dapat menampilkan data yang ada pada data logger tersebut dalam layar monitor komputer digunakan software Powerview.

Pengukuran dilakukan pada motor induksi 1 phase pada test bed pompa. Durasi pengukuran adalah 5 menit dengan interval waktu pengambilan data setiap 1 menit. Dengan melakukan variasi debit aliran sebanyak 5 kali dengan cara memvariasikan bukaan katup input dan output untuk memperoleh data yang bervariasi yaitu dengan laju aliran fluida : 34 l/min, 27 l/min, 20 l/min, 14 l/min, 8 l/min. Berdasarkan hasil pengukuran, perbedaan pengaturan debit yang sama melalui outlet pompa untuk mengalirkan 8 l/min fluida membutuhkan daya 0,443 kW, untuk mengalirkan 27 l/min membutuhkan daya 0,263 kW dan melalui inlet pompa untuk mengalirkan 8 l/min membutuhkan daya 0,225 kW , untuk mengalirkan 27 l/min membutuhkan daya 0,239 kW. Sehingga pengaturan debit melalui inlet pompa lebih menguntungkan dibandingkan pengaturan debit melalui outlet pompa karena pada outlet pompa semakin besar tekanan maka daya digunakan pompa semakin besar pula.

Kata kunci : power quality analyzer, pompa , debit, tekanan

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF DEBIT MANAGEMENT ON ELECTRICITY OF CENTRIFUGAL WATER PUMP TYPE IDB-35 USING POWER QUALITY ANALYZER

The study was conducted to analyze the characteristics of the use of electric power of centrifugal pumps by using a Power Quality Analyzer in a pump circuit using the method of variation of discharge and pressure which was varied with the valve opening of the flow valve so that it could determine the pump load. Power Quality Analyzer is a power analysis tool that can be used to monitor the total harmonics of power, current and voltage. This Logic Power Meter is equipped with a data logger which is used as a means of storing measurement data and analyzing power usage. To be able to display the data in the data logger on a computer monitor screen, Powerview software is used.

Measurements were made on a single phase induction motor on the pump test bed. The duration of the measurement is 5 minutes with data collection time intervals every 1 minute. By varying the flow rate 5 times by varying the input and output valve openings to obtain varied data, namely with fluid flow rates: 34 l/min, 27 l/min, 20 l/min, 14 l/min, 8 l/min. Based on the measurement results, the difference in setting the same discharge through the pump outlet to flow 8 l/min of fluid requires 0.443 kW power, to flow 27 l/min requires 0.263 kW power and through the pump inlet to flow 8 l/min requires 0.225 kW power, for flowing 27 l/min requires 0.239 kW of power. So that the discharge regulation through the pump inlet is more profitable than the discharge setting through the pump outlet because at the pump outlet the greater the pressure, the greater the power used by the pump.

Keywords: power quality analyzer, pump, discharge, pressure

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
SURAT TUGAS	iii
HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAKSI	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah.....	3

1.6 Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Definisi Pompa.....	5
2.1.1 Pompa Sentrifugal.....	9
2.1.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal.....	11
2.1.3 <i>Head</i> pompa	12
2.1.4 Kerugian <i>Head</i>	13
2.2. Perhitungan Daya.....	16
2.2.1 Daya Hidrolis	16
2.2.2 Daya Poros	16
2.2.3 Daya Motor	17
2.2.4 Efisiensi Pompa.....	17
2.4 Operasi Seri dan Operasi Paralel.....	18
2.5 Alat ukur Power Quality Analyzer.....	21
2.5.1 Prinsip Kerja <i>Power Meter</i> 5350 Schneider	21
BAB III METODOLGI.....	22
3.1. <i>Flowchart</i> Pengujian Daya.....	22
3.3. Metode Pengujian.....	23
3.3.1. <i>Power Meter</i> 5350 Schneider.....	24
3.3.2. Bagian- bagian alat PQA.....	27
3.3.3. Standar Operasional Alat	28

3.4. Peralatan Pengujian.....	29
3.4.1 Test Bed Pompa	29
3.4.2 Komponen Alat	30
3.5. Prosedur Pengujian Alat.....	40
3.5.1 Prosedur Pengujian	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Instrumen Penelitian.....	45
4.2 Proses pengujian	45
4.2.1 Persiapan	45
4.2.2 Proses pengambilan data	47
4.3 Hasil Pengambilan data.....	48
4.4 Pengolahan Data.....	50
4.4.1 Head pompa	50
4.4.2 Daya motor pengaruh pengaturan di outlet pompa hubungan tunggal	54
4.4.3 Daya motor pengaruh pengaturan di inlet pompa hubungan tunggal .	59
4.4.4 Perbandingan perhitungan daya Teoritis dengan PQA	61
BAB V.....	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian-bagian pompa Sentrifugal.....	9
Gambar 2. 2 Head Pompa	12
Gambar 2. 3 Pompa Susunan Seri.....	18
Gambar 2. 4 Pompa Susunan Paralel	19
Gambar 2. 5 Kurva operasi seri dan paralel dari pompa karakteristik yang sama.	19
Gambar 3.1 Flowchart.....	22
Gambar 3.2 Power Meter 5350 Scheider	24
Gambar 3.3 Power Quality Analyzer	27
Gambar 3. 4 Kelengkapan Alat	28
Gambar 3. 5 Test Bed Pompa	29
Gambar 3. 6 Pompa.....	30
Gambar 3. 7 Gate Valve.....	32
Gambar 3. 8 Three Way Valve	32
Gambar 3. 9 Swing Check Valve	33
Gambar 3. 10 Elbow	34
Gambar 3. 11 Tee.....	34
Gambar 3. 12 Pipe Fitting Reducing Tee.....	35
Gambar 3. 13 Concentric Reducer	35
Gambar 3. 14 Double Nepal.....	36
Gambar 3. 15 Water Mur	36
Gambar 3. 16 Flowmeter.....	37
Gambar 3. 17 Manometer Isap 1	38
Gambar 3. 18 Manometer Isap 2.....	38

Gambar 3. 19 Manometer Tekan	39
Gambar 3. 20 Amperemeter	40
Gambar 3. 21 Voltmeter	40
Gambar 3. 22 Current Transfomator	41
Gambar 3. 23 Rangkaian connector cable.....	42
Gambar 3. 24 Pemasangan capit buaya.....	42
Gambar 3. 25 Rangkaian Kit Power Meter 5350 Schneider	42
Gambar 3. 26 Setup Power meter 5350 Schneider	43
Gambar 3. 27 Skema Pengujian Alat	44
Gambar 4. 1 Skema Pengujian Alat.....	45
Gambar 4. 2 Proses Pengambilan data	47
Gambar 4. 3 Head Pompa	50
Gambar 4. 4 Rangkaian sitem instalasi	51
Gambar 4. 5 Grafik hubungan Head pompa (H), Debit (Q) dan Daya motor (Pi) karena pengaruh pengaturan di katup outlet pompa	54
Gambar 4. 6 Grafik hubungan laju aliran (Q) dengan Daya pompa (Pi) karena pengaruh pengaturan katup di outlet pompa	56
Gambar 4. 7 Grafik hubungan tekanan (Psi) dengan Daya pompa (kW) karena pengaruh pengaturan katup di outlet pompa	57
Gambar 4. 8 Grafik hubungan tekanan (Psi) dengan debit pompa (l/min) karena pengaruh pengaturan katup di outlet pompa	57
Gambar 4. 9 Grafik hubungan tekanan, debit dan daya pompa karena pengaruh pengaturan katup di outlet pompa	58
Gambar 4. 10 Grafik hubungan laju aliran (Q) dengan Daya pompa (Pi) karena pengaruh pengaturan katup di inlet pompa	60

Gambar 4. 11 Grafik perbedaan daya pengaturan debit melalui inlet dan outlet pompa.....	61
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan perhitungan daya manual dengan daya Power Quality Analyzer	62

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat	24
Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Pengujian di outlet pompa.....	48
Tabel 4. 2 Hasil Pengamatan Pengujian di inlet pompa	49
Tabel 4. 3 Hasil Rata-rata data pengujian di outlet yang telah diolah :	50
Tabel 4. 4 data kapasitas, tekanan isap, tekanan keluar, head isap, head keluar dan head pengaruh bukaan katup di outlet pompa hubungan tunggal :	53
Tabel 4. 5 Data kapasitas, arus, tegangan listrik, dan daya motor pengaruh pengaturan di outlet pompa hubungan tunggal :	55
Tabel 4. 6 Data kapasitas, laju aliran fluida, tekanan dan daya motor pengaruh pengaturan di outlet pompa hubungan tunggal :	56
Tabel 4. 7 Hasil Rata-rata data pengujian di inlet yang telah diolah :	59
Tabel 4. 8 Data kapasitas, arus, tegangan listrik, dan daya motor pengaruh pengaturan di inlet pompa hubungan tunggal :	59
Tabel 4. 9 data kapasitas arus, tegangan listrik, dan daya motor pada pompa melalui alat ukur manual dan Power Quality analyzer :	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran. 1 Test Bed Pompa.....	67
---------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pengujian pompa di dalam suatu rangkaian merupakan cara terbaik untuk mengetahui karakteristik dan prestasi pompa yang sebenarnya. Berdasarkan keperluan tersebut dipilih suatu alat peraga dengan memanfaatkan pompa yang banyak dijual dipasaran, yang nantinya dapat digunakan untuk mendapatkan karakteristik dan prestasi dari satu ataupun beberapa pompa yang dirangkai dengan sistem seri maupun paralel. Penulis hanya melakukan pengujian pada pompa dengan *suction negative* dan *suction positif* yaitu pompa tunggal pengujian ini merupakan pengembangan dari pengujian sebelumnya.

Penelitian dilakukan untuk menganalisa karakteristik penggunaan daya pompa sentrifugal dengan menggunakan *Power Quality Analyzer* pada rangkaian pompa dengan menggunakan metoda variasi debit dan tekanan yang divariasikan dengan katup kran sehingga dapat mengetahui beban pompa. Sistem variasi debit dan tekanan untuk mengetahui daya pompa, efisiensi pompa, serta memeriksa keabsahan dan validitas pompa dengan beberapa percobaan. Untuk mengetahui daya yang dipakai pada setiap pompa, maka di terapkan metode pembebanan pada katup sisi keluar dengan menggunakan katup kran yang terpasang pada sisi keluar pompa. Muh.Dallil (2010) melakukan studi tentang pengaruh *throttling* katup sisi keluar terhadap tekanan dan debit rangkaian seri pompa sentrifugal, dan kurva karakteristik rangkaian seri yang diperoleh dengan dua pompa berbeda karakteristiknya dapat dibuktikan bahwa fungsi dari rangkaian seri adalah untuk

menaikkan head disisi keluar. Hal ini terbukti dengan perubahan kenaikan nilai *head* yang signifikan saat katup pada pengaturan bukaan sebesar 30%. Pengujian pompa ini harus mendekati kondisi sebenarnya dilapangan untuk memperoleh hasil yang maksimal. Pada pengujian ini, rangkaian pompa akan diuji pada suatu instalasi sederhana dan diamati tekanan pada keluarannya. Hasil yang diperoleh dalam pengujian ini adalah kurva karakteristik pompa dan rangkaiannya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir terdapat beberapa rumusan masalah, antara lain :

1. Bagaimana pengaruh pengaturan debit terhadap daya pompa air?
2. Bagaimana Prinsip kerja dari alat uji *Power Quality Analyzer*?
3. Bagaimana hasil uji daya terhadap debit dan tekanan pada pompa air?

