

**PERANCANGAN DAN PENGUJIAN ALAT UJI POMPA SERI
DAN PARALEL**

(Skripsi)

**Oleh
M. FAISAL YAMIN**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

DESIGN AND TESTING OF SERIES AND PARALLEL PUMP TESTING EQUIPMENT

By
M. Faisal Yamin

One that supports the learning process in lectures is the completeness of facilities and infrastructure. Implementation of the learning process in the Department of Mechanical Engineering, University of Lampung is currently supported by ten laboratories, one of which is the Fluid Mechanics Laboratory. However, testing tools that exist to implementation Practical of Fluid Machinery as one of the subjects for D3 students and Practical of Achievement machinery as one of the subjects for S1 students Mechanical Engineering, University of Lampung, is still lacking. It is caused the limited funds owned by the University to provide practical tools in the laboratory.

This research was conducted to design and analyze the results of tests on models of test equipment pump series and parallel. In conducting this test equipment design, where the Students can apply the basic theory that has been studied in the course of Fluid Mechanics. Test equipment of the pumps series and parallel are designed using a mercury manometer to measure the difference in pressure on each pump and use a float area variable flowmeter to determine the flow rate of the fluid flowing in the operation of pumps in a single, serial and parallel.

The results of testing the pumps that operate on this test shows a graph of the flow rate and head of single, series and parallel pump approach operation chart of series and parallel pumps with the same characteristic in theory, but there is little deviation between the results of testing with the theory, which for the result of the head in the operation of pumps in the series not to achieve double the head of single pump. Nevertheless, test equipment of series and parallel pumps can be used to support achievement machinery practical and fluid machinery practical activities in the Department of Mechanical Engineering University of Lampung.

Keywords: Design, Series and Parallel Pump, Flow rate, Head, Practicum

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN PENGUJIAN ALAT UJI POMPA SERI DAN PARALEL

Oleh
M. Faisal Yamin

Salah satu yang mendukung proses pembelajaran pada perkuliahan adalah kelengkapan sarana dan prasarana. Pelaksanaan proses pembelajaran di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung saat ini didukung oleh sepuluh laboratorium, salah satunya adalah laboratorium Mekanika Fluida. Namun alat pengujian yang ada untuk melaksanakan Praktikum Mesin - Mesin Fluida sebagai salah satu mata kuliah untuk mahasiswa D3 dan Praktikum Prestasi Mesin sebagai salah satu mata kuliah untuk mahasiswa S1 Teknik Mesin Universitas Lampung, masih kurang. Hal ini diakibatkan keterbatasan dana yang dimiliki oleh Universitas untuk menyediakan alat-alat praktikum di laboratorium tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk merancang bangun dan menganalisis hasil pengujian pada model alat uji pompa seri dan paralel. Dalam melakukan perancangan alat uji ini, dimana nantinya mahasiswa dapat menerapkan teori-teori dasar yang telah dipelajari pada mata kuliah Mekanika Fluida. Alat uji pompa seri dan paralel yang dirancang menggunakan manometer air raksa untuk mengukur perbedaan tekanan pada masing-masing pompa dan menggunakan *flowmeter* tipe *float area variable* untuk mengetahui laju aliran fluida yang mengalir pada pengoperasian pompa secara tunggal, seri dan paralel.

Hasil pengujian pompa yang beroperasi pada alat uji ini menunjukkan grafik hubungan antara debit dan head pompa tunggal, seri dan paralel mendekati grafik operasi pompa seri dan paralel dengan karakteristik yang sama secara teori, tetapi terdapat sedikit penyimpangan antara hasil pengujian dengan teori, dimana untuk head yang dihasilkan pada pengoperasian pompa seri tidak sampai dua kali lipat head pompa tunggal. Namun demikian, alat uji ini dapat digunakan untuk mendukung kegiatan praktikum Prestasi Mesin dan praktikum Mesin-mesin Fluida di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Kata kunci : Perancangan, Pompa seri dan paralel, Debit, Head, Praktikum

**PERANCANGAN DAN PENGUJIAN ALAT UJI POMPA SERI
DAN PARALEL**

**Oleh
M. FAISAL YAMIN**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

**Pada
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **PERANCANGAN DAN PENGUJIAN
ALAT UJI POMPA SERI DAN PARALEL**

Nama Mahasiswa : **M. Faisal Yamin**


Nomor Pokok Mahasiswa : 1115021047

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

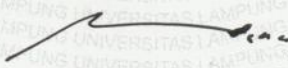
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Jorjri Bolke Sinaga, S.T., M.T.
NIP 19710127 199803 1 004


M. Dyan Susila E.S, S.T., M.Eng.
NIP 19801001 200812 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T.

Anggota : M. Dyan Susila E.S, S.T., M.Eng.

Penguji Utama : Agus Sugiri, S.T., M.Eng.

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Drs. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP.19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Februari 2016

PERNYATAAN PENULIS

Tugas Akhir ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam Pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor No. 3787/UN26/DT/2013.

Yang Membuat Pernyataan



M. Faisal Yamin
NPM.1115021047

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 31 Juli 1994, Sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, dari Bapak Mohammad Yamin Irianto dan Ibu Dra. Sukmana.

Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan di SDN Menteng 1 Bogor, Jawa Barat pada tahun 2005, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 8 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2008, Sekolah Menengah Atas di SMAN 14 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2011. Tahun 2011 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Fenomena Dasar Mesin, asisten praktikum Mesin-Mesin Fluida, dan asisten praktikum Prestasi Mesin. Selain itu penulis juga aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) UNILA, sebagai Sekretaris Bidang Organisasi dan Kepemimpinan periode 2012/2013, sebagai Ketua Bidang Hubungan Masyarakat periode 2013/2014, sebagai Dewan Pembina (HIMATEM) UNILA periode 2014/2015. Penulis juga aktif di Organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM-FT), sebagai anggota Dinas Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) periode 2012/2013, dan sebagai Ketua Dinas Sosial Politik (SOSPOL) periode 2014/2015.

Penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang, Bandung, pada bulan Agustus sampai September 2014, dengan judul “ Analisis Kinerja dan *Condition Monitoring Auxiliary Cooling Water Pump* “.

Penulis mengambil konsentrasi Tugas Akhir pada bidang Konversi Energi. Pada bulan Mei 2015 penulis mulai melakukan penelitian dengan judul Perancangan dan Pengujian Alat Uji Pompa Seri dan Paralel dengan bimbingan Bapak Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T. dan Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kepada Allah SWT atas nikmat dan kuasa-Nya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini aku persembahkan kepada orang-orang yang kusayangi.

Untuk Bapak dan Ibu atas segala pengorbanan, rasa sabar, doa, kasih sayang dan didikan yang telah kalian berikan kepada anakmu ini, sehingga aku dapat tumbuh menjadi manusia yang lebih dewasa.

Kepada kedua saudariku yang selalu memberi semangat dan dukungan, serta kepada seluruh keluarga besarku.

Tidak lupa juga kepada seluruh rekan-rekan dan sahabat, khususnya kepada rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2011 UNILA atas kebersamaan, canda, tawa, duka, yang selama ini kita rasakan bersama.

Dan kepada seorang wanita yang selalu setia mendampingi, penyemangatku dalam menyelesaikan skripsi ini.

Aku menyayangi kalian

**“ Bertaqwalah kepada Allah maka Allah akan mengajarimu.
Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui segala sesuatu ”.
(Q.S. Al-Baqarah : 282)**

**“ Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di
jalan Allah SWT ”.
(HR.Turmudzi)**

**“Waktu itu bagaikan pedang, jika kamu tidak memanfaatkannya
untuk memotong, ia akan memotongmu (menggilasmu)”.
(HR.Muslim)**

**“Bermimpilah, Karena Tuhan akan memeluk mimpi-mimpi itu”.
(Arai)**

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis penjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan izin-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “ Perancangan dan Pengujian Alat Uji Pompa Seri dan Paralel” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak M. Yamin Irianto dan Ibu Dra. Sukmana sebagai kedua orang-tuaku.
2. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T., selaku Pembimbing Utama atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing Kedua atas kesediaan memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.

