

**TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI**

**ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA HISAP
TERHADAP UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL
TUNGGAL**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

AHMAT PANGGABEAN

1307230035



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN – I

TUGAS SARJANA

KONVERSI ENERGI

**ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA HISAP
TERHADAP UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL
TUNGGAL**

Disusun Oleh :

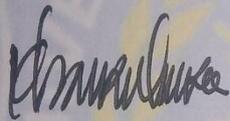
AHMAT PANGGABEAN

1307230035

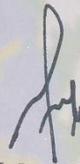
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II



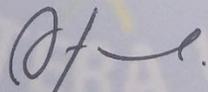
(Khairul Umurani, S.T.,M.T)



(H. Muharnif M, S.T.,M.Sc)

Diketahui oleh :

Ka.Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T.,M.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

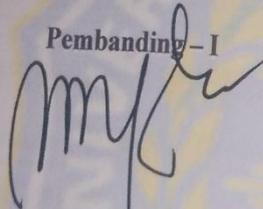
LEMBAR PENGESAHAN – II
TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA HISAP
TERHADAP UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL
TUNGGAL

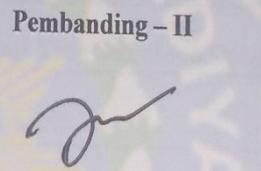
Disusun Oleh :

AHMAT PANGGABEAN
1307230035

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 20 Agustus 2018

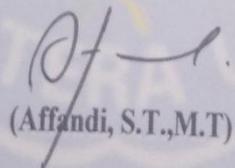
Disetujui Oleh :

Pembanding – I

(M. Yani, S.T., M.T)

Pembanding – II

(Bekti Suroso, S.T., M.Eng)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T., M.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238

Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

Nama : AHMAT PANGGABEAN
NPM : 1307230035
Semester : X (Sepuluh)
SPESIFIKASI :

Menganalisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Hisap Terhadap Unjuk Kerja Pompa

Sentrifugal tunggal Dengan Pengujian Menggunakan Instalasi Yang Sederhana, Dengan

Menggunakan 3 Buah Pipa Berdiameter $\frac{1}{2}$ inch, 1 inch dan 1 $\frac{1}{2}$ inch.

Diberikan Tanggal : 11 Desember 2017

Selesai Tanggal : 25 September 2018

Asistensi : $\pm 1 \times$ Seminggu

Tempat Asistensi : Di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

Medan, 2018

Dosen Pembimbing – I

(Affandi, S.T., M.T)

(Khairul Umurani, S.T., M.T)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 - 6624567 -
6622400 - 6610450 - 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website: <http://www.umsu.ac.id>

Bila merajavaturatni agar dsebutkan
nomornomeringgalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA : Ahmat Panggabean

PEMBIMBING - I : Khairul Umurani, S.T., M.T

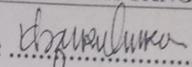
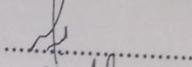
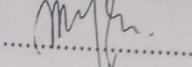
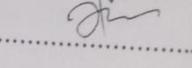
NPM : 1307230035

PEMBIMBING - II : H. Muharnif M, S.T., M.Sc

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	19-12-2017	Pemkrian sparkline tugas	6
	08-01-2018	Perbaiki bab I	6
	13-01-2018	Perbaiki bab II	6
	18-01-2018	Perbaiki bab III	6
	24-01-2018	Lanjut kepembimbing II	6
	02-02-2018	Perbaikan diagram air BAB III	6
	16-02-2018	Perbaikan BAB IV	6
	26-02-2018	Perbaikan Analisa Data BAB IV	6
	01-03-2018	Perbaikan grafik.	6
	06-03-2018	Ace, seminar	6

DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 - 2019

Peserta Seminar
 Nama : Ahmat Panggabean
 NPM : 1307230035
 Judul Tugas Akhir : Analisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Hisap Terhadap
 Untuk Kerja Pompa Sentrifugal Tunggal.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T	
Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc	
Pemanding - I : M.Yani.S.T.M.T	
Pemanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230111	ANGGHARI EFENDI	
2	1307230177	WAN MUKRIM	
3	1207230191	WENDISI Sumbalon	
4	1307230004	Kiki syahputra	
5	1307230264	BAYU HANDALA PUTRA	
6	1307230003	David s. Hartman	
7			
8			
9			
10			

Medan, 08 Dzulhijjah 1439 H
20 Agustus 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin


Aflandi.S.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ahmat Panggabean
NPM : 1307230035
Judul T.Akhir : Analisa pengaruh Variasi Diameter Pipa Hisap Terhadap Untuk Kerja Pompa Sentrifugal Tunggal.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.T

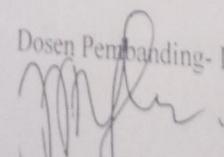
KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - ✓ Revisi pada bagian yg telah ditentukan
 - ✓ pada draft skripsi
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 08 Dzulhijjah 1439H
20 Agustus 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T

Dosen Pembanding- I

M.Yani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ahmat Panggabean
NPM : 1307230035
Judul T.Akhir : Analisa pengaruh Variasi Diameter Pipa Hisap Terhadap Untuk Kerja Pompa Sentrifugal Tunggal.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Bekti Suroso.S.T.M. *Eng*

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Ahmat panggabean, muhammad nazhar, freyza, Ahhair

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

Medan 08 Dzulhijjah 1439H
20 Agustus 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Affandi.S.T

Dosen Pemanding- II

Bekti Suroso.S.T.M. *Eng*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : AHMAT PANGGABEAN
Tempat/Tgl Lahir : Simanosor, 26 November 1996
Npm : 1307230035
Bidang Keahlian : Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Sarjana saya ini yang berjudul:

"ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA HISAP TERHADAP UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL TUNGGAL"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Sarjana saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2018

Saya yang menyatakan,



Ahmat Panggabean

ABSTRAK

Kebutuhan akan penggunaan pompa sentrifugal dalam kehidupan sehari-hari semakin meningkat, mulai dari kebutuhan rumah tangga sampai penggunaan untuk dunia industri. prinsip kerja pompa sentrifugal adalah mengubah energi mekanis dari Poros menjadi energi fluida yaitu dengan cara pompa di gerakan oleh motor, daya dari motor di berikan kepada poros pompa untuk memutar impeller yang dipasangkan pada poros tersebut. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh variasi pipa hisap dengan diameter ½ inch, 1 inch dan 1 ½ inch terhadap kapasitas (debit), head, daya pompa, maupun efisiensi yang dihasilkan dari masing-masing diameter pipa hisap. Untuk mengetahui pengaruh variasi diameter pipa hisap terhadap unjuk kerja pompa sentrifugal tunggal, maka dilakukan penelitian terhadap pipa hisap ½ inch, 1 inch dan 1 ½ inch. pengujian dilakukan secara bergantian untuk masing-masing pipa hisap dengan menutup katup masuk secara bergantian. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar diameter pipa hisap maka kapasitas, head dan efisiensi semakin meningkat. Hal ini disebabkan karna di akibatkan kerugian-kerugian gesek didalam pipa hisap tersebut. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan setelah melakukan pengujian diketahui bahwa dari variasi diameter pipa hisap tersebut yang paling bagus (efektif) adalah pipa yang berdiameter 1 ½ inch.

Kata Kunci: Pompa sentrifugal, pipa hisap, Aliran Laminer

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

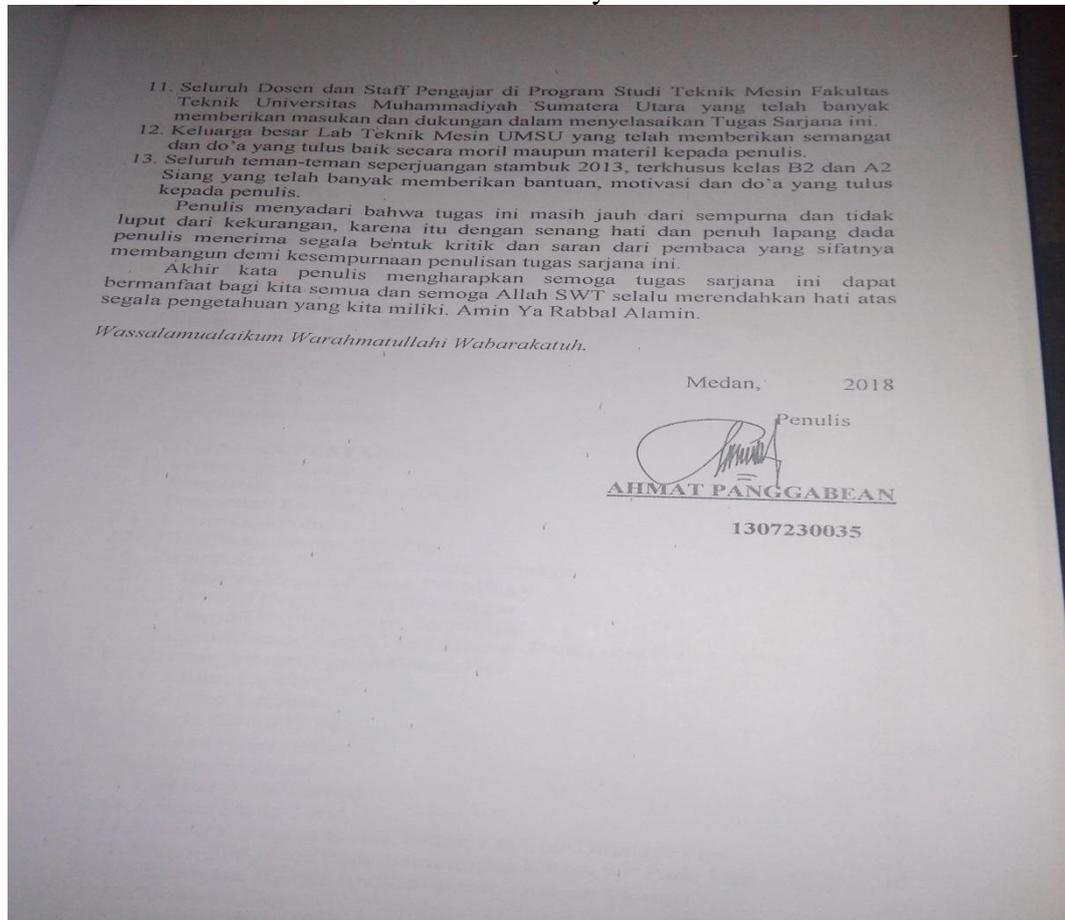
Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya. Untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan daripada dosen pembimbing merencanakan sebuah **“Analisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Hisap Terhadap Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Tunggal ”**.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Juhri Panggabean dan Ibunda Dermawati Rambe yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I Tugas Sarjana ini.
3. Bapak H.Muharnif M, S.T., M.sc selaku Dosen Pembimbing II Tugas Sarjana ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak M. Yani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Bakti Suroso, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II.
7. Bapak Ade Faisal, S.T., Msc, Ph.D. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



DAFTAR ISI

LEMBAR PRNGESAHAN I	
LEMBAR PENGEAHAN II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	vii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Fluida	6
2.2 Pengertian Pompa Sentrifugal	8
2.3 Pengertian Kavitasi	9
2.4 Klasifikasi Pompa	11