1.3 Tujuan

Tujuan dari pengujian daya ini, yaitu :

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh debit terhadap daya listrik pompa akibat variasi debit di inlet dan outlet pompa melalui pengaturan pada katup.
2. Melaksanakan pengujian dan mengetahui cara kerja alat uji PQA.
3. Mengetahui perbandingan daya antara *Power Quality Analyzer* dengan perhitungan daya manual.

1.4. Manfaat

1.4.1 Manfaat bagi Mahasiswa

- a. Memahami dan mengetahui Pengaruh debit dan tekanan terhadap daya pompa air
- b. Menambah pengalaman dan pengetahuan tentang alat ukur *Power Analyzer*.
- c. Mampu menerapkan ilmu pengetahuan yang telah yang telah didapatkan pada bangku perkuliahan kedalam praktek yang sebenarnya.

1.4.2 Manfaat bagi laborototium pengujian material

- a. Menambah alat untuk pengujian di laboratorium.
- b. Sebagai sarana mahasiswa dalam praktek.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat betapa luas dan kompleksnya permasalahan pada pengujian Daya, maka batasan penulisan tugas akhir ini hanya pada pengambilan data uji Daya terhadap Debit dan Tekanan pada Pompa Air. Dengan melakukan variasi bukaan katup pada keluaran air.

- Media pengujian yang digunakan adalah alat peraga praktikum pompa laboratorium Konversi Energi Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Undip.
- Proses pengukuran daya dilakukan dengan alat ukur *Power Quality Analyzer* meliputi arus listrik (ampere), tegangan listrik (volt), kemudian daya listrik (kW) yang bekerja pada pompa.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Dalam melakukan penulisan tugas akhir ini, terdapat metode penulisan yang digunakan, yaitu studi pustaka. Dimana digunakan beberapa literatur sebagai

referensi. Sedangkan untuk sistematika laporan tugas akhir dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

Bab I Pendahuluan

Pembahasan mengenai latar belakang,, permasalahan yang diangkat, tujuan dari tugas akhir, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Penjelasan secara umum mengenai teori-teori yang dipakai untuk pembuatan tugas akhir khususnya yang berhubungan dengan ilmu uji daya dan pengaruh tekanan

Bab III Metodologi

Memberikan penjelasan mengenai alat uji daya yaitu *power quality Analyzer*, proses pengujian daya, serta melakukan perbandingan daya terhadap debit dan tekanan yang dibuat.

Bab IV Hasil & Pembahasan

Berisi tentang data hasil uji daya terhadap debit dan tekanan pada pompa air dengan beberapa perlakuan tekanan yang dibuat dan analisa terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan.

Bab V Penutup

Berisi kesimpulan dan saran mengenai pokok-pokok penting yang diperoleh selama pengujian, yang merupakan dari permasalahan yang diangkat dari tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Pompa

Pompa adalah alat untuk memindahkan *fluida* dari tempat satu ketempat lainnya yang bekerja atas dasar mengkonversikan energi mekanik menjadi energi kinetik. Energi mekanik yang diberikan alat tersebut digunakan untuk meningkatkan kecepatan, tekanan atau elevasi (ketinggian). Pada umumnya pompa digerakkan oleh motor, mesin atau sejenisnya. Banyak faktor yang menyebabkan jenis dan ukuran pompa serta bahan pembuatnya berbeda, antara lain jenis dan jumlah bahan cairan tinggi dan jarak pengangkutan serta tekanan yang diperlukan dan sebagainya. Kita tahu bahwa cairan dari tempat yang lebih tinggi akan sendirinya mengalir ketempat yang lebih rendah, tetapi jika sebaliknya maka perlu dilakukan usaha untuk memindahkan atau menaikkan *fluida*, alat yang lazim digunakan adalah pompa.

Bacharoudis (2008) melakukan penelitian dengan menggunakan variasi besaran sudut keluaran *impeller* (β_2) dengan diameter dan tinggi *impeller* sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar sudut keluaran (β_2) maka semakin meningkat nilai *head* (tinggi tekan) untuk kapasitas yang sama (Bacharoudis, 2008) Dazhuan (2009) melakukan penelitian pada pompa sentrifugal dengan *impeller* sudu (Z) 5 yaitu memvariasi kecepatan putar pada rpm rendah, medium dan tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan putaran (n) semakin besar nilai *head* (H) semakin besar dan semakin besar kapasitasnya. Dalam menjalankan fungsinya tersebut, pompa mengubah energi mekanik poros yang menggerakkan sudu-sudu pompa mejadi energi kinetik dan tekanan pada

fluida, Spesifikasi pompa dinyatakan dengan jumlah fluida yang dapat dialirkan per-6 satuan waktu (kapasitas) dan energi angkat (*head*) dari pompa (Dazhuan, 2009) Berikut per-satuan dari pompa air :

- Kapasitas (Q)

Merupakan volume fluida yang dapat dialirkan persatuan waktu. Dalam pengujian ini pengukuran dari kapasitas dilakukan dengan menggunakan flowmeter. Satuan dari kapasitas (Q) yang digunakan dalam pengujian ini adalah m^3/s .

- Putaran (n)

Yang dimaksud dengan putaran disini adalah putaran poros (*impeller*) pompa, dinyatakan dalam satuan rpm. Putaran diukur dengan menggunakan tachometer.

- Torsi (T)

Torsi didapatkan dari pengukuran gaya dengan menggunakan dinamometer, kemudian hasilnya dikalikan dengan lengan pengukur momen (L). Satuan dari torsi adalah Nm.

- Daya (P)

Daya dibagi menjadi dua macam, yaitu daya poros yang merupakan daya dari motor listrik, serta daya air yang dihasilkan oleh pompa. Satuan daya adalah Watt.

- Efisiensi (η)

Merupakan perbandingan antara daya air yang dihasilkan dari pompa, dengan daya poros dari motor listrik

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 *impeller* 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. Klasifikasi pompa secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 2 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 Diaphragma

c. Pompa Rotari

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

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

Pompa jenis ini adalah suatu pompa dengan volume ruang yang tidak berubah pada saat pompa bekerja. Energi yang diberikan pada cairan adalah energi kecepatan, sehingga cairan 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

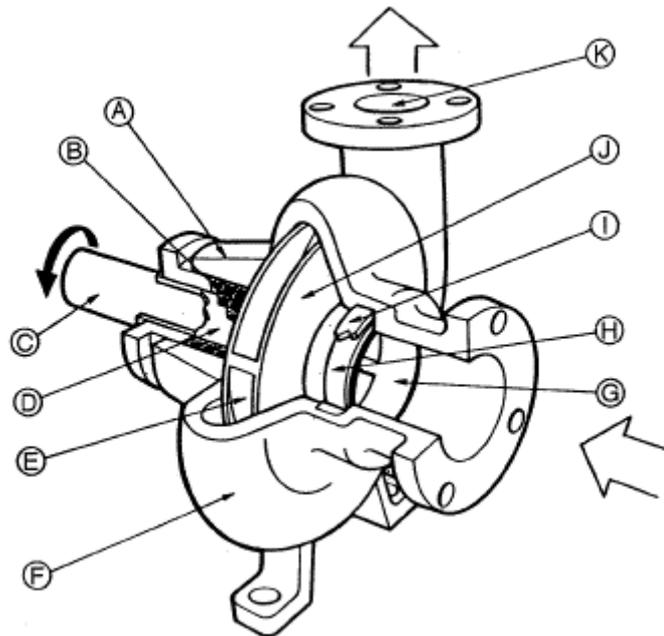
b. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pumps*)

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).

2.1.1 Pompa Sentrifugal

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 8 pompa perpindahan positif adalah gerakan impeler yang kontinyu menyebabkan aliran tunak, 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.

Bagian-bagian pompa sentrifugal Secara umum bagian-bagian utama pompa sentrifugal dapat dilihat seperti gambar berikut:



Gambar 2. 1 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 *impeller* sebagai tempat berlalunya cairan pada impeler.

f) *Casing*

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

g) *Eye of Impeller*

Bagian sisi masuk pada arah isap *impeller*.

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.

2.1.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

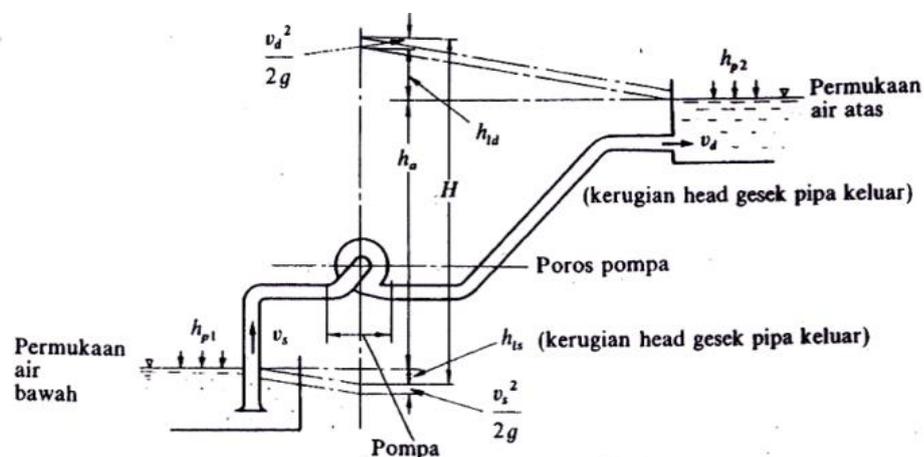
Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa *non positive displacement pump* dengan prinsip kerja sebagai berikut:

1. Energi mekanik dari unit penggerak dikonversikan menjadi energi cairan akibat adanya gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh *impeller* yang berputar.
2. Energi kecepatan cairan kemudian dirubah menjadi energi potensial didalam *volute* dan melalui *diffuser* dengan cara memperlambat laju cairan.
3. Energi tekanan cairan yang keluar dari pompa sentrifugal merupakan tekanan cairan dibagian sisi tekan *discharge*.

Dengan demikian pompa sentrifugal memiliki prinsip kerja mengkonversikan energi mekanik menjadi kecepatan *fluida* selanjutnya energi kecepatan *fluida* diubah menjadi energi tekanan keluar dari pompa.

2.1.3 Head pompa

Dalam memilih suatu pompa untuk maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui aliran serta *head* yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa. *Head* pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. *Head* dapat bervariasi pada penampang yang berbeda, tetapi pada kenyataannya selalu ada rugi energi. *Head* total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa.



Gambar 2. 2 Head Pompa

Dari gambar 2.11 kita dapat menentukan head total pompa dengan persamaan dibawah ini:

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

dimana H_{sis} = *Head* sistem

pompa (m) h_a = *Head* statis

pompa (m)

Δh_p = Perbedaan head tekanan yang bekerja
pada kedua permukaan (m)

$$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1}$$

h_l = kerugian head di pipa, katup,
belokan, sambungan, dll (m) h_l
= $h_{ld} + h_{ls}$

$vd^2/2g$ = *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.