6. Bapak Agus Sugiri, S.T., M.Eng., selaku Penguji Utama skripsi saya, yang turut membantu, mengarahkan dan membimbing sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
7. Bapak Achmad Yahya TP, S.T., M.T., sebagai Pembimbing Akademik, terima kasih atas nasihat dan ilmu yang telah diberikan.
8. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis dan staff administrasi jurusan Teknik Mesin yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan studi di jurusan Teknik Mesin.
9. Bapak Sugiman selaku Asisten Laboratorium Mekanika Fluida yang membantu menyelesaikan skripsi ini, dan Mas Martha sebagai admin Jurusan yang telah banyak membantu.
10. Yuda dan Pitra selaku partner seperjuangan skripsi. Terimakasih atas kebersamaan , susah dan senang kita lewati bersama pada saat mengerjakan skripsi ini
11. Kedua saudariku Kak Renny dan Kak Feby, dan kepada seluruh keluarga besarku, terimakasih atas semangat dan dukungan yang selalu diberikan.
12. Dimas, Panji, Panly, Dedek, Printo, Ali, Jati, Husen, Tri, Padang, Joko, Yudi, Syarif, Anam, Eko, Fadly, Riski, Inyong, Embe, Enggruk, Benny, empat cemes dan seluruh kawan – kawan angkatan 2011 Teknik Mesin yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih banyak atas kebersamaan kita selama ini di jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, sukses menyertai kita !.

13. Kepada Nur Fitri Wulandari, yang telah setia menemani dan selalu memberikan semangat dalam menempuh studi di Teknik Mesin.
14. Seluruh rekan-rekan dan keluarga besar mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Rekan – Rekan BEM-FT, Kompresor FC dan seluruh rekan rekan satu Teknik. Terima kasih atas kebersamaanya selama ini kawan.
15. Kawan-kawan KKN Desa Sendang agung Lampung Tengah 2015, Beni, Lutfi, Wiwin, Ade, Husna, dan yang lainnya, terimakasih banyak.
16. Semua Pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terima kasih atas semuanya.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamualaikum Warahmatullah Wabarakatuh.

Bandar Lampung, 2016

Penulis

M.Faisal Yamin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	2
C. Batasan Masalah	3
D. Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Definisi Fluida	5
B. Sifat Dasar Fluida	6
C. Aliran Fluida	10
D. Head	12
E. Teori Dasar Pompa	17
F. Dasar Perhitungan Pompa	21
G. Hukum Kesebangunan Pompa	23
H. Operasi Pompa Seri dan Paralel	24
I. Pengukuran Tekanan	25
J. Pengukuran Aliran	26

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	29
B. Perancangan dan Pembuatan Alat Uji Pompa Tunggal, Seri dan Paralel	29
C. Alat dan Bahan yang digunakan.....	30
D. Pengujian Rancangan Alat Uji Pompa Tunggal, Seri dan Paralel.....	35
E. Prosedur Pengambilan Data.....	35
F. Analisis Data.....	37
G. Diagram Alur Penelitian Tugas Akhir.....	38

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rancangan Alat Uji Pompa Tunggal, Seri dan Paralel.....	39
B. Hasil Pengujian Alat Uji Pompa Tunggal, Seri dan Paralel.....	43
C. Pembahasan Hasil Pengujian Alat Uji Pompa Tunggal, Seri dan Paralel	57

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan.....	61
B. Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Koefisien Kerugian Belokan Pipa.....	16
2. Contoh Tabel Pengambilan Data Hasil Pengujian pada Alat Uji Pompa Tunggal, Seri dan Paralel.....	37
3. Data Hasil Pengujian Pompa Tunggal.....	44
4. Data Hasil Pengujian Pompa Paralel.....	45
5. Data Hasil Pengujian Pompa Seri.....	46
6. Data Perbandingan Laju Aliran dengan Head pada Pompa Tunggal, Seri dan Paralel.....	47
7. Data Hasil Pengujian dan Perhitungan Daya Listrik, Daya Hidraulik Dan Efisiensi Pompa Tunggal.....	48
8. Data Hasil Pengujian dan Perhitungan Daya Listrik, Daya Hidraulik Dan Efisiensi Pompa Paralel.....	49
9. Data Hasil Pengujian dan Perhitungan Daya Listrik, Daya Hidraulik Dan Efisiensi Pompa Seri.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Instalasi pompa dan head total.....	13
2. Koefisien kerugian pada belokan.....	16
3. Bagian aliran fluida dalam pompa sentrifugal.....	21
4. Operasi seri dan paralel pompa karakteristik sama.....	24
5. Manometer tabung U.....	26
6. Tabung <i>Bourdon</i>	26
7. <i>Venturi Meter</i>	27
8. <i>Flow Nozzle</i>	28
9. <i>Float Variable Area Flowmeter</i>	28
10. Pompa Sentrifugal.....	30
11. Alat pengukur laju aliran volume.....	31
12. Manometer air raksa.....	31
13. <i>Dimmer</i>	32
14. <i>Clamp Meter</i>	32
15. <i>Tacho Meter</i>	32
16. Pipa PVC.....	33
17. Besi Hollo.....	33

18. Katup.....	34
19. Ember.....	34
20. Diagram Alur Penelitian Tugas Akhir.....	38
21. Sketsa Manometer Air Raksa.....	40
22. Skema Alat Uji Pompa Tunggal, Seri dan Paralel.....	41
23. Hasil Rancangan Alat Uji Pompa Tunggal, Seri dan Paralel.....	42
24. Grafik Hubungan antara Laju Aliran dengan Head Pompa Tunggal, Seri dan Paralel pada Putaran 2900 rpm.....	51
25. Grafik Hubungan antara Laju Aliran dengan Head Pompa Tunggal, Seri dan Paralel pada Putaran 2700 rpm.....	52
26. Grafik Hubungan antara Laju Aliran dengan Daya Hidarulik Pompa Tunggal, Seri dan Paralel pada Putaran 2900 rpm.....	53
27. Grafik Hubungan antara Laju Aliran dengan Daya Hidarulik Pompa Tunggal, Seri dan Paralel pada Putaran 2700 rpm.....	54
28. Grafik Hubungan antara Laju Aliran dengan Efisiensi Pompa Tunggal, Seri dan Paralel pada Putaran 2900 rpm.....	55
29. Grafik Hubungan antara Laju Aliran dengan Efisiensi Pompa Tunggal, Seri dan Paralel pada Putaran 2700 rpm.....	56

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu yang menentukan proses pembelajaran pada perkuliahan, khususnya di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung adalah kelengkapan sarana dan prasarana, dimana kedua hal tersebut adalah salah satu faktor untuk mendukung proses pembelajaran ataupun penelitian selama masa perkuliahan, salah satunya adalah kelengkapan peralatan laboratorium. Saat ini di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, terdapat sepuluh laboratorium yang mendukung terlaksananya kegiatan perkuliahan, salah satunya Laboratorium Mekanika Fluida.

Pada Laboratorium Mekanika Fluida di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, terdapat beberapa mesin fluida yang digunakan untuk praktikum ataupun pengujian untuk mengetahui prinsip kerja dari beberapa mesin-mesin fluida, seperti pompa sentrifugal, pompa hidram ataupun turbin air. Laboratorium ini selain digunakan sebagai kegiatan praktikum mahasiswa, juga dapat dipergunakan untuk sarana penelitian bagi mahasiswa ataupun dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Pada kegiatannya, dalam praktikum mekanika fluida yang dikhususkan untuk mempelajari prinsip kerja dari mesin-mesin fluida ini, kenyataannya belum cukup memadai. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah terbatasnya dana yang dianggarkan oleh pihak universitas untuk menyediakan peralatan praktikum di laboratorium. Oleh karena itu, salah satu cara untuk menyasainya adalah dengan membuat ataupun merancang suatu alat uji, yang nantinya akan digunakan oleh mahasiswa untuk kegiatan penelitian ataupun praktikum di Laboratorium Mekanika Fluida.

Pada Laboratorium Mekanika Fluida, terdapat alat uji pompa seri dan paralel, tetapi pada kenyataannya alat uji tersebut belum dapat digunakan untuk mendukung kegiatan praktikum ataupun penelitian. Oleh karena itu, penulis ingin melakukan perancangan ulang pada alat uji pompa seri dan paralel, sehingga nantinya dapat digunakan untuk mendukung kegiatan praktikum ataupun kegiatan penelitian yang berkesinambungan. Selain itu, untuk memahami dan mengerti tentang karakteristik kerja pompa sentrifugal susunan seri dan paralel.

B. Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian adalah :

1. Melakukan perancangan ulang dan pembuatan alat uji pompa tunggal, seri dan paralel.
2. Melakukan pengujian, dan menganalisis data hasil pengujian pada alat uji pompa tunggal, seri dan paralel sebelum digunakan untuk praktikum prestasi mesin bagi Mahasiswa S1 dan praktikum mesin-mesin fluida bagi Mahasiswa D3 Teknik Mesin Universitas Lampung.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada perancangan dan pembuatan pompa tunggal, seri dan paralel adalah sebagai berikut :

1. Alat uji yang dirancang merupakan alat uji skala laboratorium.
2. Mahasiswa dapat menerapkan prinsip-prinsip dasar mekanika fluida pada manometer pipa U sebagai alat ukur tekanan yang digunakan.
3. Bahan yang digunakan untuk perancangan alat uji pompa tunggal, seri dan paralel menggunakan bahan-bahan yang mudah ditemukan di pasaran, sehingga mudah dalam melakukan perawatan pada alat uji yang dirancang.

D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang konsep dan teori tentang dasar-dasar fluida, azas pompa dan persamaan-persamaan yang digunakan dalam merancang suatu operasi pompa tunggal, seri dan paralel.

III. METODE PENELITIAN

Berisikan tentang langkah-langkah yang dilakukan dalam perancangan alat uji pompa tunggal, seri dan paralel, dan pengambilan data untuk analisis dan alat ukur yang digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang hasil perancangan, hasil pengujian dan analisis dari data- data yang diperoleh.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan saran yang dapat penulis rekomendasikan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Fluida

Fluida adalah suatu substansi atau zat yang mengalami deformasi berkesinambungan jika dipengaruhi oleh gaya geser sekecil apapun. Sifat dari fluida adalah tidak dapat menahan perubahan bentuk secara permanen, bila suatu bentuk massa fluida akan diubah, maka di dalam fluida tersebut akan terbentuk suatu lapisan-lapisan, dimana lapisan tersebut membentuk lapisan yang baru. Fluida lebih mudah mengalir dikarenakan oleh ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, yang mengakibatkan fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Pada zat cair dan gas, zat cair tidak dapat mempertahankan bentuk yang tetap, zat cair mengikuti bentuk wadahnya dan volumenya dapat diubah. Zat gas tidak mempunyai bentuk, maupun volume yang tetap, gas akan berkembang mengisi seluruh wadah. Karena suatu fase cair dan gas tidak dapat mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir. Oleh karena itu zat cair dan gas sering secara kolektif disebut sebagai fluida.

Fluida ada dua jenis yaitu fluida mampu mampat dan fluida yang tak mampu mampat. Fluida mampu mampat adalah suatu fluida yang apabila diberi gaya

tekanan, maka volume dan suhunya akan mengalami perubahan. Salah satu contoh fluida mampu mampat adalah gas, sementara itu fluida tak mampu mampat yakni densitas fluida hanya sedikit terpengaruh oleh perubahan yang besar terhadap tekanan dan suhu, contohnya adalah air (Sularso, 1994).

B. Sifat Dasar Fluida

Untuk lebih memahami aliran fluida, maka harus mengetahui beberapa sifat-sifat dasar pada fluida. Adapun sifat-sifat dasar dari fluida yang perlu diketahui diantaranya yaitu kerapatan, tekanan dan kekentalan.

1. Kerapatan

Kerapatan (density) dapat diartikan sebagai ukuran konsentrasi suatu zat yang dinyatakan dalam massa per satuan volume. Pada volume fluida yang tetap, massa jenis suatu fluida tetap tidak berubah, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$= \frac{m}{v} \quad (1)$$

Dimana : v = volume fluida (m^3)

m = massa fluida (kg)

= rapat massa (kg/m^3)

Massa jenis fluida bervariasi tergantung dari jenis fluida tersebut. Pada kondisi atmosfer, massa jenis air adalah 1000 kg/m^3 , massa jenis udara adalah $1,22 \text{ kg/m}^3$. Untuk beberapa fluida, massa jenisnya tergantung pada tekanan dan temperatur dari fluida tersebut, khusus untuk fluida gas, perubahan keduanya akan sangat mempengaruhi massa jenis gas.

Sedangkan pada fluida cair, pengaruh keduanya kecil. Properti fluida yang lain yang berhubungan langsung dengan massa jenis adalah volume jenis, berat jenis dan *specific gravity*. Volume jenis merupakan kebalikan dari massa jenis yakni volume fluida dibagi dengan massanya. Sedangkan berat jenis adalah massa jenis fluida yang dikalikan dengan percepatan gravitasi atau berat fluida per satuan volume (Sularso, 1994).

$$= \cdot g \quad (2)$$

Dimana : ρ = rapat massa (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Adapun untuk *specific gravity* ialah perbandingan antara massa jenis fluida dengan massa jenis air. Pada kondisi standar (4° C, 1 atm) massa jenis air adalah $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ (Olson, 1990).

$$S = \frac{\rho}{\rho_w} \quad (3)$$

Dimana : s = *specific gravity*

ρ = rapat massa (kg/m³)

ρ_w = kerapatan air (kg/m³)

2. Tekanan

Jika permukaan suatu zat menerima gaya-gaya luar maka pada bagian permukaan zat yang menerima gaya tegak lurus akan mengalami tekanan. Bila gaya yang tegak lurus terhadap permukaan dibagi dengan luasan permukaan disebut dengan tekanan, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Dimana : P = tekanan (N/m^2 , N/cm^2)

A = luas penampang (m^2 , cm^2)

F = gaya (N)

Perlu diketahui dalam termodinamika, tekanan secara umum dinyatakan dalam harga absolutnya. Tekanan absolut tergantung pada tekanan pengukuran sistem. Bila tekanan pengukuran sistem diatas tekanan atmosfer , maka dapat dirumuskan :

$$p_{abs} = p_{gauge} + p_{atm} \quad (5)$$

Dimana : p_{abs} = Tekanan absolut

p_{gauge} = Tekanan pengukuran

p_{atm} = Tekanan atmosfer

Sedangkan, bila tekanan pengukuran dibawah tekanan atmosfer, maka dapat dirumuskan :

$$p_{abs} = p_{atm} - p_{gauge} \quad (6)$$

Dimana : p_{abs} = Tekanan absolut

p_{atm} = Tekanan atmosfer

p_{gauge} = Tekanan pengukuran

3. Kekentalan

Kekentalan atau viskositas merupakan sifat fluida yang menunjukkan kemampuan fluida untuk mengalir. Fluida dengan viskositas yang besar lebih sulit untuk mengalir dibandingkan dengan fluida dengan viskositas yang kecil. Viskositas suatu fluida bergantung pada temperatur. Fluida memiliki viskositas yang besar pada temperatur yang tinggi, hal ini berkebalikan dengan fluida cair, dimana dengan kenaikan temperatur, viskositas zat cair itu semakin kecil. Viskositas dibagi menjadi dua yaitu :

a. Viskositas dinamik

Viskositas dinamik adalah sifat fluida yang menghubungkan tegangan geser dengan gerakan fluida, dirumuskan dengan :

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \quad (7)$$

Dimana : μ = viskositas dinamik (kg/m.s)

= tegangan geser (N/m²)

du/dy = gradien kecepatan ((m/s)/m)

b. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik adalah perbandingan antara viskositas dinamik dengan kerapatan fluida, dapat dirumuskan dengan :

$$= \frac{\mu}{\rho} \quad (8)$$

Dimana : = viskositas kinematik (m²/s)

μ = viskositas dinamik (kg/m.s)

= kerapatan fluida (kg/m^3)

C. Aliran Fluida

1. Klasifikasi aliran

Secara garis besar jenis aliran dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut

(Olson, 1990) :

a. Aliran Tunak

aliran tunak yaitu suatu aliran dimana kecepatannya tidak dipengaruhi oleh perubahan waktu, sehingga untuk kecepatan konstan pada setiap titik (tidak memiliki percepatan).

b. Aliran Tidak Tunak

Aliran tidak tunak yakni suatu aliran dimana terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu.

2. Tipe-tipe aliran

Kondisi aliran fluida sangat bergantung dari kecepatan aliran fluida, semakin tinggi kecepatan akan mempengaruhi pola aliran, kondisi aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen. Besaran yang dapat menghubungkan antara kecepatan aliran, kondisi fluida dan kondisi penampang diameter pipa adalah angka Reynolds (Sularso, 1994).