2.5	Klasifikasi Pompa Sentrifugal	15
2.6	Pompa Sentrifugal Dan Prinsip Kerjanya	17
2.6.1	Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal	17
2.6.2	Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal	18
2.6.3	Bagian Utama Pompa Sentrifugal	18
2.7	Macam-Macam Alat Ukur Tekanan (<i>Head</i>) Dan Pengertiannya	19
2.8	Macam_Macam Aliran Dalam Pipa	23
2.8.1	Aliran Laminer	23
2.8.2	Aliran Turbulen	24
2.9	Kinerja Aliran Fluida	25
2.10	Tekanan Hidrostatik	26
2.11	Perhitungan <i>Head</i>	26
2.11.1	<i>Head</i> Total Pompa	26
2.11.2	<i>Head</i> Statis Total	28
2.11.3	<i>Head</i> Kerugian Gesek Untuk Zat Cair Didalam Pipa	28
2.11.4	Kerugian <i>Head</i> Pada Sambungan Elbow 90 ⁰ Pada Pipa	29
2.11.5	Kerugian <i>Head</i> Pada Katup Isap Dengan Saringan	30
2.12	Perhitungan Daya	30
2.12.1	Daya Hidrolis	30
2.12.2	Daya Pompa Sentrifugal	30
2.13	Efisiensi Pompa	31
2.14	NPSH (<i>Net Positive Suction Head</i>)	31

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	32
3.2	Tempat Dan Waktu Penelitian	33

3.2.1 Waktu	33
3.2.2 Tempat	33
3.3 Spesifikasi Pompa	33
3.4 Bahan Dan Alat	34
3.5 Design Alat	39

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian	43
4.2 Perhitungan Pada Diameter Pipa ½ inch	43
4.3 Perhitungan Pada Diameter Pipa 1 inch	52
4.4 Perhitungan Pada Diameter Pipa 1 ½ inch	61
4.5 Grafik Hasil Uji Eksperimen	70

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Keterangan Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Cara Mengukur Head	8
Gambar 2.2. Pompa Roda Gigi	12
Gambar 2.3. Skema Pompa Torak	12
Gambar 2.4. Skema Pompa Aksial	13
Gambar 2.5. Pompa Sentrifugal Dengan Isapan Ujung	14
Gambar 2.6. Skema Pompa <i>Volut</i>	15
Gambar 2.7. Skema Pompa <i>Difusser</i>	15
Gambar 2.8. <i>Hydraulic Ramp</i>	16
Gambar 2.9. Pompa Benam	16
Gambar 2.10. Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal	17
Gambar 3.11. Barometer	19
Gambar 3.12. <i>Pie'zometer</i>	21
Gambar 3.13. Manometer U	21
Gambar 3.14. <i>Bordon Gauge</i>	22
Gambar 3.15. Aliran Laminar	23
Gambar 3.16. Aliran Turbulen	24
Gambar 3.17. Head Pompa	26
Gambar 3.1. Diagram Alir	32
Gambar 3.2. Spesifikasi pompa	33
Gambar 3.3. Pompa Sentrifugal	34
Gambar 3.4. Elbow	34
Gambar 3.5. Flow Meter Sensor	35
Gambar 3.6. Manometer U	35

Gambar 3.7. Pipa Ukuran ½ inch,1 inch Dan 1 1/2 inch	36
Gambar 3.8. Arduino UNO	36
Gambar 3.9. Software Arduino	36
Gambar 3.10. Laptop	37
Gambar 3.11. Meteran	37
Gambar 3.12. Desain Alat	38
Gambar 4.13. Skema Rangkaian Flowmeter Sensor Dengan Arduino UNO	40
Gambar 4.1. Data Hasil Pengujian Pipa ½ Inch	43
Gambar 4.2. Head Pompa	45
Gambar 4.3. Data Hasil Pengujian Pipa 1 Inch	52
Gambar 4.4. Data Hasil Pengujian Pipa 1 ½ Inch	61
Gambar 4.5. Grafik Pengaruh Diameter Pipa Terhadap Debit	69
Gambar 4.6. Grafik Pengaruh Diameter Pipa Terhadap Head	70
Gambar 4.7. Grafik Pengaruh Diameter Pipa Terhadap Efisiensi	71
Gambar 4.8. Grafik Pengaruh Diameter Pipa Terhadap Daya	72

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Re	Bilangan <i>reynold</i>	
hl	Berbagai kerugian head dipipa,katub	m
d	Diameter pipa	inchi
Q	Debit air	m ³ /s
Q _i	Daya hidrolis	m ³ /s
Nm	Efisiensi pompa	kW
Z _i	Head statis pada sisi isap	m
H	Head total	m
h _f	Head kerugian gesek dalam pipa	m
hl _i	Kerugian keseluruhan pada pipa isap	m
hl ₁	Kerugian head pada sambungan	
hl ₂	Kerugian head pada katup isap dengan saringan	
h	Ketinggian fluida manometer U	m
V	Kecepatan aliran	m/s
V _i	Kecepatan aliran pada sisi isap	m/s
γ	Massa jenis fluida	Kg.m ³
φ	Massa jenis air raksa	Kg/m ³
ε	Nilai kekerasan pada pipa <i>polivinil klorida</i> (PVC)	
P	Tekanan hidrostatik	N/m ²
P _i	Tekanan hidrostatik pada pipa hisap	N/m ²
v	Viskositas kinetik zat cair	m ² /s

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ilmu pengetahuan dan teknologi akan berkembang apabila dibarengi dengan mengadakan penelitian, pengujian dan analisa pada berbagai disiplin ilmu pengetahuan. Mekanika fluida sebagai bagian dari ilmu pengetahuan merupakan salah satu contoh yang perlu mendapat perhatian karena penerapannya luas.