2.1.4 Kerugian *Head*

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

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

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

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

dimana :

h_f = Head kerugian gesek (m)

Q = Kapasitas pompa (m³/s)

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter dalam pipa (m)

C = Koefisien pipa

2. Kerugian belokan θ , dirumuskan sebagai berikut :

$$h_f = f \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots^3$$

$$f = 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \left(\frac{\theta}{\theta} \right)^{0,5} \dots\dots\dots^4$$

dimana:

h_f = *Head* kerugian belokan (m)

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gaya gravitasi (m/s²)

D = Diameter dalam pipa (m)

R = Jari-jari lengkung sumbu belokan (m)

θ = Sudut belokan (derajad)

f = Koefisien kerugian

3. Kerugian katup isap dengan saringan

$$h_f = f \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots^5$$

² Ibid, Halaman 31

³ Ibid, Halaman 32

⁴ Ibid, Halaman 34

Dimana :

h_f = *Head* kerugian belokan (m)

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gaya gravitasi (m/s²)

f = Koefisien kerugian

4. Kerugian karena pengecilan penampang pipa secara mendadak

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

Dimana :

h_f = *Head* kerugian belokan (m)

v_2 = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gaya gravitasi (m/s²)

f = Koefisien kerugian

5. Kerugian karena perbesaran penampang secara mendadak

$$h_f = f \frac{(v_1 - v_2)^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots^7$$

Dimana :

h_f = *Head* kerugian belokan (m)

v_1 = Kecepatan aliran sisi masuk /diameter kecil (m/s)

v_2 = Kecepatan aliran sisi keluar/diameter besar (m/s)

g = Gaya gravitasi (m/s²)

f = Koefisien kerugian

⁵ Ibid, Halaman 38

⁶ Ibid, Halaman 36

⁷ Ibid, Halaman 36

2.2. Perhitungan Daya

Daya pompa didefinisikan sebagai perkalian antara torsi dengan putaran poros pompa. Daya pompa dapat dihitung dengan menggunakan (Sularso, 2004) 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 :

2.2.1 Daya Hidrolis

Daya hidrolis (daya pompa teoritis) adalah daya yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah zat cair. Daya hidrolis dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Ph = \gamma \cdot h_{tot} \cdot Q \dots\dots\dots^8$$

Dimana: Ph = Daya Hidrolis (kW)

γ = Berat jenis air (kN/m³)

Q = Debit (m³/s)

h_{tot} = Head Total (m)

2.2.2 Daya Poros

Daya poros yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa adalah sama dengan daya hidrolis ditambah kerugian daya didalam pompa. Daya ini dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$P_s = \frac{Ph}{\eta_p} \dots\dots\dots^9$$

⁸ Ibid, Halaman 53

⁹ Ibid, Halaman 53

dimana :

η_p = Efisiensi pompa

P_h = Daya Hidrolisis (kW)

P_s = Daya Poros (kW)

2.2.3 Daya Motor

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

$$P_i = V \cdot I \cdot \cos\theta \dots\dots\dots^{10}$$

dimana:

P_s = Daya Motor (W)

V = Tegangan Listrik (volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

$\cos\theta$ = Faktor Daya

2.2.4 Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan antara output dan input atau antara daya hidrolis pompa dengan daya poros pompa. Harga efisiensi yang tertinggi sama dengan satu harga efisiensi pompa yang didapat dari pabrik pembuatnya. Rumus efisiensi dapat dilihat seperti berikut ini :

$$\eta_p = \frac{P_h}{P_s} \times 100\% \dots\dots\dots^{11}$$

dimana:

η_p = Efisiensi Pompa (%)

P_h = Daya Hidrolis (kW)

P_s = Daya Motor (kW)

¹⁰ Ibid, Halaman 53

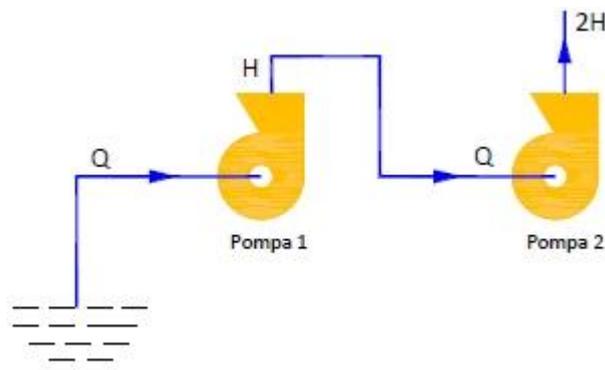
¹¹ Ibid, Halaman 53

2.4 Operasi Seri dan Operasi 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.

a. 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 :

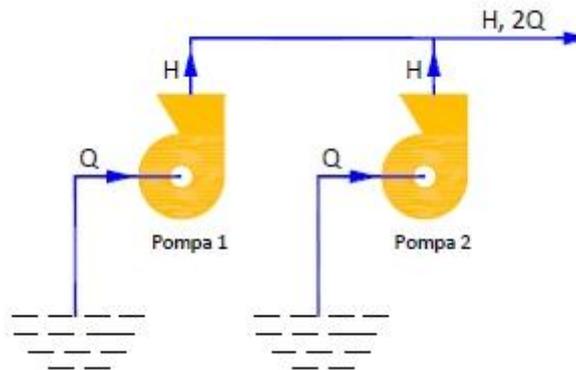


Gambar 2. 3 Pompa Susunan Seri

Sumber: google.com

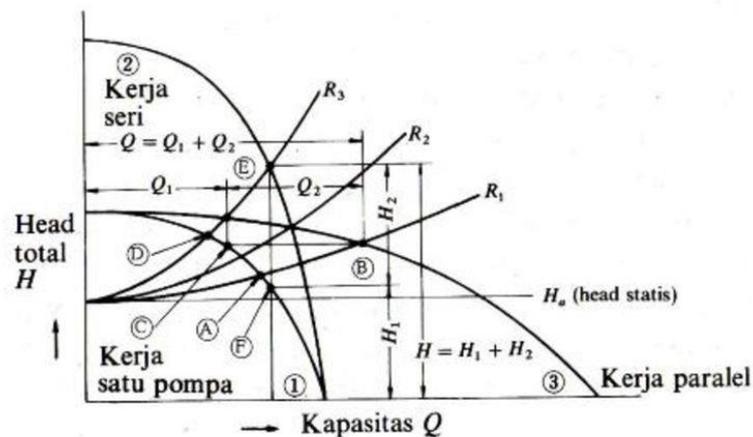
b. Susunan Paralel

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. 4 Pompa Susunan Paralel

Sumber: google.com



Gambar 2. 5 Kurva operasi seri dan paralel dari pompa karakteristik yang sama

Sumber: google.com

Pada gambar 2.5 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 Alat ukur Power Quality Analyzer

Power Meter 5350 Schneider adalah sebuah alat analisa daya yang dapat dilakukan untuk memantau total harmonik daya, arus serta tegangan. *Power Meter Logic* ini dilengkapi dengan data *logger* yang digunakan sebagai sarana penyimpanan data pengukuran dan analisa penggunaan daya. Untuk dapat menampilkan data yang ada pada data *logger* tersebut dalam layar monitor komputer digunakan *software Powerview*.

2.5.1 Prinsip Kerja *Power Meter 5350 Schneider*

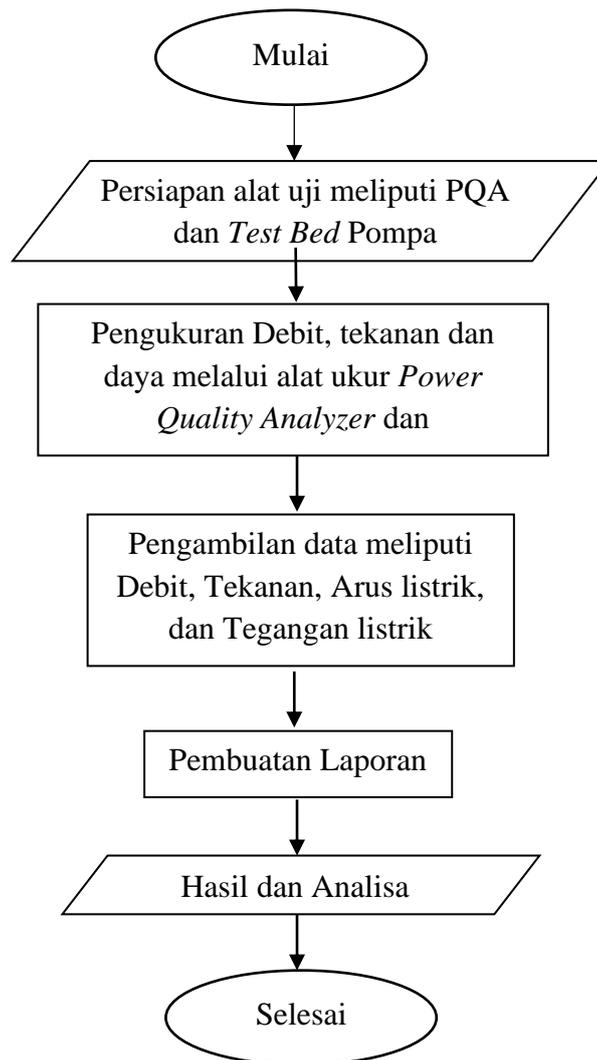
(Badruzzaman, n.d.) *Power Meter* pada prinsipnya sama dengan meter-meter yang terdapat pada sebuah panel untuk mengukur arus, tegangan, frekuensi, dan *cos phi* (*cos ϕ*). Namun, fungsi dari *Power Meter* ini lebih kompleks apabila dibandingkan dengan meter-meter biasa pada umumnya. Selain ketepatan 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, faktor daya, frekuensi dan harmonik. Seperti juga telah disebutkan diatas alat ini merekam daya pemakaian selama beberapa waktu yang kita inginkan guna analisa berapa pemakaian daya nominal guna peningkatan efisiensi listrik.

BAB III

METODOLOGI

3.1. *Flowchart* 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 specimen pompa dan alat yang akan digunakan untuk proses pengujian daya menggunakan *Power Quality Analyzer*.

3. *Setting Test Bed* Pompa dan PQA

Mengatur arah aliran pompa ke rangkaian tunggal kemudian menyiapkan alat ukur *Power Quality Analyzer* mengatur pada *software* untuk merekam hasil dari pengujian.

4. Pengujian Alat

Uji coba alat ukur *power quality analyzer* untuk mengetahui besarnya daya yang dibutuhkan pompa, di sini menggunakan *test bed* pompa.

5. Analisa Hasil Pengujian

Analisa hasil pengujian adalah beberapa analisa yang dapat diambil dari pengujian alat tersebut.

6. Selesai

Selesai yaitu berisikan kesimpulan dari hasil akhir yang dilakukan.

3.3. Metode Pengujian

Dalam proses pengujian daya menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer*, *Power Meter* akan dipasang pada panel mesin *test bed* pompa sehingga dapat membaca besaran listrik seperti, daya, arus, tegangan, faktor daya, frekuensi, harmonik dan beban puncak yang dikonsumsi oleh mesin *test bed* pompa saat beroperasi.