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \quad (9)$$

Dimana : V = kecepatan fluida (m/s)

D = diameter dalam pipa (m)

ρ = rapat massa fluida (kg/m³)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.s)

a. Aliran laminar

Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan dengan satu lapisan meluncur dengan lancar. Aliran laminar memiliki kisaran nilai bilangan Reynold kurang dari 2300 ($Re < 2300$).

b. Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel suatu fluida tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang kemudian mengakibatkan saling tukar momentum dari suatu bagian fluida ke bagian fluida yang lainnya dalam skala yang besar. Nilai bilangan Reynoldnya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$).

c. Aliran Transisi

Aliran transisi adalah aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas suatu fluida, kecepatan fluida dan hal-hal lain yang berkaitan dengan geometri aliran, dimana aliran ini memiliki nilai bilangan Reynold antara 2300 sampai 4000 ($2300 < Re < 4000$).

D. Head

Head adalah suatu bentuk energi yang dinyatakan dalam satuan panjang (m) dalam SI. Head terdiri dari head ketinggian (Z), head kecepatan ($\frac{v^2}{2g}$), dan head tekanan ($\frac{p}{\rho g}$). Head ketinggian menyatakan energi potensial yang dibutuhkan untuk mengangkat air setinggi (m) kolom air, head kecepatan menyatakan energi kinetik yang dibutuhkan untuk mengalirkan air setinggi (m) kolom air, sedangkan head tekanan adalah suatu energi aliran dari (m) kolom air yang memiliki berat sama dengan tekanan dari kolom (m) air tersebut.

1. Head Total Pompa

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti yang direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa tersebut. Head total pompa dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_1 + \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

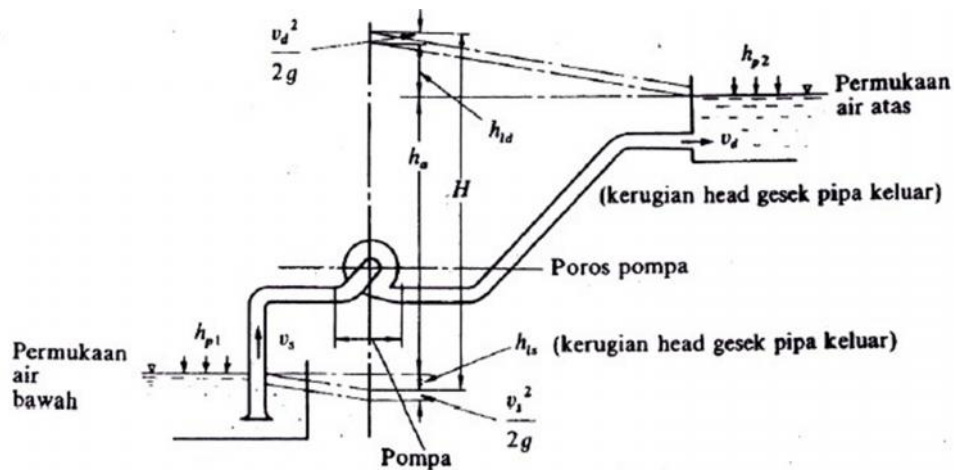
Dimana : H = Head total pompa (m)

h_a = Head statis total (m)

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

h_1 = Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan (m)

$\frac{v^2}{2g}$ = Head kecepatan keluar (m)



Gambar 1. Instalasi pompa dan head total

Dalam hal pompa menerima energi dari aliran yang masuk ke sisi isapnya, seperti pada pompa penguat atau pompa *booster*, maka head total pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_1 + \frac{1}{2g} (v_d^2 - v_s^2) \quad (11)$$

Dimana : H = Head total pompa (m)

h_a = Perbedaan tinggi antara titik sembarang A di pipa keluar dan sembarang titik B di pipa isap (m)

Δh_p = Perbedaan tekanan statis antara titik A dan titik B (m)

h_1 = Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan (m)

v_d = Kecepatan aliran rata-rata di titik A (m/s)

v_s = Kecepatan aliran rata-rata di titik B (m/s)

Apabila permukaan air yang berubah-ubah dengan perbedaan yang besar, maka head statis total harus ditentukan dengan mempertimbangkan karakteristik pompa, besarnya adalah selisih perubahan permukaan air, dan

dasar yang dipakai untuk menentukan jumlah air yang harus dipompa.

Hubungan antara tekanan dan head tekanan dapat dirumuskan :

$$h_p = \frac{\Delta p}{\gamma_{air}} \quad (12)$$

Dimana : H_p = Head Tekanan (m)

p = Tekanan (Pa)

= Berat per satuan volume zat cair yang dipompa (N/m^3)

2. Head Kerugian (*Head Loss*)

Head kerugian adalah head untuk mengatasi kerugian-kerugian yang terdiri dari kerugian gesek aliran dalam pipa, dan head kerugian di dalam belokan, percabangan dan perkatupan.

a. Kerugian Mayor

Kerugian dalam pipa atau bisa disebut *major losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh gesekan aliran di sepanjang pipa. Untuk menghitung kerugian gesek dapat dirumuskan sebagai berikut (Fox dan Mc Donald, 1995) :

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (13)$$

Dimana : H_f = Kerugian gesek dalam pipa (m)

f = Koefisien kerugian gesek

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter dalam pipa (m)

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

b. Kerugian Head Dalam Jalur Pipa

Pada saat aliran fluida mengalami gangguan aliran yang menyebabkan kurangnya energi aliran, hal ini dapat disebut sebagai head kerugian dalam jalur pipa. Secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \quad (14)$$

Dimana : h_f = Kerugian gesek dalam pipa (m)

f = Koefisien kerugian

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Kerugian head ini sering terjadi pada :

1. Pada belokan (*elbow*)

Pada belokan lengkung koefisien kerugian dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

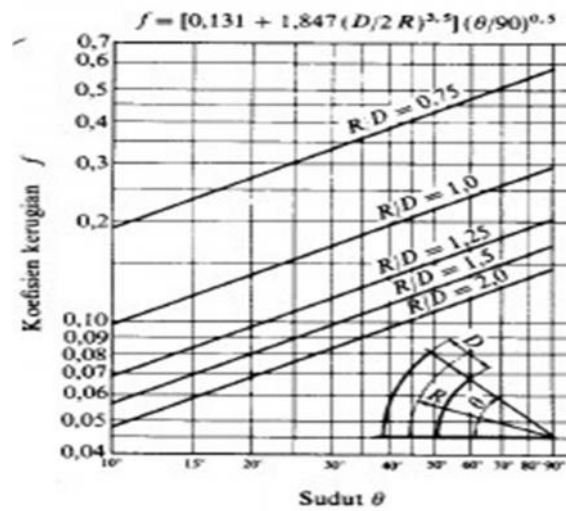
$$f = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \quad (15)$$

Dimana : D = Diameter dalam pipa (m)

R = Jari-jari lengkung sumbu belokan (m)

θ = Sudut belokan (°)

f = Koefisien kerugian



Gambar 2. Koefisien kerugian pada belokan

Sementara itu, untuk belokan patah dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$f = 0,946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{\theta}{2} \quad (16)$$

Dimana : θ = Sudut belokan

f = Koefisien kerugian

Tabel 1. Koefisien kerugian belokan pipa

θ°		5	10	15	22,5	30	45	60	90
f	halus	0,016	0,034	0,042	0,066	0,13	0,236	0,471	1,129
	kasar	0,024	0,44	0,062	0,154	0,165	0,32	0,684	1,265

2. Pada perkatupan sepanjang jalur pipa

Pemasangan katup atau biasa disebut *valve* merupakan suatu hal yang sangat penting untuk mengontrol kapasitas fluida, akan tetapi dengan pemasangan katup tersebut akan mengakibatkan kerugian energi aliran, hal ini dikarenakan aliran tercekik. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung kerugian head karena pemasangan katup adalah sebagai berikut :

$$h_v = f_v \frac{v^2}{2g} \quad (17)$$

Dimana : h_v = Kerugian head pada katup (m)

f_v = Koefisien kerugian katup

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

E. Teori Dasar Pompa

1. Definisi Pompa

Pompa adalah salah satu jenis mesin fluida yang termasuk golongan mesin kerja. Pompa digunakan untuk mengalirkan atau memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lainnya. Prinsip kerja pompa adalah menghisap dan melakukan penekanan terhadap fluida. Dalam fungsinya, pompa mengubah energi gerak poros untuk kemudian menggerakkan sudu-sudu menjadi energi gerak dan tekanan pada fluida. Pada umumnya pompa dipergunakan untuk menaikkan fluida dari sebuah reservoir, pengairan, pengisi ketel dan sebagainya. Dalam pelaksanaan operasionalnya

pompa dapat bekerja secara tunggal, seri maupun paralel yang kesemuanya tergantung pada kebutuhan (Edwards, 1996).