Penerapan prinsip-prinsip mekanika fluida dapat dijumpai pada bidang industri, transportasi, perkapalan, maupun bidang keteknikan lainnya. Namun dalam penggunaannya selalu terjadi kerugian energi. Dengan mengetahui kerugian energi pada suatu sistem yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, akan menentukan tingkat efisiensi penggunaan energi.

Pompa merupakan mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lainnya melalui sistem perpipaan. Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Penggunaannya sudah semakin luas, misalnya pompa untuk keperluan rumah tangga, pertanian, bahkan untuk keperluan industri-industri besar seperti industri perminyakan, dan perkapalan.

Suatu sistem transfer fluida dari suatu tempat ke tempat lain biasanya terdiri dari komponen pipa, katup, sambungan, dan pompa. Jadi pipa memiliki peranan yang penting dalam suatu sistem transfer fluida. Pipa memiliki berbagai macam ukuran dan bentuk penampang serta material yang bervariasi.

Material pipa bermacam – macam seperti plastik, PVP , logam, *acrylic*, dan lain-lain. Dalam suatu sistem perpipaan aliran fluida pasti akan mengalami tekanan

dan penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa yang dilalui oleh aliran fluida tersebut. Dalam mekanika fluida tekanan dan penurunan tekanan tersebut dikarenakan fluida yang mengalir mengalami berbagai macam kerugian sepanjang aliran fluida seperti panjang pipa, model penempatan pipa, besar kecilnya diameter pipa, kekasaran permukaan dan viskositas dari fluida tersebut.

Penampang pipa dengan ukuran yang berbeda atau karena pembesaran atau pengecilan mendadak akan menimbulkan pola aliran fluida menjadi tidak beraturan dan kondisi ini merupakan suatu bentuk kerugian aliran dalam suatu sistem perpipaan. Untuk mengetahui efek dari pada bukaan sudut katup terhadap tekanan aliran fluida, kecepatan aliran fluida, dan kerugian aliran fluida yang keluar dari pompa maka penulis melakukan penelitian ini.

Untuk mengetahui berapa nilai dari tekanan aliran fluida, kecepatan aliran fluida, dan kerugian aliran fluida yang keluar dari pompa dan didistribusikan ke beberapa bak penampung dengan memperbesar dan memperkecil variasi bukaan sudut katup yang bisa disetel sesuai kebutuhan, maka penelitian ini dilakukan eksperimen untuk mengetahui nilai dari tekanan aliran fluida, kecepatan aliran fluida, dan kerugian aliran fluida pada pipa.

Pada eksperimen ini ada beberapa variasi bukaan katup dengan ketinggian pipa tekan yang sama panjang pada bak penampung yang akan dialiri fluida, dimana tekanan aliran fluida, kecepatan aliran fluida, dan kerugian aliran fluida akan diukur dengan variasi bukaan sudut katup pada pipa tekan yang keluar dari pompa. Alat pengujian yang dibuat memiliki katup yang dapat diatur bukaan sudut katupnya sehingga variasi aliran bisa diatur sesuai kebutuhan. Tujuan mengatur bukaan sudut katup adalah mendapatkan nilai atau data dari masing-

masing variasi bukaan katup yang telah disetel sesuai data yang dibutuhkan dalam proses eksperimen ini.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat di rumusan masalah sebagai berikut :

1. Menganalisa pengaruh variasi diameter pipa hisap terhadap unjuk kerja pompa sentrifugal tunggal

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini batasan masalah meliputi sebagai berikut:

1. Pipa yang digunakan *polivinil klorida* (PVC)
2. Penelitian dilakukan menggunakan 3 buah pipa dengan variasi diameter pipa hisap ½ inch, 1 inch dan 1 ½ inch.
3. Pompa yang di gunakan pompa sentrifugal tunggal dengan daya: 0,40 kW/0,50 HP/400 Watt.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. untuk mengetahui diameter pipa hisap yang lebih efektif pada pompa sentrifugal tunggal.

Tujuan khusus dilakukannya penelitian ini yaitu;

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi diameter pipa hisap terhadap debit air, daya, head dan efisiensi pompa.
2. Untuk menentukan karakteristik pengaruh diameter pipa hisap ½ inch, 1 inch dan 1 ½ inch, terhadap unjuk kerja pompa sentrifugal tunggal.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Dapat mengetahui kinerja terbaik pada diameter pipa hisap pada pompa sentrifugal.
2. Dapat mengetahui perhitungan, debit air, head dan efisiensi pompa setelah dilakukan penelitian.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang masalah, manfaat dan tujuan umum, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori tentang aliran fluida dan pompa baik pengertian, dan klasifikasi pompa. Berdasarkan dari teori-teori inilah penulis akan melakukan pengujian pipa hisap yang telah di variasikan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang bagaimana penulis untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini. Bagian ini berisikan tentang mulai dari langkah-langkah skema penelitian, penyiapan bahan-bahan yang diperlukan dan prosedur penelitian.

BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini berisi mengenai pengolahan data pengujian dan data yang diperoleh dari hasil penelitian dan juga grafik hasil dari perhitungan data.

BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan serta saran-saran yang diajukan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Fluida

Fluida adalah zat yang tidak dapat menahan perubahan bentuk secara permanen. Perilaku zat cair yang mengalir sangat bergantung pada kenyataan apakah fluida itu berada di bawah pengaruh bidang batas padat atau tidak. Aliran dalam pipa telah banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam proses-proses industri. Dalam kehidupan sehari-hari hal tersebut dapat dilihat pada aliran di saluran pembuangan, aliran semen dan pasir di pipa dan lain-lain. Cara memindahkan zat-zat tersebut dalam industri banyak macamnya. Pada aliran air dan udara yang mengalir dalam pipa, kecepatan dan kapasitasnya dapat berubah-ubah.