3.3.1. Power Meter 5350 Schneider



Gambar 3.2 Power Meter 5350 Scheider

Sumber: *manual book*

Spesikasi Alat Pengujian:

Di bawah ini spesifikasi alat *Power Quality Analyzer* sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat

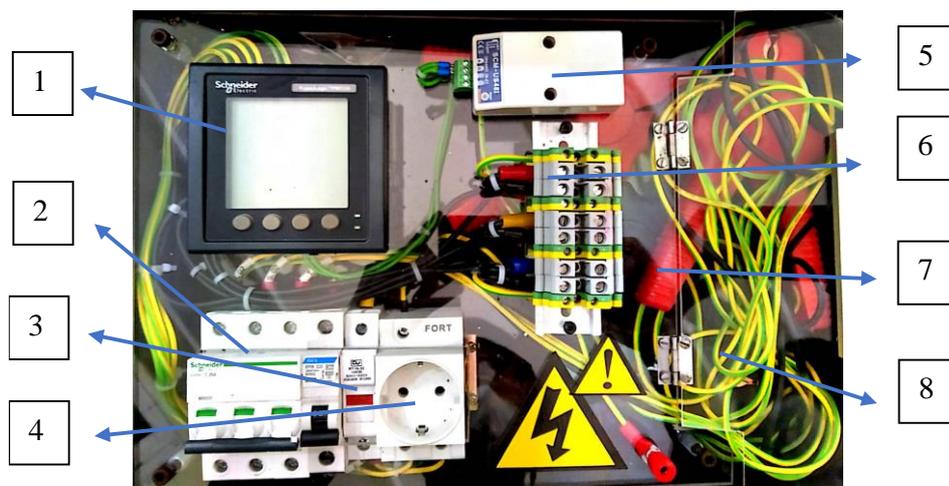
<i>Main</i>	
<i>Range</i>	<i>PowerLogic</i>
<i>Product name</i>	<i>PowerLogic PM5350</i>
<i>Device short name</i>	<i>PM5350</i>
<i>Product or component type</i>	<i>Power meter</i>
<i>Complementary</i>	
<i>Power quality analysis</i>	<i>Total demand distortion Total harmonic distorsion</i>
<i>Device application</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>	50 Hz 60 Hz
<i>Rated current</i>	5A 1A
<i>Type of network</i>	1P + N 3P + N 3P
<i>Maximum power consumption in VA</i>	9,6 VA
<i>Ride-through time</i>	80 ms 120 V AC typical 100 ms 230 V AC typical 100 ms 415 V AC typical
<i>Display type</i>	Backlit LCD
<i>Display resolution</i>	6 lines
<i>Sampling rate</i>	32 samples
<i>Measurement current</i>	0-1A 0-5A
<i>Analogue input type</i>	Current 0,05-9 A (impedance $\leq 0,3$ Ohm)
<i>Measurement voltage</i>	20-690 V AC phase to phase 20-400 V AC Phase to neutral
<i>Frequency measurement range</i>	45-75 Hz
<i>Number of inputs</i>	4 Digital
<i>Measurement accuracy</i>	Current 0,3% Voltage 0,3% Frequency 0,05% Power factor $\pm 0,0005$
<i>Accuracy class</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>Number of output</i>	2 relay
<i>Information displayed</i>	Tariff (4)
<i>Communication port protocol</i>	JBUSS Modbus RTU and ACSII at 9,6 19,2 and 38,4 kbauds
<i>Communication port support</i>	Terminal block : RS485
<i>Data recording</i>	Min/max of instantenous values Alarm

<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 conforming to IEC 61000-4-3 Electrical fast transient/bust 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>	-40 – 85 °C
<i>Ambient air temperature for storage</i>	-25 – 70 °C
<i>Operating altitude</i>	0-3000 m

3.3.2. Bagian- bagian alat PQA



Gambar 3.3 *Power Quality Analyzer*

Sumber: Dokumen Pribadi

Keterangan :

1. *Power Meter 5350 Schneider*
2. *MCB*
3. *Fuse*
4. *Stop Contact*
5. *Conector USB*
6. *Conector Current Transformer dan terminal block*
7. *Penjapit Buaya*
8. *Kabel*

3.3.3. Standar Operasional Alat

Sebelum melakukan pengujian dengan alat perlu adanya pemahaman tentang prosedur pengoprasian alat. Di bawah ini adalah standar operasional alat :

1. Cek kelengkapan alat.

Pastikan alat yang akan di gunakan lengkap di dalam box dan tidak ada yang kurang sehingga tidak menghambat proses pengujian.



Gambar 3. 4 Kelengkapan Alat

Sumber: Dokumen Pribadi

2. Pasang penjepit buaya pada tegangan dan juga grounding pada *test bed* pompa, kemudian dikoneksikan pada alat ukur *Power Quality Analyzer*.
3. *Set up* PQA ke mode pengukuran daya 1 *phase* 1PH2W LN, kemudian Waktu dan juga tanggal pengujian.
4. Sambungkan *converter* usb ke laptop untuk menampilkan data , merekam dan menyimpan hasil pengukuran. Instalasi *software power log* sebagai *interface power quality analyzer*.
5. Kalibrasi alat

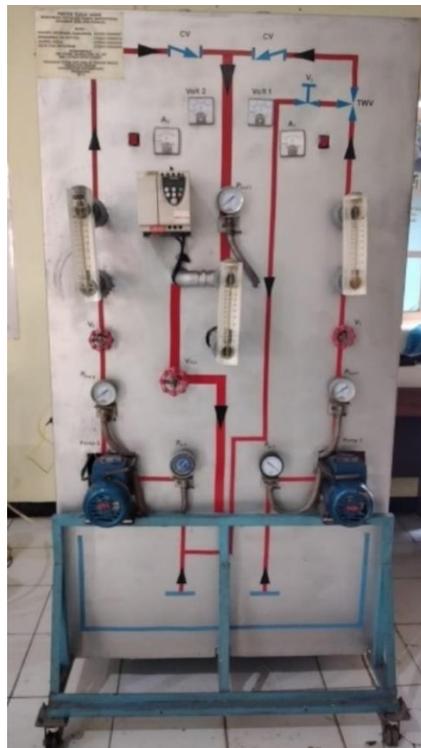
Persiapan alat *Power Quality Analyzer* adalah berupa proses kalibrasi. *Voltmeter* yang terukur pada PQA dicocokkan dengan *Voltmeter* yang terpasang pada *test bed* pompa.

6. Lakukan pengujian
7. Setelah hasil didapatkan, rapikan dan kembalikan alat.

3.4. Peralatan Pengujian

3.4.1 Test Bed Pompa

Rangkaian pompa menggunakan 2 buah pompa dengan karakteristik yang sama, kemudian melalui kedua pompa tersebut dibuatlah instalasi rancangan pengujian terhadap efisiensi pompa susunan tunggal dan mengetahui karakteristik pompa susunan seri maupun *parallel*, maka instalasi pompa disusun dengan skema sebai berikut :



Gambar 3. 5 *Test Bed* Pompa

Sumber: dokumen pribadi

3.4.2 Komponen Alat

1. Pompa Sentrifugal

Dalam pengujian instalasi rangkaian pompa digunakan pompa jenis setrifugal dan *fluida* yang digunakan adalah air. Berikut spesifikasi pompa sentrifugal yang digunakan:

Spesifikasi Pompa:

Merk	= GUAINILI
Max head	= 35 m
Max Flow	= 40 L/min
Electric Source	=220 V/50 Hz
Power	= 335 W
Suction lift	= 8 m
Diameter Suction	= 1'
Diameter Discharge	=1'
Speed	= 2800 rpm



Gambar 3. 6 Pompa

Sumber: google.com

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 1,5" 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* waktu buka penuh.
- b. Amat ketat dan cukup bagus waktu penutupan penuh

c. Bebas kontaminasi

d. Sebagai gerbang penutupan penuh, sehingga tidak ada tekanan lagi.

Cocok apabila akan melakukan perbaikan pada pipa.



Gambar 3. 7 *Gate Valve*

Sumber: google.com

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. 8 *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. 9 *Swing Check Valve*

Sumber: goole.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. Terdapat beberapa sudut belokan *elbow*, yaitu *elbow* 11,25 ; *elbow* 22,5° ; *elbow* 45" dan *elbow* 90. *Elbow* yang digunakan dalam sistem instalasi pompa ini adalah *elbow* yang

mempunyai sudut belokan sebesar 90° dengan diameter 1" dan 1 1/2;" dimana *elbow* ini terbuat dari material galvanis.



Gambar 3. 10 *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 1 1/2" dimana *tee* ini terbuat dari material galvanis.

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



Gambar 3. 11 *Tee*

Sumber: google.com



Gambar 3. 12 *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. 13 *Concentric Reducer*

Sumber: google.com

9. *Double Nepel*

Double Nepel adalah aksesoris penyambungan pipa dengan karakteristik mempunyai drat luar pada sisi-sisinya. Fungsi *double nepel* sebagai sambungan perpanjangan pipa. *Double Nepel* 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. 14 *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. 15 *Water Mur*

Sumber: google.com

Alat ukur yang digunakan untuk pengujian, antara lain:

11. Flowmeter.

Flowmeter digunakan untuk mengukur besar debit air per menitnya. Pada alat uji ini menggunakan *flow* meter jenis transparan, sehingga dapat diketahui secara langsung debit aliran yang mengalir dari masing-masing pompa maupun dari tiap rangkaian.



Gambar 3. 16 Flowmeter

Sumber: google.com

Data Spesifikasi:

- *Merk* : ZYIA
- *Range* : 10 sampai 70 LPM
- *Skala* : 2 liter/menit

12. Manometer Isap

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



Gambar 3. 17 Manometer Isap 1

Sumber: google.com

Data Sepesifikasi

- *Merk* : Jako
- *Range* : 0 sampai dengan -76 CmHg



Gambar 3. 18 Manometer Isap 2

Sumber: dokumen pribadi

Data Sepesifikasi

- *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

13. Manometer Tekan

Manometer digunakan untuk mengukur tekanan air yang keluar dari pompa.



Gambar 3. 19 Manometer Tekan

Sumber: dokumen pribadi

Data Spesifikasi

- *Merk* : WIPRO
- *Range* : 0 sampai dngan 6 Kg/cm²

14. Ampermeter

Ampermeter digunakan untuk mengukur arus listrik pada motor penggerak pompa.



Gambar 3. 20 Amperemeter

Sumber: google.com

Data Spesifikasi

- *Merk* : Heles
- *Range* : 0 sampai dengan 10 Ampere

15. Voltmeter

Digunakan untuk mengukur tegangan listrik pada motor penggerak pompa.



Gambar 3. 21 Voltmeter

Sumber: google.com

3.5. Prosedur Pengujian Alat

3.5.1 Prosedur Pengujian

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

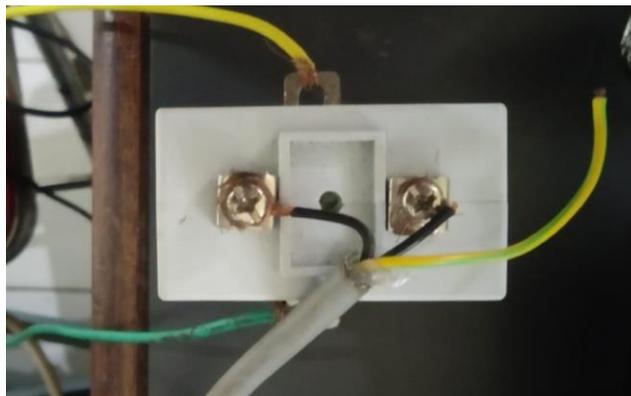
1. Debit aliran dengan menggunakan Flowmeter.
2. Tekanan dengan menggunakan Manometer.

3. Arus listrik dengan menggunakan Amperemeter.
4. Tegangan listrik dengan menggunakan Voltmeter.
5. Daya Listrik dengan menggunakan *Power Quality Analyzer*.

Prosedur yang dilakukan sebelum pengambilan data yaitu prosedur pemasangan yang dilakukan pada pengujian *Power Meter* ke *Test Bed* Pompa.