2. Klasifikasi Pompa

Menurut prinsip kerjanya, pompa diklasifikasikan menjadi :

1. Pompa Perpindahan Positif

Pompa ini menghasilkan head yang tinggi dengan kapasitas yang rendah, perubahan energi yang terjadi pada pompa jenis ini adalah energi mekanik yang diubah langsung menjadi energi potensial, yang termasuk pompa perpindahan positif adalah sebagai berikut :

a. Pompa Piston

Pompa jenis perpindahan positif banyak digunakan untuk melayani sistem instalasi yang membutuhkan head yang tinggi dengan kapasitas rendah. Pompa jenis ini menghasilkan tekanan tinggi dengan kecepatan aliran yang rendah. Dengan alasan tersebut pompa ini banyak digunakan untuk peralatan dengan zat cair yang abrasif dan kekentalan tinggi. Namun, secara umum pompa perpindahan positif dibagi mejadi dua yaitu jenis gerak bolak-balik (*reciprocating*) dan gerak putar (*rotary*).

b. Pompa Roda Gigi

Prinsip kerja dari pompa roda gigi ini adalah berputarnya dua buah roda gigi yang berpasangan yang terletak antara rumah pompa dan menghisap dan menekan fluida yang akan mengisi ruangan antar roda gigi yang kemudian ditekan ke sisi buang sebagai akibat terisnya

ruang antar roda gigi pemasangannya. Pompa jenis ini biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan head yang tinggi dengan kapasitas aliran yang rendah.

c. Pompa Torak

Pompa ini melakukan gerakan isap terbuka dan katup tekan tertutup. Pada saat torak mulai melakukan gerakan tekan, katup isap akan tertutup dan katup tekan terbuka. Kemudian fluida yang tadinya terhisap dibuang pada katup tekan. Pompa ini biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan head yang tinggi dengan kapasitas yang rendah, salah satu contoh aplikasinya pompa ini digunakan untuk pemenuhan tenaga hidrolik.

2. Pompa Dinamik

Pompa dinamik adalah pompa yang ruang kerjanya tidak berubah selama pompa bekerja. Pompa ini memiliki elemen utama sebuah rotor dengan satu impeller yang berputar dengan kecepatan yang tinggi. Fluida masuk pada sisi hisap yang kemudian dipercepat oleh impeller yang menaikkan kecepatan absolut fluida maupun tekanannya dan melemparkan fluida tersebut melalui *volute*, yang termasuk jenis pompa dinamik adalah sebagai berikut (Dietzel, 1980) :

a. Pompa Aksial

Impeller berputar yang kemudian menghisap fluida yang akan dipompakan dan menekannya ke sisi tekan dalam arah aksial. Pompa jenis ini biasanya diproduksi untuk kebutuhan head yang rendah dengan

kapasitas aliran yang besar, dalam aplikasinya pompa ini biasanya digunakan untuk keperluan irigasi.

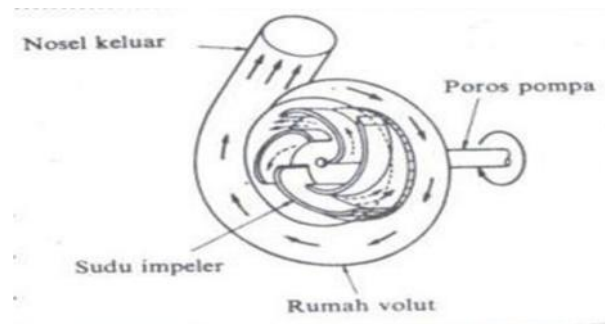
b. Pompa Sentrifugal

Pompa ini terdiri dari satu atau lebih impeller yang dilengkapi dengan sudu-sudu pada poros yang berputar yang diselubungi oleh *casing*. Fluida dihisap pompa melalui sisi hisap, akibat berputarnya impeller yang menghasilkan tekanan vakum, pada sisi hisap selanjutnya fluida tersebut terlempar ke luar impeller akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida.

3. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal digunakan untuk memberikan atau menambah kecepatan pada cairan dan kemudian merubahnya menjadi energi tekan. Cairan dipaksa masuk ke sebuah impeller. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller yang ada berada dalam cairan tadi. Apabila impeller berputar maka zat cair yang ada dalam impeller akan ikut berputar akibat dorongan sudu – sudu pada impeller. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeller menuju keluar melalui saluran diantara sudu – sudu dengan kecepatan tinggi. Zat cair yang meninggalkan impeller tersebut dikumpulkan di dalam rumah pompa (*casing*) yang berbentuk spiral atau biasanya disebut volut yang tugasnya mengumpulkan cairan dari impeller dan mengarahkan ke *discharge nozzel*. *Discharge nozzel* berbentuk seperti kerucut sehingga kecepatan aliran yang tinggi dari impeller bertahap turun, kerucut ini disebut *diffuser*. Pada waktu penurunan

kecepatan di dalam *diffuser* energi kecepatan pada aliran cairan diubah menjadi energi tekan. Jadi impeller pompa berfungsi memberikan kerja pada zat cair sehingga energi yang dikandungnya akan menjadi lebih besar (Sularso, 1994).



Gambar 3. Bagian aliran fluida dalam pompa sentrifugal

F. Dasar Perhitungan Pompa

Dasar perhitungan yang digunakan untuk menganalisis data yang didapat, adalah dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

1. Daya

Daya adalah kerja yang dilakukan per satuan waktu. Satuan daya adalah HP atau watt.

a. Daya Hidrolik

Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_{\text{pompa}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \text{ (watt)} \quad (18)$$

Dimana : ρ = Kerapatan fluida (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

$$Q = \text{Laju aliran (m}^3/\text{s)}$$

$$H = \text{Head pompa (m)}$$

b. Daya Listrik

Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_{\text{listrik}} = V.I \quad (19)$$

Dimana : $V = \text{Tegangan listrik (V)}$

$$I = \text{Arus listrik (A)}$$

2. Tekanan

Tekanan yang diperoleh dari alat ukur manometer air raksa, yang dapat dilihat pada Gambar 12, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$p_1 + \rho_{\text{air}} \cdot h_1 - \rho_{\text{raksa}} \cdot h_2 - \rho_{\text{air}} \cdot h_3 = p_2$$

$$p_1 - p_2 = \rho_{\text{air}} \cdot (h_3 - h_1) + \rho_{\text{raksa}} \cdot h_2 \quad (20)$$

Dimana : $h_1, h_2, h_3 = \text{Ketinggian manometer air raksa (m)}$

$$\rho_{\text{raksa}} = \text{Berat jenis air raksa (N/m}^3\text{)}$$

$$\rho_{\text{air}} = \text{Berat jenis air (N/m}^3\text{)}$$

3. Efisiensi pompa

$$= \frac{P_{\text{pompa}}}{P_{\text{listrik}}} \times 100 \% \quad (21)$$

Dimana : $P_{\text{pompa}} = \text{Daya Hidraulik (Watt)}$

$$P_{\text{listrik}} = \text{Daya listrik (Watt)}$$

G. Hukum Kesebangunan Pompa

Hukum ini dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik unjuk kerja pompa, bila dioperasikan dengan kondisi yang berbeda, seperti jika salah satu kecepatan atau diameter pompa dirubah. Hukum tersebut adalah :

$$\frac{Q_1}{\omega_1 D_1^3} = \frac{Q_2}{\omega_2 D_2^3} \quad (22)$$

$$\frac{h_1}{\omega_1^2 D_1^2} = \frac{h_2}{\omega_2^2 D_2^2} \quad (23)$$

$$\frac{P_1}{\omega_1^3 D_1^5} = \frac{P_2}{\omega_2^3 D_2^5} \quad (24)$$

Dimana : D : Diameter impeler (m)

Q : Laju aliran (m³/s)

H : Head total pompa (m)