Fluida yang mengalir pada pipa-pipa saluran tertutup (*closed conduit flow*) memiliki masalah utama yang muncul antara lain, Terjadinya gesekan pada dinding pipa, Terjadinya turbulens karena gerakan relative dalam molekul fluida yang dipengaruhi oleh viskositas fluida itu sendiri dan bentuk pipa, Terjadinya kapasitas aliran yang semakin kecil pada daerah yang jauh dari sumber karena hambatan gesek pada aliran yang semakin membesar.

Energi fluida untuk melakukan kerja yang dinyatakan dalam feet atau kaki tinggi tekanan (*head*) fluida yang mengalir. Jadi, head atau tinggi tekan merupakan ketinggian pada mana kolom fluida harus naik untuk memperoleh jumlah energi yang mana sama dengan yang dikandung satu satuan bobot fluida pada kondisi yang sama. Head ada dalam tiga bentuk yang dapat saling diperlukan antara lain:

1. Head Potensial/Head Aktual

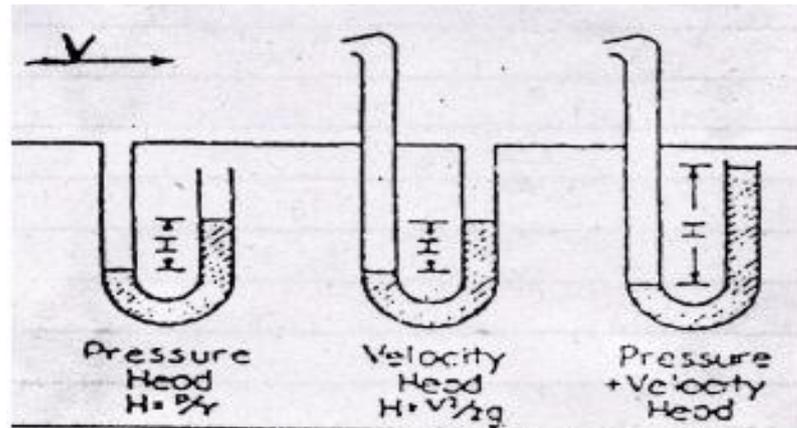
Didasarkan pada ketinggian fluida diatas bidang datar. Jadi, suatu kolam air setinggi 2 kaki atau feet mengandung jumlah energi yang disebabkan oleh posisinya dan dikatakan fluida tersebut mempunyai head sebesar 2 feet kolam air.

2. Head Kinetik/Head Kecepatan

Head kinetik/Head Kecepatan adalah suatu ukuran energi kinetik yang dikandung satu satuan bobot fluida yang disebabkan oleh kecepatan dan dinyatakan oleh persamaan yang biasa dipakai untuk energi kinetik ($V^2/2g$), energi ini dapat dihitung dengan tabung pitot yang diletakan dalam aliran seperti gambar 2.1. dibawah kaki kedua dari manometer dihubungkan dengan pipa aliran secara tegak lurus dari manometer dihubungkan dengan pipa aliran untuk menyatakan tekanan yang ada pada pipa aliran titik ini.

3. Head Tekanan

Head tekanan adalah energi yang dikandung oleh fluida tekanannya dalam persamaannya adalah ρ/γ . Jika sebuah manometer terbuka dihubungkan dengan sudut tegak lurus aliran, maka fluida di dalam tabung akan naik sampai ketinggian yang sama dengan ρ/γ . (*Autin H. Church. Zulkifli Harahap.1990*).



Gambar 2.1: Metode mengukur head (Sumber: H. Church Austin; centrifugal Pump and Blower; hal 14)

2.2 Pengertian Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara memberikan energi mekanik pada pompa yang kemudian diubah menjadi energi gerak fluida. Pompa sentrifugal mempunyai sebuah impeller (baling-baling) untuk mengangkat Fluida dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan pada poros pompa untuk memutar impeller. Maka zat cair yang ada di dalam impeller dapat berputar oleh dorongan sudu – sudu. Karena timbul gaya sentrifugal, maka zat cair mengalir dari tengah impeller ke luar melalui saluran di antara sudu–sudu. Disini head tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian juga head kecepatannya menjadi lebih tinggi karena mengalami percepatan.

Zat cair yang keluar melalui impeller akan ditampung oleh saluran berbentuk volute (spiral) dikelilingi impeller dan disalurkan keluar pompa melalui nozel (outlet/discharge). Di dalam nozel ini sebagian head kecepatan

aliran diubah menjadi head tekanan. Jadi impeller pompa berfungsi memberikan kerja pada fluida sehingga energi yang dikandungnya menjadi lebih besar. Selisih energi per satuan berat atau head total fluida antara flange (flens) isap dan flange (flens) keluar disebut head total pompa.

Dari uraian di atas, jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan perubahan head tekanan, head kecepatan dan head potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinu.

2.3. Pengertian Kavitasasi

Kavitasasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Misalnya, air pada tekanan 1 atmosfer akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada 100 °C. Tetapi jika tekanan direndahkan, maka air akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah. Jika tekanannya cukup rendah, maka pada temperatur kamarpun air dapat mendidih.

Apabila zat cair mendidih, maka akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair. Hal ini dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir di dalam pompa maupun di dalam pipa. Tempat-tempat yang bertekanan rendah dan/atau berkecepatan tinggi di dalam aliran sangat rawan terhadap terjadinya kavitasasi. Pada pompa misalnya, bagian yang mudah mengalami kavitasasi adalah pada sisi isapnya. Kavitasasi akan timbul bila tekanan isap terlalu rendah.