Langkah-langkah pemasangan yaitu:

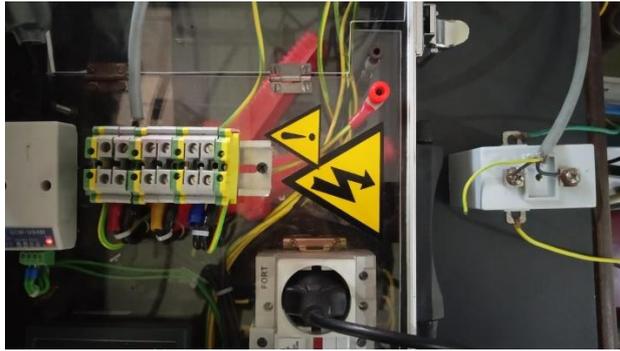
1. Siapkan alat dan *test bed* pompa
2. *Setup Kit Power meter 5350 Schneider*
 - Kupas kabel input listrik *testbed* pompa
 - Sambungkan kedalam *Current Transfomator*



Gambar 3. 22 *Current Transfomator*

Sumber. dokumen pribadi

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



Gambar 3. 23 Rangkaian *connector cable*

Sumber. dokumen pribadi

- Pasang capit buaya pada *extension cable* (R) dan (G) pada *grounding*



Gambar 3. 24 Pemasangan capit buaya

Sumber. dokumen pribadi

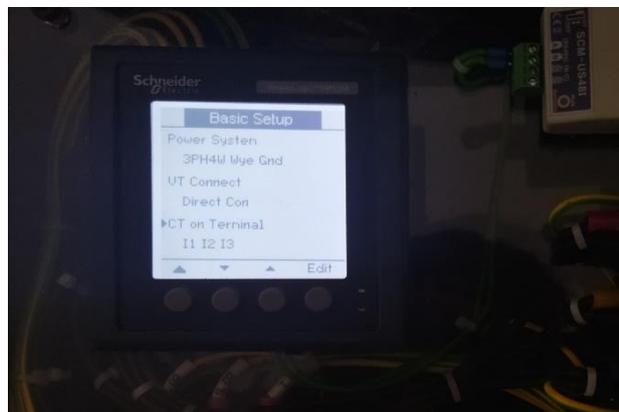
- Hubungkan Laptop dengan *Kit Power Meter* Schneider dan masukkan steker charger laptop ke stop kontak *Kit Power Meter 5350* Schneider



Gambar 3. 25 Rangkaian *Kit Power Meter 5350* Schneider

Sumber. dokumen pribadi

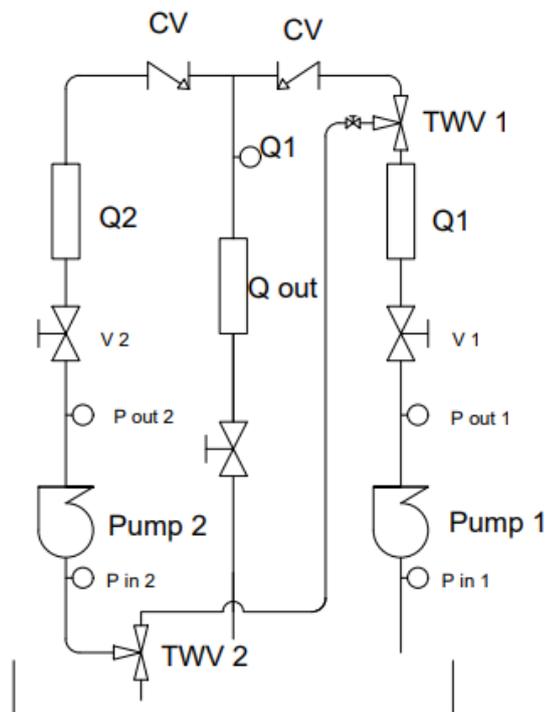
- Nyalakan MCB kit *Power Meter 5350* Schneider dengan menaikkan tuas ke posisi ON
- Kemudian monitor *Power Meter 5350* Schneider akan menyala, setelah itu *setting* dengan menekan tombol *maintenance*, pilih *Basic Setup*, lalu pada *Power system* pilih 1PH2W LN dan pada *CT on terminal* pilih I1 lalu simpan data. Kembali pada menu *summary*.



Gambar 3. 26 *Setup Power meter 5350* Schneider

Sumber. dokumen pribadi

3. Kemudian Prosedur pengaturan pada *Test Bed* pompa



Gambar 3. 27 Skema Pengujian Alat

Sumber: Autocad

- Bak diisi dengan air.
- Katup V2 dan V Out pada posisi terbuka
- Pompa 2 dihidupkan
- Pengujian dilakukan dengan melakukan variasi debit aliran sebanyak 5 titik dengan cara memvariasikan pembukaan katup V2 untuk memperoleh data yang bervariasi yaitu : 34 l/min , 27 l/min, 20 l/min, 14 l/min, 8 l/min.
- Penunjukan angka pada alat ukur dicatat pada tabel yang nantinya diolah menggunakan Aplikasi Excel 2019 yang telah diformulasi untuk menghasilkan grafik .

1. Pemeriksaan terhadap kondisi dan kesiapan sistem listrik, instrumen, sistem pipa, dan *receiver tank* di isi air.
2. Hidupkan pompa pada kondisi CV 2, *out* terbuka penuh.
3. Hidupkan pompa sampai 5 menit supaya mesinnya bisa panas (melakukan pemanasan)
4. Cek instrumen pengukuran dan pastikan bahwa air sudah mengalir dengan lancar, dan instrumen dalam keadaan normal.
5. Setelah itu matikan mesin dan siap dinyalakan lagi untuk melakukan pengambilan data.

Kemudian persiapan pada alat ukur *Power Quality Analyzer*.

Pengukuran dilakukan pada motor induksi 1 *phase* pada test bed pompa. Durasi pengukuran adalah 5 menit dengan interval waktu pengambilan data setiap 1 menit. Langkah- Langkah yang dilakukan antara lain :

1. Menghidupkan *Power Quality Analyzer* sebagai alat ukur yang digunakan.
2. Menghubungkan *clamp jumper* buaya pada tegangan R serta G pada *grounding* pada *test bed* pompa. Kemudian dikoneksikan pada alat ukur *Power Quality Analyzer*.
3. Menentukan jenis sambungan yang digunakan pada motor 1 *phase*. Yaitu 1PH2W LN, waktu dan tanggal pengukuran.
4. Sambungkan *converter* usb ke laptop untuk menampilkan data, *recording* atau merekam dan simpan hasil pengukuran. Instalasi *software powerview* sebagai *interface power quality analyzer*.
5. Melakukan pengecekan apakah data sudah terbaca dengan baik oleh alat ukur, jika belum, ulangi Langkah 1 sampai 4.

4.2.2 Proses pengambilan data



Gambar 4. 2 Proses Pengambilan data

Sumber: dokumen pribadi

1. Apabila semua telah sesuai dengan standar lakukan pengamatan dan pencatatan data yang dibutuhkan dalam perhitungannya.
2. Lakukan pengambilan data setiap 5 menit sekali dengan variasi pengambilan data di inlet dan outlet pompa untuk hubungan tunggal dengan tolak ukur Q_{out} (l/min) hubungan tunggal 34 l/min , 27 l/min, 20 l/min, 14 l/min, 8 l/min.
3. Data-data yang diambil seperti tekanan sisi isap, tekanan sisi buang, laju aliran, tegangan listrik, arus listrik, dan *Power quality analyzer*.

4.3 Hasil Pengambilan data

Hasil Pengambilan Data Hubungan Tunggal Pompa

Data yang diperoleh dari pengukuran alat hubungan tunggal pompa , pada interval waktu 5 menit dengan Q_{out} (l/min) : 34 l/min , 27 l/min, 20 l/min, 14 l/min, 8 l/min selama 5 kali adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Pengujian di outlet pompa.

Besaran	Satuan	Laju Aliran (Q), Buka Katup																								
		34 l/min					27 l/min					20 l/min					14 l/min					8 l/min				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Tekanan Sisi Isap, (Ps)	inHg	-6	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-6	-6	-5	-5	-5	-5	-5	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2
Tekanan Sisi Buang, (Pd)	Psi	3	3	3	3	3	14	14	15	14	13	27	27	28	27	26	36	36	37	37	36	46	47	46	46	46
Laju Aliran Fluida, (Q)	Lt/min	34	34	34	34	34	27	27	27	27	27	20	20	20	20	20	14	14	14	14	14	8	8	8	8	8
Tegangan Listrik, (V)	Volt	216	216	218	216	218	218	218	217	219	218	219	220	219	220	219	219	220	219	219	219	220	220	220	219	220
Arus Listrik, (i)	Amp	1	1	0.8	1	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1.5	1	1	1.6	1.6	1.8	1.8	1.8	2.1	2.1	2	2	2
Tegangan Listrik PQA, (V)	Volt	220.71	220.33	220.15	220.24	220.86	220.35	220.71	220.25	221.15	221.58	221.27	221.59	221.46	221.51	221.61	221.31	221.39	221.25	221.18	221.12	221.41	221.84	222.2	222.12	222.28
Arus Listrik PQA, (i)	Amp	1.39	1.39	1.38	1.39	1.40	1.47	1.47	1.46	1.49	1.48	1.69	1.69	1.69	1.69	1.68	1.87	1.87	1.88	1.88	1.88	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10

Tabel 4. 2 Hasil Pengamatan Pengujian di inlet pompa

	Besaran	Satuan	Laju Aliran (Q), Bukan Katup																								
			34 l/min					27 l/min					20 l/min					14 l/min					8 l/min				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Tekanan Sisi Isap, (Ps)	cmHg	-6	-6	-6	-6	-6	-19	-19	-19	-19	-19	-22	-22	-21	-22	-22	-23	-23	-23	-23	-23	-25	-25	-25	-25	-25
2	Tekanan Sisi Buang, (Pd)	Psi	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Laju Aliran Fluida	Lt/min	34	34	34	34	34	27	27	27	27	27	20	20	20	20	20	14	14	14	14	14	8	8	8	8	8
4	Tegangan Listrik, (V)	Volt	215	216	216	218	218	219	217	215	215	215	219	218	218	216	216	220	216	215	215	216	217	216	216	216	219
5	Arus Listrik, (i)	Amp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Tegangan Listrik PQA, (V)	Volt	220.71	220.33	220.15	220.24	220.86	219.40	219.52	219.57	219.37	219.54	219.90	220.06	220.79	220.81	220.57	218.06	217.94	218.18	217.71	217.71	220.49	220.70	220.96	220.86	221.26
7	Arus Listrik PQA, (i)	Amp	1.39	1.39	1.38	1.39	1.40	1.39	1.39	1.40	1.40	1.40	1.40	1.39	1.41	1.41	1.41	1.35	1.35	1.36	1.35	1.35	1.40	1.40	1.40	1.40	1.41

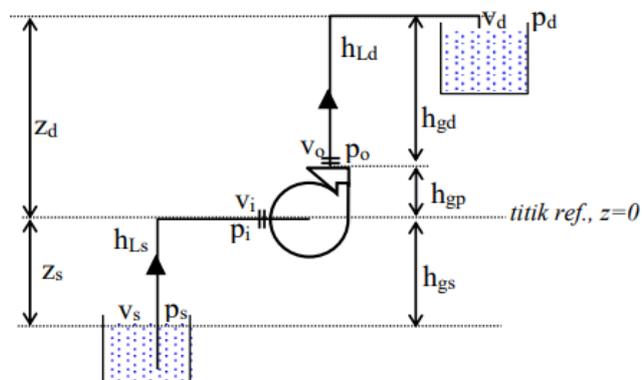
4.4 Pengolahan Data

Regulasi pengambilan data pada kinerja pompa adalah dengan cara mengaplikasikan indicator alat ukur seperti flowmeter, manometer, amperemeter, voltmeter serta *power quality analyzer* untuk mempermudah pengamatan selama pengujian berlangsung.