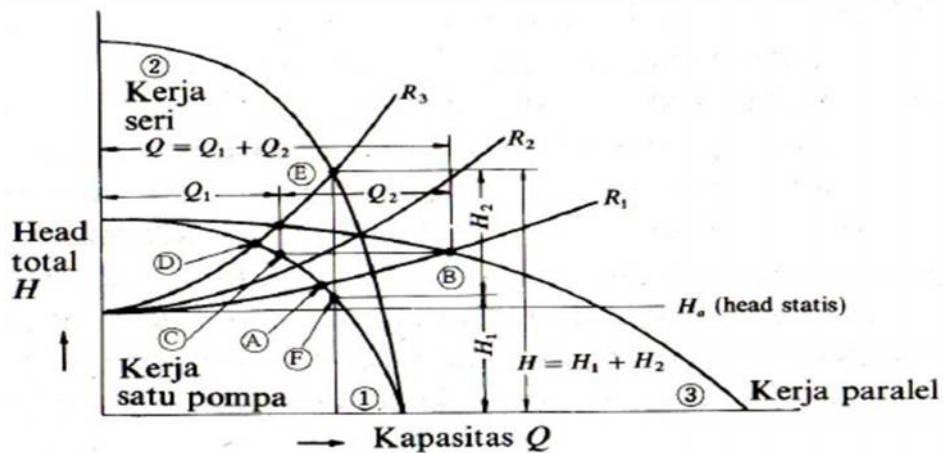
P : Daya poros pompa (Watt)

n : Putaran pompa (rpm)

Indeks 1 dan 2 menyatakan pompa 1 dan pompa 2

H. Operasi Pompa Seri dan Paralel

Pada suatu kondisi, dimana kapasitas atau head yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka selanjutnya dapat digunakan dua pompa atau lebih untuk mencapai kondisi head dan kapasitas yang diperlukan, dengan merangkai pompa tersebut secara seri maupun paralel. Gambar berikut ini menunjukkan kurva head – kapasitas dari pompa – pompa yang memiliki karakteristik yang sama.



Gambar 4. Operasi seri dan paralel pompa karakteristik sama

Pada kurva karakteristik diatas menunjukkan pompa yang dipasang secara seri dan paralel. Dimana untuk pompa tunggal diberi tanda (1), pompa seri (2), dan pompa paralel (3). Ditunjukkan tiga buah kurva dari head-kapasitas sistem, yaitu R_1, R_2 , dan R_3 . Pada kurva R_3 , menunjukkan tahanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan R_1 dan R_2 . Jika sistem memiliki kurva head-kapasitas R_3 , maka titik kerja pompa 1 akan terletak di D. Jika pompa disusun secara seri sehingga menghasilkan kurva 2, maka titik kerjanya akan berpindah ke E yang tidak sama dengan dua kali lipat head di D, karena ada perubahan yang berupa kenaikan kapasitas. Jika sistem memiliki kurva head-kapasitas R_1 maka titik

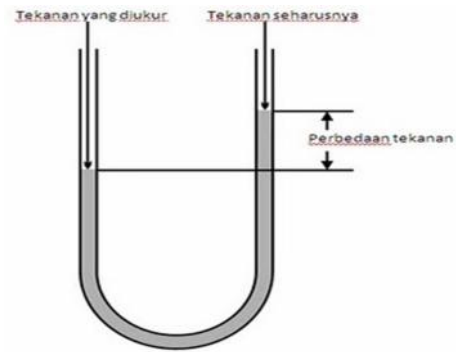
kerja pompa 1 akan terletak di A. Andaikan pompa disusun secara paralel sehingga menghasilkan kurva 3 maka titik kerjanya akan berpindah ke B, disini dapat terlihat bahwa kapasitas di titik B tidak sama dengan dua kali lipat kapasitas pada titik A, karena ada perubahan kenaikan head sistem. Andaikan sistem memiliki kurva karakteristik seperti R_2 , maka laju aliran akan sama untuk susunan secara seri ataupun paralel. Akan tetapi jika karakteristik sistem adalah R_1 dan R_3 , maka akan diperlukan pompa susunan seri atau paralel. Jadi rangkaian seri digunakan untuk menaikkan head, sedangkan paralel berguna untuk menaikkan kapasitas aliran (Sularso, 1994).

I. Pengukuran Tekanan

Tekanan adalah gaya yang bekerja persatuan luas. Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang diberikan oleh fluida pada tempat yang mewadahnya. Tekanan mutlak adalah nilai mutlak tekanan yang bekerja pada wadah tersebut. Tekanan relatif atau tekanan pengukuran adalah selisih antara tekanan mutlak dan tekanan atmosfer. Beberapa peralatan yang sering digunakan untuk pengukuran tekanan adalah :

1. Manometer Tabung U

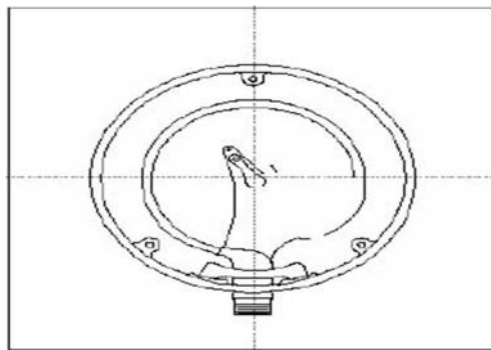
Manometer ini berbentuk pipa U yang diisi cairan setengahnya, biasanya berisi air raksa, dimana pengukurannya dilakukan pada satu sisi hisap, sementara tekanan yang mungkin terjadi karena tekanan atmosfer diterapkan pada tabung lainnya. Perbedaan ketinggian cairan akan memperlihatkan tekanan yang diterapkan.



Gambar 5. Manometer tabung U

2. Tabung Bourdon

Digunakan untuk mengukur tekanan gas yang sangat tinggi, misalnya tekanan gas dalam ketel uap, juga uap dalam PLTU. Cara kerja manometer ini didasari pada plat logam yang bergerak naik turun bila ada perubahan tekanan. Gerak ujung plat logam diteruskan oleh jarum jam penunjuk skala.



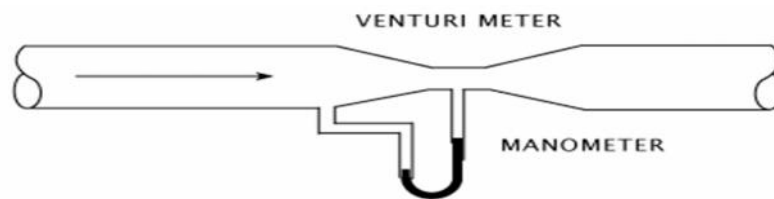
Gambar 6. Tabung Bourdon

J. Pengukuran Aliran

Pengukuran aliran adalah untuk mengukur laju aliran, massa laju aliran, maupun volume aliran. Pemilihan alat ukur aliran tergantung pada ketelitian, kemampuan pengukuran, harga, kemudahan pembacaan dan keawetan suatu alat ukur tersebut. Alat ukur aliran fluida diantaranya :

1. *Venturi meter*

Venturi meter merupakan alat primer dari pengukuran aliran yang berfungsi untuk mendapatkan beda tekanan. Sedangkan alat untuk menunjukkan besaran aliran fluida yang diukur atau alat sekundernya adalah manometer pipa U. *Venturi meter* memiliki kerugian karena harganya yang mahal, memerlukan ruangan yang besar dan rasio diameter *throat*-nya dengan diameter pipa tidak dapat diubah, sulit dalam pemasangan karena ukurannya yang panjang dan tidak tersedia pada ukuran pipa dibawah 6 inchi. Sedangkan kelebihanya yaitu dapat mengukur debit yang besar dan jauh dari kemungkinan tersumbar kotoran.

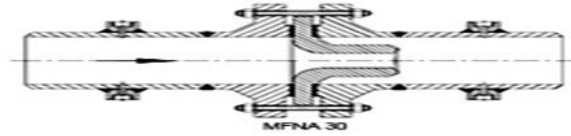


Gambar 7. *Venturi Meter*

2. *Flow Nozzle*

Flow Nozzle biasa digunakan untuk aliran fluida yang kecil. *Flow nozzle* dipakai untuk fluida kecepatan tinggi pada temperatur tinggi. Alat ini merupakan alat primer dari pengukuran aliran yang berfungsi untuk mendapatkan beda tekanannya. Sedangkan alat untuk menunjukkan besaran aliran fluida yang diukur adalah berupa manometer. Pada *flow nozzle* kecepatan bertambah dan tekanan semakin berkurang seperti dalam *venturi meter*. Alat ukur ini tidak tersedia pada ukuran pipa dibawah 6 inchi dan

harganya yang mahal. Sedangkan kelebihanannya yaitu dapat digunakan untuk fluida yang mengandung padatan.