Jika pompa mengalami kavitasasi, maka akan timbul suara berisik dan getaran. Selain itu performansi pompa akan menurun secara tiba-tiba, sehingga

pompa tidak dapat bekerja dengan baik. Jika pompa dijalankan dalam keadaan terkavitasi secara terus-menerus dalam jangka waktu lama, maka permukaan dinding saluran di sekitar aliran yang berkavitasi akan mengalami kerusakan. Permukaan dinding akan termakan sehingga menjadi berlubang-lubang atau bopeng. Peristiwa ini disebut erosi kavitasi. Sebagai akibat dari tumbukan gelembung-gelembung uap yang pecah pada dinding secara terus-menerus. Dikarenakan kavitasi memberi banyak kerugian pada pompa, maka kavitasi perlu dihindari.

2.3.1. Cara-cara untuk mencegah terjadinya kavitasi antara lain:

- a. Tekanan gas diperbesar di dalam pipa di mana fluida yang mengalir dipompakan. Cara ini menuntut dimensi pipa yang lebih besar dengan batasan ± 3 atm
- b. Sebuah pompa booster dipasang pada ujung pipa isap

Sebuah *axial wheel* atau *halical wheel* dipasang tepat di dalam impeller pada poros yang sama, hal ini dimaksudkan untuk menaikkan tekanan dan membuat pusaran terhadap aliran, cara ini merupakan pilihan yang paling baik. Akan tetapi, bila kecepatan putaran (n) dan debitna (Q) sama dengan kecepatan putar dan debit dari impeller, maka kavitasi justru akan terjadi pada runner pemantu itu sendiri. Oleh karena itu, dalam pemasangannya, runner pembantu ini diperlukan pertimbangan yang sungguh-sungguh.

2.4. Klasifikasi Pompa

Menurut prinsip kerjanya, pompa diklasifikasikan menjadi:

a. *Positive Displacement Pump*

Pompa yang menghasilkan kapasitas intermitten karena fluidanya ditekan dalam elemen-elemen pompa dengan volume tertentu. Jadi, fluida yang masuk kemudian dipindahkan ke sisi buang sehingga tidak ada kebocoran (aliran balik) dari sisi buang ke sisi masuk. Pompa jenis ini menghasilkan *head* yang tinggi dengan kapasitas yang rendah. Perubahan energi yang terjadi pada pompa ini adalah energi mekanik yang diubah langsung menjadi energi potensial.

Macam-macam *Positive Displacement Pump*:

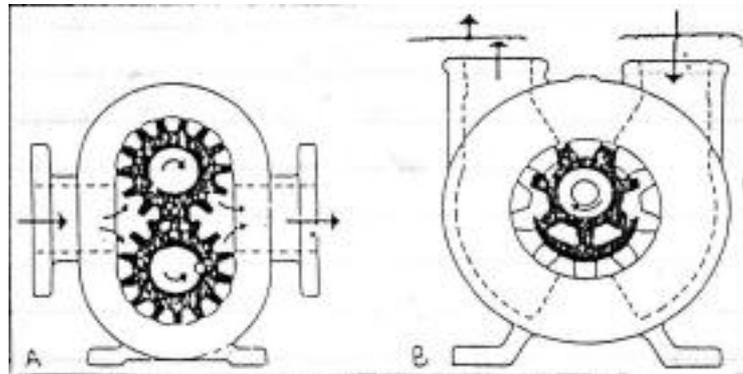
1. Pompa Piston

Prinsip kerja dari pompa ini adalah sebagai berikut: berputarnya selubung putar akan menyebabkan piston bergerak naik-turun sesuai dengan ujung piston di atas piring dakian. Fluida terisap ke dalam silinder dan kemudian ditukar ke saluran buang akibat gerakan turun-naiknya piston. Bertemunya rongga silindris piston pada selubung putar dengan saluran isap dan tekan yang terdapat pada alat berkatup. Pompa ini diproduksi untuk memenuhi kebutuhan head yang sangat tinggi dengan kapasitas aliran rendah. Dalam aplikasinya pompa piston banyak digunakan untuk keperluan pemenuhan tenaga hidrolik pesawat angkat.

2. Pompa Roda Gigi

Prinsip kerjanya adalah berputarnya dua buah roda gigi berpasangan yang terletak antara rumah pompa dan menghisap serta menekan fluida yang mengisi ruangan antar roda gigi (yang dibatasi oleh gigi dan rumah pompa) ditekan ke sisi buang akibat terisinya ruang antara roda gigi pasangannya. Pompa ini biasanya digunakan untuk memenuhi

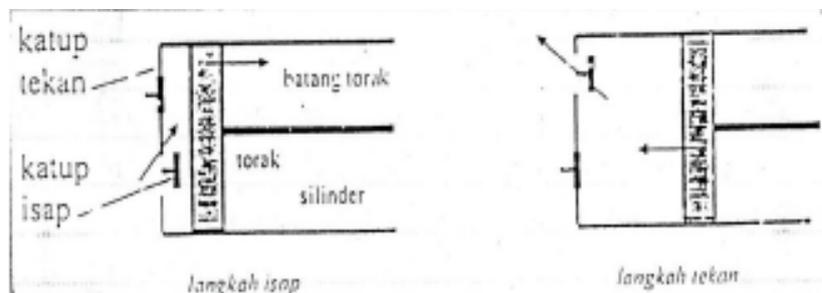
kebutuhan head tinggi dengan kapasitas aliran sangat rendah. Dalam aplikasinya, pompa ini digunakan untuk pelumas.