Tabel 4. 3 Hasil Rata-rata data pengujian di outlet yang telah diolah :

No	Besaran	Satuan	Laju aliran (Q)				
			34 l/min	27 l/min	20 l/min	14 l/min	8 l/min
1	Tekanan Sisi Isap, (Ps)	inHg	-6	-5.4	-5	-3	-2
2	Tekanan Sisi Buang, (Pd)	Psi	3	14	27	36.4	46.2
3	Laju Aliran Fluida (Q)	Lt/min	34	27	20	14	8
4	Tegangan Listrik, (V)	Volt	216.8	218	219.4	219.2	219.8
5	Arus Listrik, (i)	Amp	0.92	1	1.1	1.72	2.04
6	Tegangan Listrik PQA, (V)	Volt	220.457	220.805	221.489	221.25	221.968
7	Arus Listrik PQA	Amp	1.39	1.47	1.69	1.88	2.10

4.4.1 Head pompa



Gambar 4. 3 Head Pompa

$$H_p = Z_d - Z_s + \left(\frac{P_d - P_s}{\gamma} \right) + \left(\frac{V_d^2 - V_s^2}{2g} \right) + H_L \dots \dots \dots^{12}$$

Dimana,

H_p : Head pompa (m)

Z_d : Tinggi pipa buang/discharge (m)

Z_s : Tinggi permukaan fluida pada pipa isap/suction (m)

P_d : Tekanan fluida pada sisi buang/discharge (N/m²)

P_s : Tekanan fluida pada sisi isap/suction (N/m²)

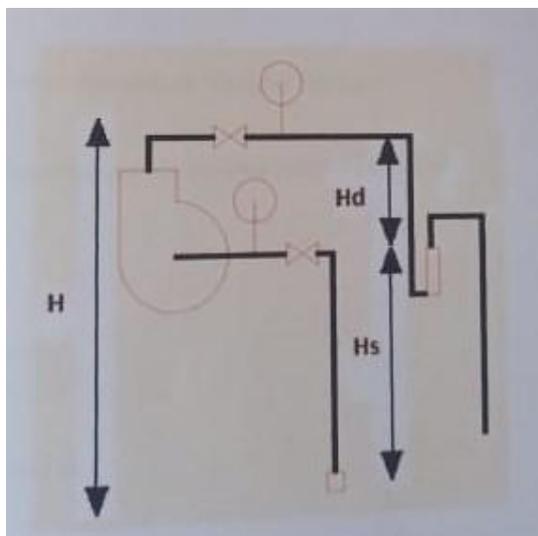
γ : Berat jenis fluida, $\rho \cdot g$ (N/m³)

v_d : Kecepatan aliran pada sisi buang (m/s)

v_s : Kecepatan fluida pada sisi isap (m/s)

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

H_L : Berbagai kerugian (Head Loss)



Gambar 4. 4 Rangkaian sitem instalasi

¹² Suarda, M. (2017). Pedoman Praktikum Prestasi Mesin Bagian : Pompa (pp. 1–43). Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana. Hal.12

Besarnya head pompa, yaitu head yang harus disediakan untuk mengalirkan zat cair melalui sistem pipa. Head pompa adalah perbedaan head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi tekan dengan head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi isap.

- H_d adalah head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi tekan pompa.
- H_s adalah head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi isap pompa.
- H adalah head pompa, dihitung dari perbedaan head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi tekan dengan head tekanan yang bekerja pada permukaan zat cair pada sisi isap ($H = H_d - H_s$)

Besarnya head pompa dapat dihitung dengan rumus:

$$H_s = \frac{P_s}{\gamma}$$

Dimana:

H_s = Head tekan pada sisi isap

P_s = Tekanan pada sisi isap

γ = Berat jenis fluida, $\rho \cdot g$ (N/m^3)

$$H_s = \frac{P_s}{\gamma} = \frac{-2 \text{ inHg}}{\rho \cdot g} = \frac{-6.77277 \text{ kN/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_s = \frac{-6.77277 \text{ kN/m}^2}{9,81 \text{ kN/m}^3}$$

$$H_s = -0.69039 \text{ m}$$

$$H_d = \frac{Pd}{\gamma}$$

Dimana:

H_s = Head tekan pada sisi tekan

P_s = Tekanan pada sisi tekan

γ = Berat jenis fluida, $\rho \cdot g$ (N/m^3)

$$H_d = \frac{Pd}{\gamma} = \frac{46.2 \text{ Psi}}{\rho \cdot g} = \frac{318.53778 \text{ kN/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_d = \frac{318.53778 \text{ kN/m}^2}{9,81 \text{ kN/m}^3}$$

$$H_d = 32.47072 \text{ m}$$

$$H = H_d - H_s$$

$$H = 32.47072 - (-0.69039)$$

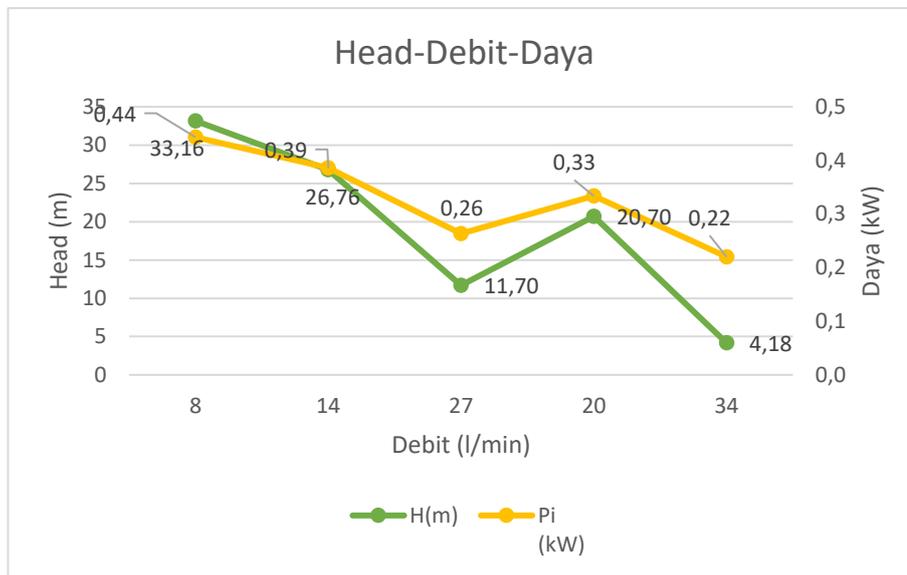
$$H = 33.16111 \text{ m}$$

Hasil pengambilan data dan perhitungan pompa dapat dilihat pada tabel:

Tabel 4. 4 data kapaitas, tekanan isap, tekanan keluar, head isap, head keluar dan head pengaruh bukaan katup di outlet pompa hubungan tunggal :

No	Q (l/min)	Pi (kW)	Ps (inHg)	Pd (Psi)	Ps kN/m ²	Pd kN/m ²	Hs(m)	Hd(m)	H(m)
1	8	0.44	-2	46.2	-6.77	318.54	-0.69	32.47	33.16
2	14	0.39	-3	36.6	-10.16	252.35	-1.04	25.72	26.76
3	27	0.26	-5.4	14	-18.28	96.53	-1.86	9.84	11.70
4	20	0.33	-5	27	-16.93	186.16	-1.73	18.98	20.70
5	34	0.22	-6	3	-20.32	20.68	-2.07	2.11	4.18

Dari data tabel diatas dapat diperoleh grafik hubungan antara daya motor pompa dengan laju aliran pompa adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik hubungan Head pompa (H), Debit (Q) dan Daya motor (Pi) karena pengaruh pengaturan di katup outlet pompa

Pembahasan:

Dari grafik dapat disimpulkan hubungan head pompa, debit dengan daya motor yang bekerja mempunyai hubungan bila head semakin tinggi maka daya yang bekerja akan semakin besar dan laju aliran fluida semakin kecil. Hal ini terjadi karena kerja pompa menjadi berat sehingga membutuhkan arus listrik yang lebih besar pula. Head pompa tertinggi adalah 33,16 m pada laju aliran pompa 8 l/min dengan daya sebesar 0,44 kW dan head pompa terendah 4,18 m pada laju aliran pompa 34 l/min dengan daya sebesar 0,22 kW.

4.4.2 Daya motor pengaruh pengaturan di outlet pompa hubungan tunggal

Daya motor pompa adalah daya yang diberikan motor listrik ke pompa, yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_i = V \cdot I \cdot \cos\theta$$

Dimana:

P_i : Daya Motor (kW)

V : Tegangan Listrik (Volt)

I : Arus Listrik (Ampere)

$\cos\theta$: Faktor Daya

Sebagai contoh perhitungan daya motor pompa diambil data awal:

$$P_i = V \cdot I \cdot \cos\theta$$

$$P_{i_2} = 220 \text{ volt} \times 2\text{A} \times 0,8$$

$$P_{i_2} = 352 \text{ Watt}$$

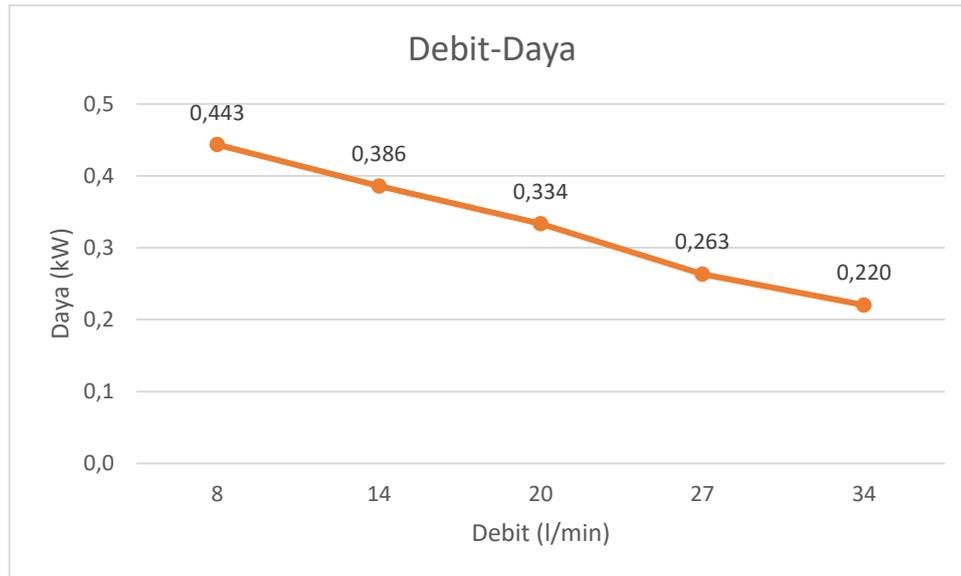
$$P_{i_2} = 0,352 \text{ kW}$$

Hasil pengambilan data dan perhitungan daya motor pompa dapat dilihat pada tabel:

Tabel 4. 5 Data kapasitas, arus, tegangan listrik, dan daya motor pengaruh pengaturan di outlet pompa hubungan tunggal :