Gambar 8. *Flow Nozzle*

3. *Float Variable Area Flowmeter*

Didasarkan pada pelampung (*float*) yang berfungsi sebagai penghalang aliran, pelampung tersebut akan melayang dalam suatu tabung yang mempunyai luas penampang tidak konstan. Luas penampang tabung berubah tergantung ketinggiannya (semakin tinggi semakin besar). Posisi pelampung akan menyatakan harga aliran fluida yang mengenainya. Pada posisi tersebut pada pelampung akan terjadi keseimbangan gaya, yaitu keseimbangan antara berat pelampung dengan gaya tarik aliran yang mengenainya dan gaya apung pelampung. Kelebihan alat ukur ini adalah yakni biaya pengadaan awal yang rendah dan *pressure drop* rendah. Sedangkan kekurangannya adalah harus dipasang secara vertikal dan secara umum dibatasi pada pipa ukuran kecil.



Gambar 9. *Float Variable Area Flowmeter*

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Perancangan dan pembuatan alat uji pompa tunggal, seri dan paralel ini, dimulai pada bulan Mei 2015 yang dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida, Teknik Mesin Universitas Lampung.

B. Perancangan dan Pembuatan Alat Uji Pompa Tunggal, Seri dan Paralel

Dalam perancangan dan pembuatan alat uji pompa tunggal, seri dan paralel meliputi beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini, penulis melakukan studi literatur dan membuat daftar bahan-bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam perancangan alat uji pompa tunggal, seri dan paralel.

2. Tahap Perancangan dan Pembuatan Alat

Pada tahap ini terdapat beberapa tahapan yaitu :

- a. Menyiapkan bahan-bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam pembuatan alat uji pompa tunggal, seri dan paralel.
- b. Menentukan parameter-parameter yang akan diukur pada alat uji pompa tunggal, seri dan paralel.
- c. Menentukan jenis dan ukuran alat ukur yang akan digunakan.

- d. Menentukan posisi pemasangan alat ukur tekanan dan alat ukur laju aliran fluida pada alat uji pompa tunggal, seri dan paralel.
- e. Melakukan pemasangan pompa, pipa-pipa, dan alat ukur yang digunakan pada alat uji pompa tunggal, seri dan paralel.

C. Alat dan Bahan yang Digunakan

1. Adapun alat – alat yang digunakan dalam proses pengujian adalah :

- a. Pompa Sentrifugal

Pompa adalah suatu jenis mesin fluida yang bertujuan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lainnya dengan menggunakan prinsip perbedaan tekanan.



Gambar 10. Pompa sentrifugal

Adapun spesifikasi pompa yang digunakan adalah :

Model No.PS-128 BIT

220 V:50 Hz *Current input* 1.3 A.

Kapasitas maksimal : 34 lpm Pipa Hisap : 1 inch

Total Head maksimal : 33 m Pipa Dorong : 1 inch

b. *Flowmeter*

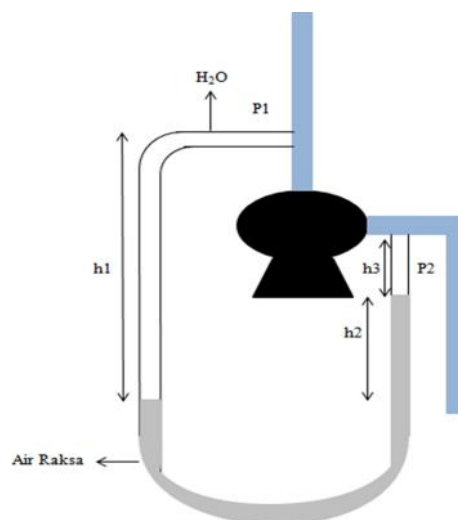
Flowmeter ini digunakan sebagai pengukur laju aliran volume atau debit air pada alat uji pompa tunggal, seri dan paralel. Dalam pengukurannya *flowmeter* ini memiliki satuan gpm dan lpm, pada pengujian akan digunakan satuan lpm (*liter/minute*).



Gambar 11. Alat pengukur laju aliran volume

c. Manometer Air Raksa

Manometer air raksa digunakan untuk mengetahui tekanan, baik tekanan aliran masuk maupun tekanan aliran keluar pompa.



Gambar 12. Manometer Air Raksa

d. *Dimmer*

Dimmer digunakan untuk mengatur putaran pada pompa.



Gambar 13. *Dimmer*

e. *Clamp Meter*

Digunakan untuk mengetahui arus listrik dan tegangan listrik yang masuk pada pompa.



Gambar 14. *Clamp meter*

f. *Tacho Meter*

Digunakan untuk mengukur putaran poros pompa.



Gambar 15. *Tacho Meter*

2. Bahan-bahan yang digunakan adalah :

a. Pipa

Pipa sebagai media penyaluran fluida menggunakan pipa jenis PVC.



Gambar 16. Pipa PVC

b. Besi

Bahan yang digunakan untuk pembuatan kerangka ataupun dudukan untuk alat uji pompa tunggal, seri dan paralel adalah bahan yang terbuat dari besi hollo.



Gambar 17. Besi Hollo

c. Katup

Katup digunakan untuk memperbesar dan memperkecil laju aliran air dalam pipa pada proses pengujian.



Gambar 18. Katup

d. Ember

Ember digunakan sebagai penampung air sebelum dihisap oleh pompa dan sebagai penampung air yang telah dipompa.



Gambar 19. Ember

D. Pengujian Rancangan Alat Uji Pompa Seri dan Paralel

Pada proses pengujian ini, dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dan karakteristik pompa jenis sentrifugal yang dioperasikan secara tunggal, seri dan paralel. Parameter-parameter yang dapat diketahui dari proses pengujian adalah :

1. Laju aliran volume (Q) atau debit fluida yang dapat diketahui dari alat ukur *flowmeter*.
2. Perbedaan tekanan pada pompa (p) yang dapat diketahui dari alat ukur manometer air raksa.
3. Arus listrik (I) dan tegangan listrik (V) yang masuk pada pompa.

E. Prosedur Pengambilan Data

1. Pengoperasian alat uji pompa secara tunggal

Pengoperasian pompa tunggal pada alat uji ini dilakukan dengan mengoperasikan pompa 2 saja. Siklus aliran fluida pada pompa tunggal dilakukan dengan menutup katup 4 dan 6 dan membuka penuh katup 5. Pengujian dengan putaran pompa yang bervariasi dapat diatur dengan menggunakan *dimmer*. Untuk pengujian dengan variasi debit air yang berbeda dapat dilakukan dengan melakukan pengaturan pembukaan katup. Data yang didapat dari hasil pengujian yaitu debit aliran fluida (Q), tegangan listrik (V), arus listrik (I) yang masuk pada pompa dan perbedaan tekanan pompa (p) yang didapat dari pengamatan beda ketinggian air raksa pada manometer air raksa.

2. Pengoperasian alat uji pompa secara paralel

Pengoperasian pompa paralel pada alat uji ini dilakukan dengan mengoperasikan pompa 1 dan 2. Siklus aliran fluida pada pompa paralel dilakukan dengan menutup katup 2 dan katup 4 dan membuka penuh katup 1, 3, 5 dan 6. Pengujian dengan putaran pompa yang bervariasi dapat diatur dengan menggunakan *dimmer*. Untuk pengujian dengan variasi debit air yang berbeda dapat dilakukan dengan melakukan pengaturan pembukaan katup. Data yang didapat dari hasil pengujian yaitu debit aliran fluida (Q), tegangan listrik (V), arus listrik (I) yang masuk pada pompa dan perbedaan tekanan pompa (p) yang didapat dari pengamatan beda ketinggian air raksa pada manometer air raksa.

3. Pengoperasian alat uji pompa secara seri

Pengoperasian pompa seri pada alat uji ini dilakukan dengan mengoperasikan pompa 1 dan 2. Siklus aliran fluida pada pompa seri dilakukan dengan menutup katup 1,5 dan 6 dan membuka penuh katup 2, 3 dan 4. Pengujian dengan putaran pompa yang bervariasi dapat diatur dengan menggunakan *dimmer*. Untuk pengujian dengan variasi debit air yang berbeda dapat dilakukan dengan melakukan pengaturan pembukaan katup. Data yang didapat dari hasil pengujian yaitu debit aliran fluida (Q), tegangan listrik (V), arus listrik (I) yang masuk pada pompa dan perbedaan tekanan pompa (p) yang didapat dari pengamatan beda ketinggian air raksa pada manometer air raksa.