Gambar 2.2: Pompa Roda Gigi (Sumber: Edward, Hick. Teknologi Pemakaian Pompa. Erlangga.1996. hal 26)

3. Pompa Torak

Prinsip kerjanya adalah torak melakukan gerakan isap terbuka dan katup tekan tertutup. Sedangkan pada saat torak mulai melakukan gerakan tekan, katup isap tertutup dan katup tekan terbuka. Kemudian fluida yang tadinya terisap dibuang pada katup tekan. Pompa ini biasa digunakan untuk memenuhi head tinggi dengan kapasitas rendah. Dalam aplikasinya pompa torak banyak digunakan untuk pemenuhan tenaga hidrolis.



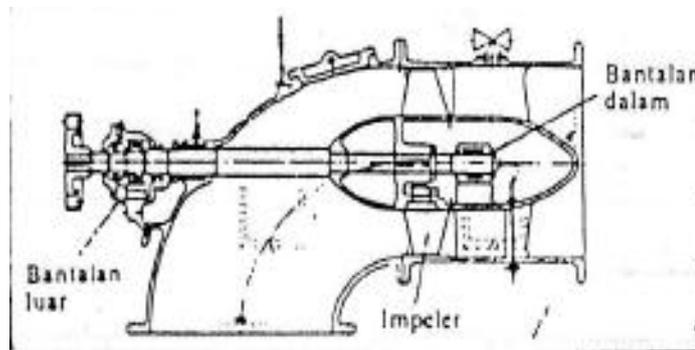
Gambar 2.3: Skema Pompa Torak (Sumber: Edward, Hick. Teknologi Pemakaian Pompa. Erlangga.1996. hal 32)

b. 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 tinggi. Fluida masuk dipercepat oleh impeller yang menaikkan kecepatan absolut fluida maupun tekanannya dan melemparkan aliran melalui volut. Yang tergolong pompa dinamik antara lain:

1. Pompa Aksial

Prinsip kerja pompa ini adalah sebagai berikut: berputarnya impeller akan mengisap fluida yang akan dipompakan dan menekannya ke sisi tekan dalam arah aksial (tegak lurus). Pompa aksial biasana diproduksi untuk kebutuhan head rendah dengan kapasitas aliran yang besar. Dalam aplikasinya pompa jenis ini banyak digunakan untuk irigasi.

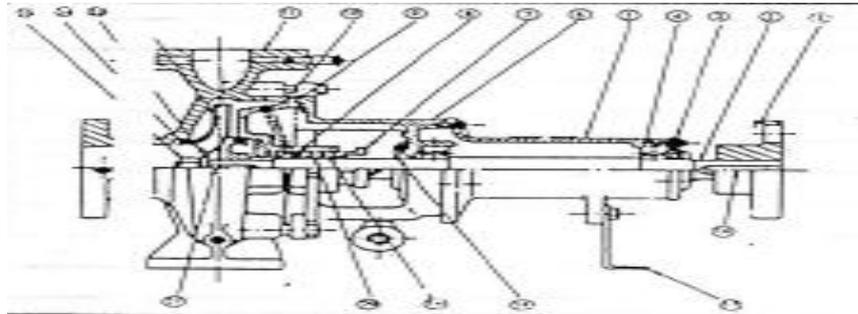


Gambar 2.4: Skema Pompa Aksial (Sumber: Sularso, Tahara; Pompa dan Kompresor; Pradya Paramitha; hal 76)

2. Pompa Sentrifugal

Pompa ini terdiri dari satu atau lebih impeller yang dilengkapi dengan sudu-sudu pada poros yang berputar dan diselubungi chasing. Fluida diisap pompa melalui sisi isap, akibat berputarnya impeller yang

menghasilkan tekanan vakum. Pada sisi isap selanjutnya fluida yang telah terisap kemudian terlempar ke luar impeller akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida.

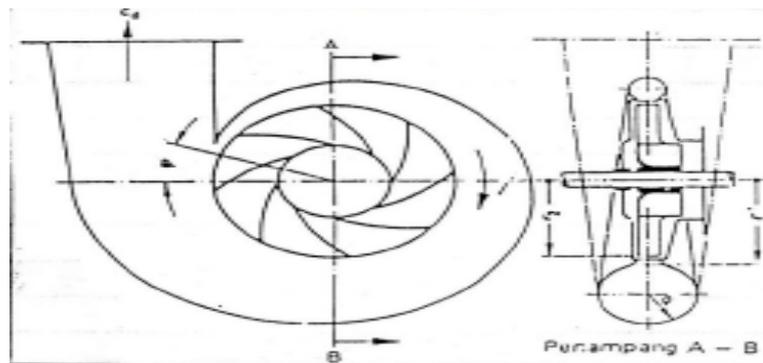


Gambar 2.5: Pompa Sentrifugal dengan Isapan Ujung (Sumber: Sularso, Tahara; Pompa dan Kompresor; Pradya Paramitha; hal 132)

2.5. Klasifikasi Pompa Sentrifugal:

a. Pompa Volut

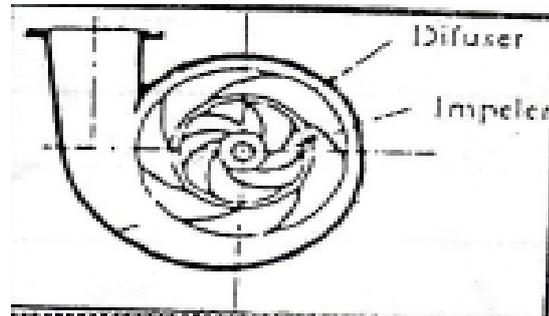
Aliran yang keluar dari impeller pompa volut ditampung dalam volut, yang selanjutnya akan dialirkan melalui nozzle untuk keluar.