No	Q (l/min)	A (Ampere)	V (Volt)	A PQA (Ampere)	V PQA (Volt)	Pi (kW)	P PQA (kW)
1	8	2.04	219.8	2.10	221.97	0.426	0.443
2	14	1.72	219.2	1.88	221.25	0.351	0.386
3	20	1.1	219.4	1.69	221.49	0.196	0.334
4	27	1	218	1.47	220.80	0.177	0.263
5	34	0.92	216.8	1.39	220.46	0.144	0.220

Dari data tabel diatas dapat diperoleh grafik hubungan antara daya motor pompa dengan laju aliran pompa adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Grafik hubungan laju aliran (Q) dengan Daya pompa (P_i) karena pengaruh pengaturan katup di outlet pompa

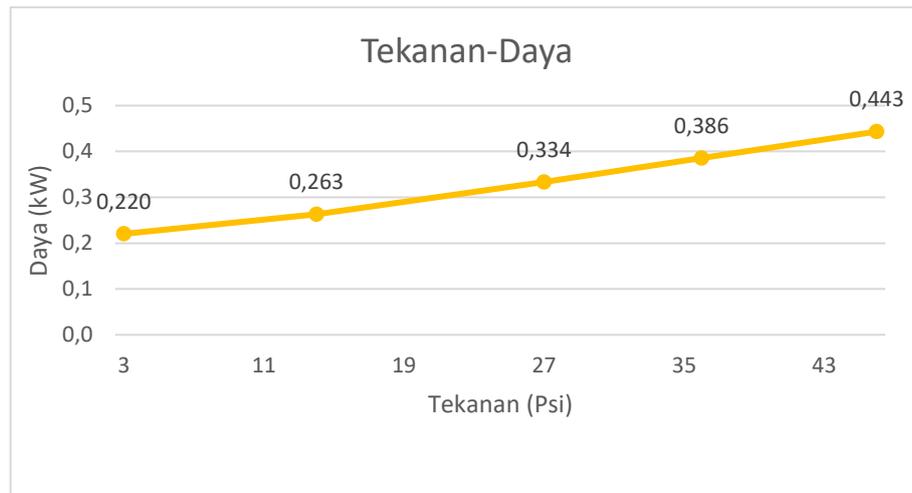
Pembahasan:

Dari perhitungan dan Analisa data dapat diketahui bahwa laju aliran fluida dapat mempengaruhi peningkatan head pompa. Semakin meningkatnya laju aliran fluida, head pompanya juga semakin turun sehingga daya yang bekerja semakin turun. Hal ini terjadi karena head yang semakin kecil sehingga kerja pompa menjadi lebih ringan dan memerlukan arus yang lebih kecil.

Tabel 4. 6 Data kapasitas, laju aliran fluida, tekanan dan daya motor pengaruh pengaturan di outlet pompa hubungan tunggal :

No	Q (l/min)	Pd (Psi)	P PQA (kW)
1	8	46.2	0.443
2	14	36.6	0.386
3	20	27	0.334
4	27	14	0.263
5	34	3	0.220

Dari data tabel diatas dapat diperoleh grafik hubungan antara tekanan pompa dengan daya motor pompa adalah sebagai berikut:

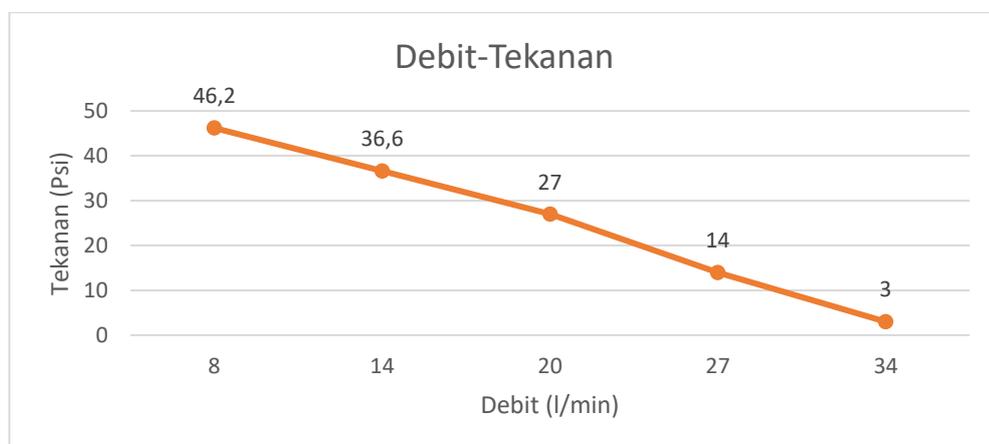


Gambar 4. 7 Grafik hubungan tekanan (Psi) dengan Daya pompa (kW) karena pengaruh pengaturan katup dioutlet pompa

Pembahasan :

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan karena pengaruh pengaturan bukaan katup di outlet pompa, maka daya yang digunakan pompa juga semakin besar. Hal ini terjadi karena tekanan meningkat menyebabkan kerja pompa semakin berat sehingga membutuhkan arus listrik yang besar pula.

Dari data tabel diatas dapat diperoleh grafik hubungan antara tekanan pompa dengan debit pompa adalah sebagai berikut:

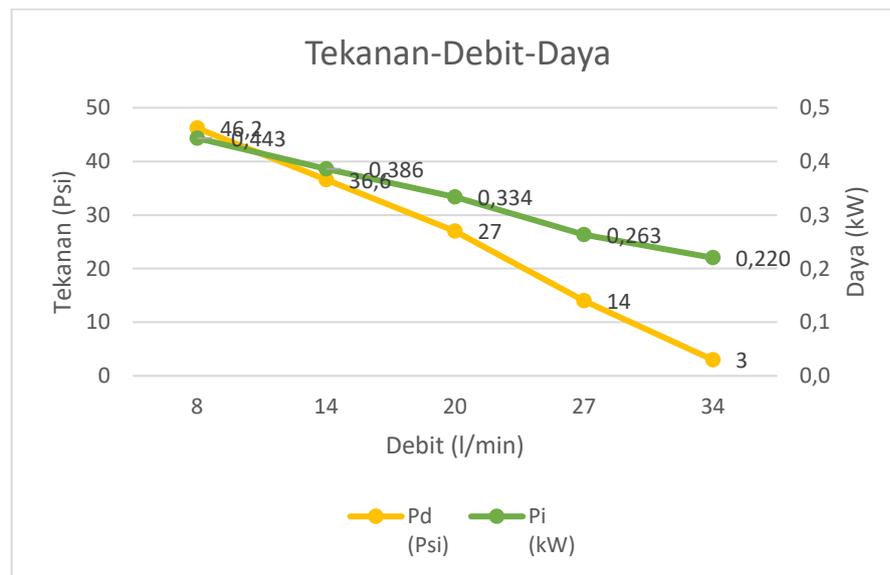


Gambar 4. 8 Grafik hubungan tekanan (Psi) dengan debit pompa (l/min) karena pengaruh pengaturan katup dioutlet pompa

Pembahasan :

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan pompa karena pengaruh pengaturan katup di outlet pompa, maka laju aliran fluida (debit) mengalami penurunan. Tekanan terendah pompa pada grafik 3 Psi, laju alirannya sebesar 34 l/min. sedangkan pada tekanan 46,2 Psi, laju aliran fluidanya 8 l/min. Hal ini terjadi karena luas penampang pada katup semakin kecil sehingga laju aliran fluida mengalami penurunan.

Dari data tabel diatas dapat diperoleh grafik hubungan antara tekanan,debit dan daya pompa adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 9 Grafik hubungan tekanan, debit dan daya pompa karena pengaruh pengaturan katup dioutlet pompa

Pembahasan :

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tekanan yang disebabkan oleh pengaturan debit melalui katup outlet pompa menyebabkan laju aliran fluida (debit) semakin menurun dan daya yang bekerja pada motor pompa semakin besar.

4.4.3 Daya motor pengaruh pengaturan di inlet pompa hubungan tunggal

Tabel 4. 7 Hasil Rata-rata data pengujian di inlet yang telah diolah :

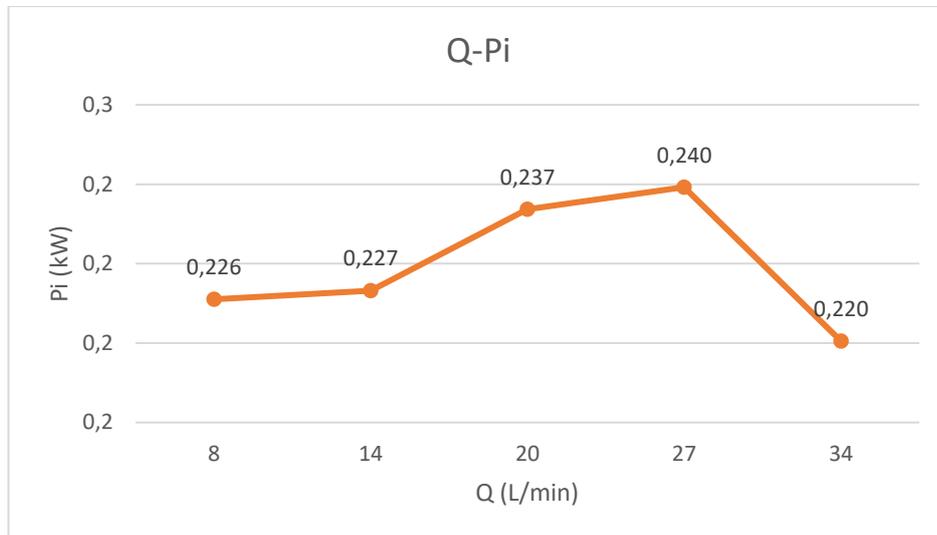
No	Besaran	Satuan	Laju aliran (Q)				
			34 l/min	27 l/min	20 l/min	14 l/min	8 l/min
1	Tekanan Sisi Isap, (Ps)	inHg	-6	-19	-21.8	-23	-25
2	Tekanan Sisi Buang, (Pd)	Psi	3	0	0	0	0
3	Laju Aliran Fluida (Q)	Lt/min	34	27	20	14	8
4	Tegangan Listrik, (V)	Volt	216.6	216.2	217.4	216.4	216.8
5	Arus Listrik, (i)	Amp	1	1	1	1	1
6	Tegangan Listrik PQA, (V)	Volt	220.46	219.48	220.43	217.92	220.85
7	Arus Listrik PQA, (i)	Amp	1.387	1.397	1.405	1.352	1.4

Hasil pengambilan data dan perhitungan daya motor pompa dapat dilihat pada tabel:

Tabel 4. 8 Data kapasitas, arus, tegangan listrik, dan daya motor pengaruh pengaturan di inlet pompa hubungan tunggal :

No	Q (l/min)	A (Ampere)	V (Volt)	Pi (kW)	A PQA (Ampere)	V PQA (Volt)	Pi PQA (kW)
1	8	1	216.8	0.152	1.400	220.855	0.226
2	14	1	216.4	0.151	1.352	217.918	0.227
3	20	1	217.4	0.152	1.405	220.425	0.237
4	27	1	216.2	0.151	1.397	219.479	0.240
5	34	1	216.6	0.152	1.387	220.457	0.220

Dari data tabel diatas dapat diperoleh grafik hubungan antara daya motor pompa dengan laju aliran pompa adalah sebagai berikut:

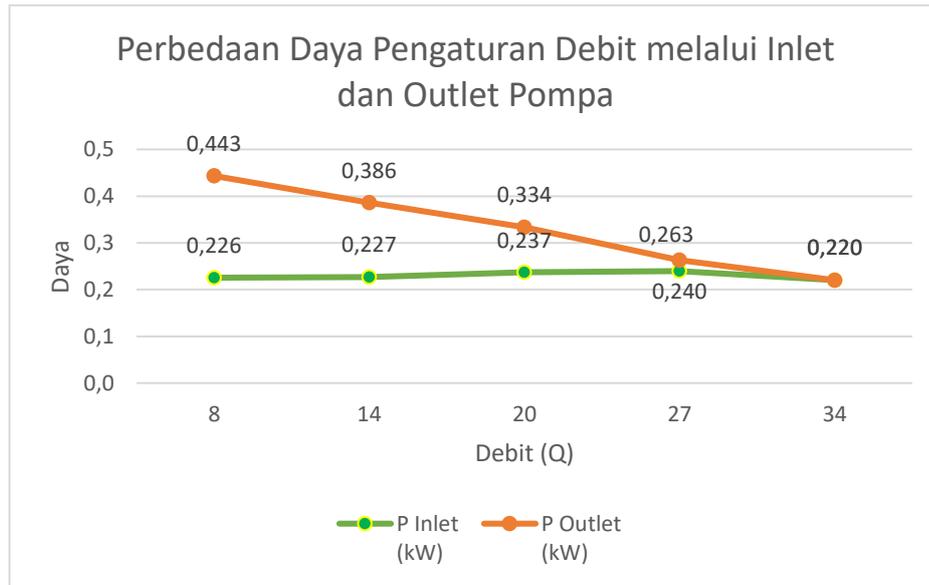


Gambar 4. 10 Grafik hubungan laju aliran (Q) dengan Daya pompa (Pi) karena pengaruh pengaturan katup di inlet pompa

Pembahasan :

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa daya yang bekerja karena pengaruh pengaturan dikatup inlet saat laju aliran fluida sebesar 27 l/min, daya yang bekerja pada pompa sebesar 0,239 kW kemudian saat berada di 14 l/min sebesar 0.227 kW. Ini membuktikan bahwa pada saat pengaturan di inlet pompa maka semakin besar laju aliran fluida maka semakin besar pula daya yang bekerja pada motor pompa.

Dari data tabel antara pengujian di outlet dan inlet pompa dapat diperoleh grafik hubungan antara debit dengan daya pompa adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 11 Grafik perbedaan daya pengaturan debit melalui inlet dan outlet pompa

Pembahasan :

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa, sebenarnya pengaruh daya pompa tergantung pada pengaturan inlet atau outlet pompa itu sendiri, Dari perhitungan dan Analisa data dapat diketahui bahwa laju aliran fluida dapat mempengaruhi peningkatan daya motor pompa. Semakin meningkatnya laju aliran fluida maka daya yang bekerja semakin turun. Hal ini terjadi karena dikeluarkan aliran tekanan menjadi naik sehingga kerja pompa menjadi berat dan memerlukan arus yang lebih besar. Sebaliknya jika pengaturan debit dilakukan di input pompa maka semakin besar laju aliran fluida daya pompanya juga semakin besar tetapi daya yang digunakan lebih konstan karena beban yang digunakan pompa relatif ringan dari pada di outlet pompa.

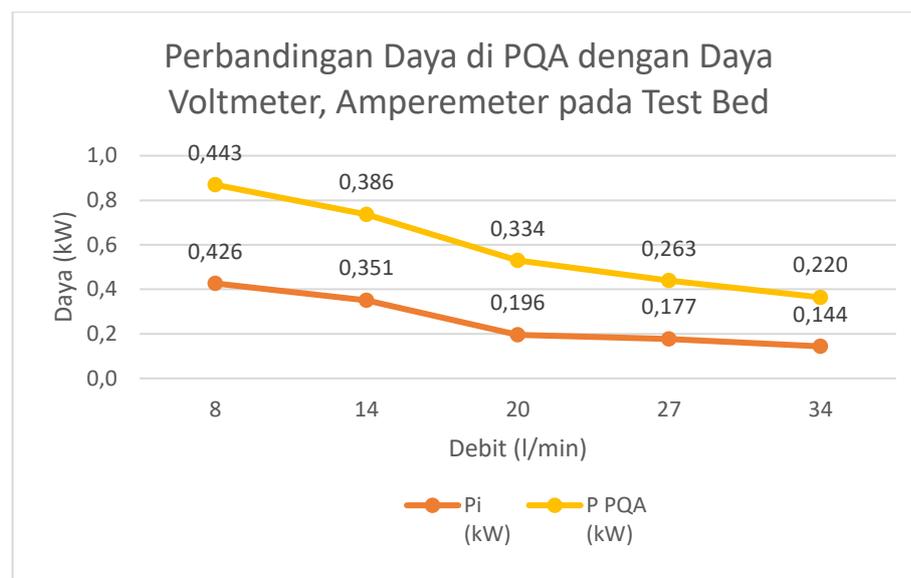
4.4.4 Perbandingan perhitungan daya Teoritis dengan PQA

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

Tabel 4. 9 data kapasitas arus, tegangan listrik, dan daya motor pada pompa melalui alat ukur manual dan Power Quality analyzer :

No	Q (l/min)	A (Ampere)	V (Volt)	A PQA (Ampere)	V PQA (Volt)	Pi (kW)	P PQA (kW)
1	8	2.04	219.8	2.10	221.97	0.426	0.443
2	14	1.72	219.2	1.88	221.25	0.351	0.386
3	20	1.1	219.4	1.69	221.49	0.196	0.334
4	27	1	218	1.47	220.80	0.177	0.263
5	34	0.92	216.8	1.39	220.46	0.144	0.220

Dari data tabel diatas dapat diperoleh grafik perbandingan besarnya daya listrik jika di ukur dengan *power quality analyzer* dan voltmeter, amperemeter adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan perhitungan daya manual dengan daya Power Quality Analyzer

Pembahasan:

Dari perhitungan dan analisis data dapat diketahui bahwa daya motor yang terdapat perbedaan antara daya dengan perhitungan power quality analyzer dan dengan pengukuran manual lewat ampere meter, volt meter. Hal ini disebabkan karena pengukuran dengan Power Quality Analyzer lebih spesifik karena

langsung merekam dan dicatat secara otomatis kedalam software yang terintegrasi Power Quality Analyzer sehingga data tersebut lebih akurat. Sedangkan pada pengamatan manual terjadi karena praktikan kurang teliti dalam membaca nilai arus pada amperemeter dan voltmeter. Pembacaan yang kurang teliti dikarenakan skala arus yang ditunjukkan pada amperemeter sangat kecil sehingga praktikan sulit membacanya secara akurat dan spesifik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan dan Analisa data pompa sentrifugal tipe IDB-35 dapat disimpulkan :

1. Dari pengujian pengaruh debit di inlet dan outlet pompa terhadap daya listrik pompa dapat disimpulkan bahwa sebenarnya pengaturan di inlet pompa lebih menguntungkan karena daya yang dikonsumsi pompa lebih kecil. Hal ini terjadi karena tidak ada halangan atau beban yang menghalangi laju aliran pompanya.
2. *Power Quality Analyzer* merupakan peralatan ukur yang digunakan untuk mengetahui kualitas daya listrik, frekuensi, tegangan, arus, frekuensi , faktor daya listrik secara spesifik dan dapat ditampilkan pada computer melalui *software* yang terintegrasi dengan *Power Quality Analyzer* yang menampilkan data secara detail.
3. Dapat diketahui bahwa perbedaan daya motor antara daya dari perhitungan *power quality analyzer* dan dengan pengukuran manual lewat amperemeter, voltmeter yang terpasang pada test bed terjadi perbedaan. Hal ini disebabkan karena pengukuran dengan *Power Quality Analyzer* lebih spesifik karena langsung merekam dan dicatat secara otomatis kedalam *software* yang terintegrasi *Power Quality Analyzer* sehingga data tersebut lebih akurat. Sedangkan pada pengamatan manual terjadi karena praktikan kurang teliti dalam membaca nilai arus pada amperemeter dan voltmeter. Pembacaan yang kurang teliti dikarenakan skala arus yang

ditunjukkan pada amperemeter sangat kecil sehingga praktikan sulit membacanya secara akurat dan spesifik.

5.2 Saran

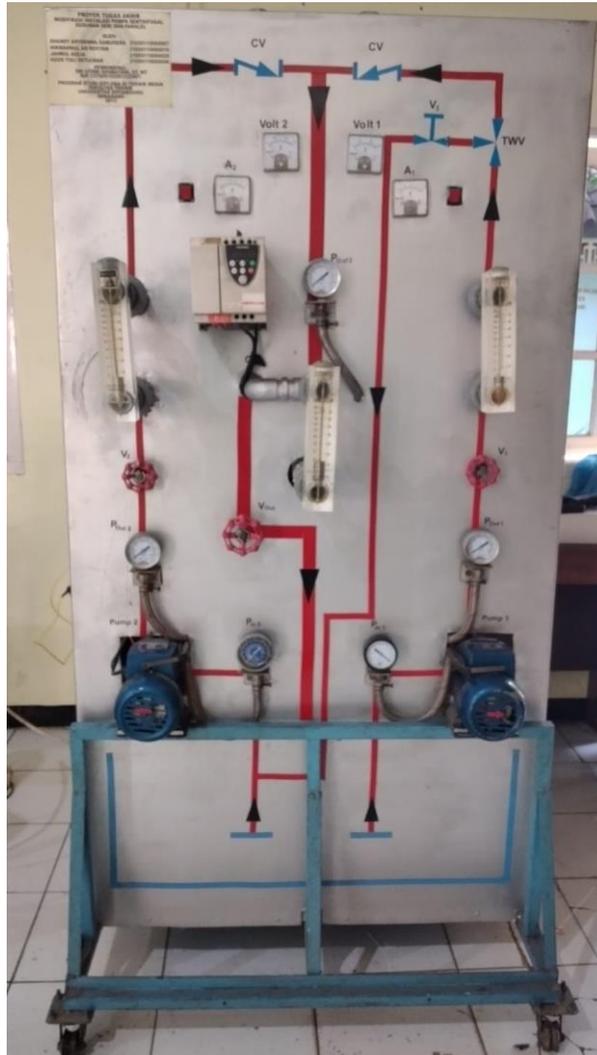
Ada beberapa saran dari penulis yang berguna untuk meningkatkan kualitas, yang belum dapat dilakukan oleh penulis:

1. Pengujian pada alat ini harus sesuai dengan prosedur pengujian alat yang benar
2. Pengambilan data dari pengujian alat uji harus dengan pengamatan yang seteliti mungkin.
3. Menggunakan alat ukur yang sesuai dengan karakteristik pompa sehingga dapat menghindari pembacaan data yang tidak terjangkau oleh alat ukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, S.U., 2010, *Bahan Ajar Pompa dan Kompresor*, Undip, Semarang.
- Nazaruddin., 2015, *Analisa Kapasitas Aliran dan Tekanan Pompa Sentrifugal Rangkaian Seri dengan Sisi Isap Negatif*, e-Jurnal Sainstek , Volume 3 Nomor 2 Desember 2015,hal 4.
- Royyan, H.A., 2013, *Perbandingan karakteristik pompa sentrifugal tipe IDB-35 dengan pengaturan kapasitas metode throttling dan variasi putaran*, Tugas Akhir, PSD III Teknik Mesin, Universitas Diponegoro
- Tahara, H., Sularso, 2000, *Pompa dan Kompresor*. Edisi Ketujuh, hal. 26- 53, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

DAFTAR LAMPIRAN



Lampiran. 1 Test Bed Pompa