F. Analisis Data

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan data-data hasil pengujian, untuk kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan teori-teori yang diperoleh dari buku acuan, mengenai mekanika fluida dan pompa, sebelum digunakan pada praktikum prestasi mesin dan praktikum mesin-mesin fluida, di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Adapun variabel yang digunakan untuk menganalisis data yang didapat adalah dengan menggunakan persamaan 12, 18, 19, 20, 21. Data-data yang akan diperoleh dari pengujian alat uji pompa tunggal, seri dan paralel dapat dilihat pada tabel 2.

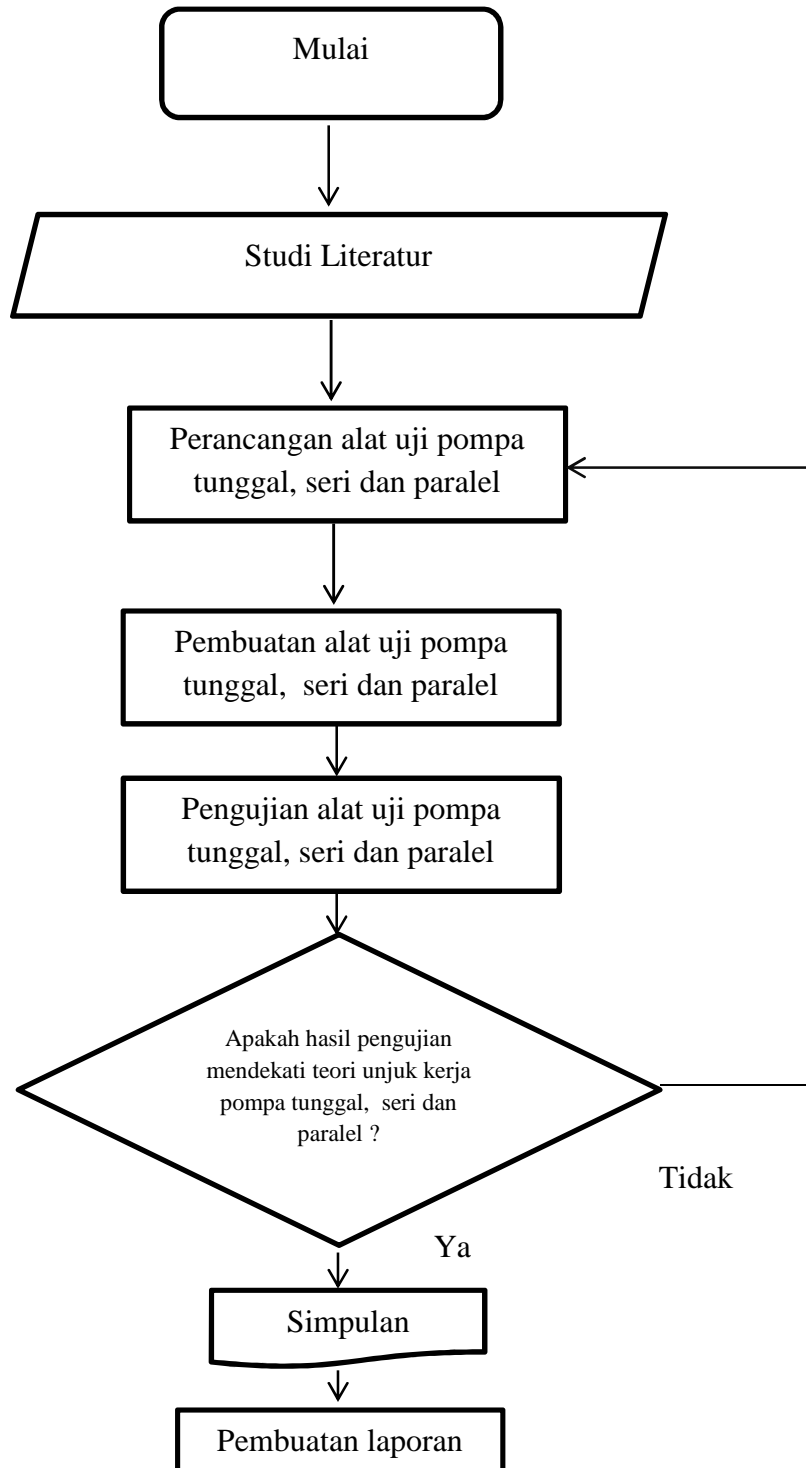
Tabel 2. Contoh tabel pengambilan data hasil pengujian pada alat uji pompa tunggal, seri dan paralel.

No	Putaran Pompa (rpm)	Debit (lpm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	I (A)	V (volt)

Dimana h_1 , h_2 , dan h_3 dalam tabel 2 yaitu beda ketinggian air raksa pada manometer pipa U.

G. Diagram Alur Penelitian Tugas Akhir

Alur pelaksanaan yang dilakukan pada tugas akhir ini, dapat digambarkan pada diagram berikut ini :



Gambar 20. Diagram alur penelitian tugas akhir

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh yaitu :

1. Pada tugas akhir ini telah dilakukan perancangan dan pengujian alat uji pompa tunggal, seri dan paralel pada laboratorium Mekanika Fluda Universitas Lampung.
2. Pada pengoperasian pompa secara seri didapatkan head yang tidak sampai dua kali lipat dari head pompa tunggal, hal ini dikarenakan perbedaan tekanan yang dihasilkan pompa 1 lebih besar daripada pompa 2, karena fluida yang masuk pada pompa 2 adalah hasil pemompaan dari pompa 1, yang berarti fluida yang bergerak menuju pompa 2 sudah diberi energi tekanan dari pompa 1. Penyimpangan yang terjadi pada hal ini rata-rata sebesar 31,12 %.
3. Biaya pembuatan alat uji pompa seri dan paralel ini relatif lebih ekonomis dibandingkan jika membeli alat uji ini dari produsen. Biaya yang dikeluarkan untuk membuat alat uji ini sekitar Rp.5.000.000,00 dibandingkan dengan harga yang dikeluarkan untuk satu alat uji ini dari pihak produsen yaitu 70000 Dollar US.

4. Alat uji yang telah dirancang dapat digunakan untuk mendukung kegiatan praktikum prestasi mesin bagi mahasiswa S1 dan praktikum mesin-mesin fluida bagi mahasiswa D3 di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, sehingga nantinya mahasiswa dapat memahami karakteristik pengoperasian pompa secara seri dan paralel.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan pengujian serta analisis yang dilakukan yaitu :

1. Alat uji pompa tunggal, seri dan paralel hendaknya dibuat dengan menggunakan pipa akrilik atau transparan, agar keakuratan pemasangan sensor manometer dapat terlihat, selain itu juga untuk menunjukkan fenomena aliran yang terjadi di dalam pipa.
2. Alat uji pompa tunggal, seri dan paralel hendaknya menggunakan katup yang lebih sensitif, sehingga rentang pengukuran nilai laju aliran volume pada pengujian lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

Dietzel, F. 1990. *Turbin, Pompa, Kompresor*. Diterjemahkan oleh Dakso Sriyono. Erlangga. Jakarta.

Edward, P.E. 1996. *Teknologi Pemakaian Pompa*. Diterjemahkan oleh Zulkifli Harahap. Erlangga. Jakarta.

Fox, R. W, and Mc Donald, A.T. 1995. *Introduction To Fluid Mechanics*. John Wiley & Sons. New York.

Olson,R.M. and Wright, S.J. 1990. *Dasar-Dasar Mekanika Fluida*. Diterjemahkan oleh Alex Ari Kancoro Widodo. Erlangga. Jakarta.

Siregar, J. F., 2012. *Perancangan Alat Uji Gesekan di Dalam Saluran*. Skripsi Teknik Mesin. Universitas Lampung.

Sularso, & Tahara, H. 1994. *Pompa dan Kompresor*. Pradya Paramitha. Jakarta.

Suprayitno. 2008. *Bahan Ajar Mekanika Fluida*. Universitas Negeri Malang. Malang.

Victor, L.S. and Wylie, B. 1988. *Mekanika Fluida*. Diterjemahkan oleh Arko Priyono. Erlangga. Jakarta.