Gambar 2.6: Skema Pompa Volut (Sumber: Sularso, Tahara; Pompa dan Kompresor; Pradya Paramitha; hal 244)

b. Pompa Difusser

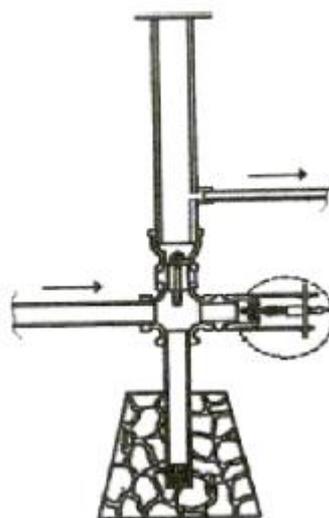
Pompa yang mempunyai difuser yang dipasang mengelilingi impeller.



Gambar 2.7: Skema Pompa Difuser (Sumber: Fritz, Dietzel. Turbin, Pompa, dan Kompresor.1990. hal 244)

c. Pompa *Hydraulic Ramp*

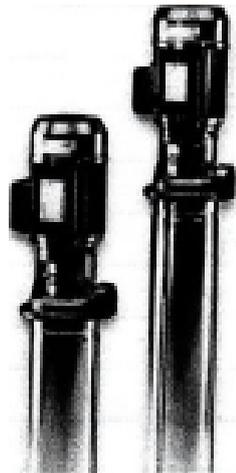
Adalah pompa yang tidak menggunakan energi listrik/bahan bakar untuk bekerja. Bekerja dengan sistem pemanfaatan tekanan dinamik atau gaya air yang timbul karena adanya aliran air dari sumber air ke pompa, gaya tersebut digunakan untuk menggerakkan katup yang bekerja dengan frekuensi tinggi, sehingga diperoleh gaya besar untuk mendorong air ke atas.



Gambar 2.8: Hydraulic Ramp (Sumber: utama-teknik.indonetwork.net)

d. Pompa Benam

Pompa benam menggunakan daya listrik untuk menggerakkan motor. Motor itu mempunyai poros yang tegak lurus dengan impeller. Karena kedudukan impeller satu poros dengan motor, maka bila motor bekerja, impeller akan berputar dan air yang berada pada bak isapan terangkat oleh sudu yang terdapat pada impeller. Untuk menahan air yang telah diisap oleh impeller, supaya tidak bocor kembali ke bak isapan, air ditahan oleh lower difusser yang berada di bagian bawah pompa.



Gambar 2.9: Pompa Benam (Sumber: warintek.bantulkab.go.id)

2.6. Pompa Sentrifugal Dan Prinsip Kerjanya

2.6.1 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal

Bagian-bagian pompa sentrifugal adalah sebagai berikut:

1. Casing (rumah keong)

Fungsinya untuk merubah atau mengkonversikan energi cairan menjadi energi tekanan statis.

2. Impeller

Fungsinya untuk merubah energi kinetik atau memberikan energi kinetik pada zat cair, kemudian di dalam casing diubah menjadi energi tekanan.

3. Pons Pompa

Fungsinya untuk meneruskan energi mekanik dari mesin penggerak (prime over) kepada impeller.

4. Inlet

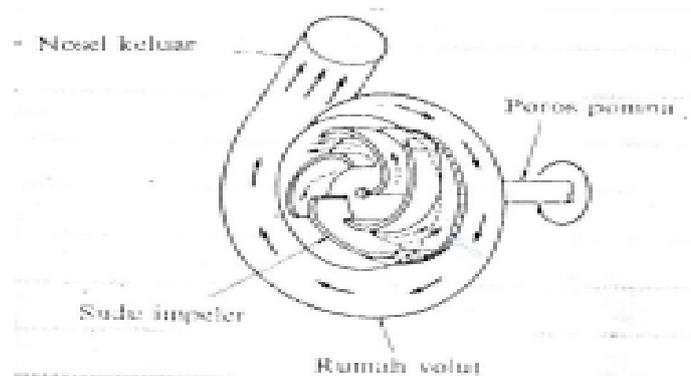
Fungsinya untuk saluran masuk cairan ke dalam impeller.

5. Outlet

Fungsinya untuk saluran keluar dari impeller.

6. Nozzle

Fungsinya untuk merubah energi kinetik menjadi energi tekanan.



Gambar 2.10: Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal (Sumber: Fritz, Dietzel. Turbin, Pompa, dan Kompresor. 1990, hal 115)

2.6.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Fluida terhisap melalui sisi isap, karena tekanan pada pompa lebih kecil daripada tekanan atmosfer, kemudian masuk dan ditampung di dalam rumah keong. Karena adanya putaran impeller, maka fluida keluar melalui sisi buang dengan arah radial.

2.6.3. Bagian Utama pompa sentrifugal:

1. Impeller

Untuk menghisap fluida dari sisi isap dan menekannya dalam arah aksial ke sisi buang.

2. Sudu

Bagian impeller yang berfungsi untuk menggerakkan fluida sehingga menghasilkan gaya sentrifugal pada fluida.

3. Casing

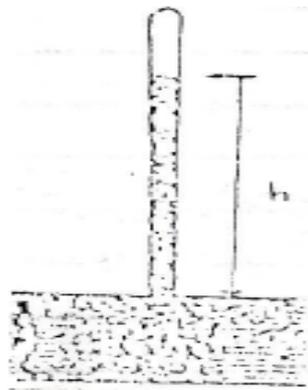
Disebut juga rumah keong, berfungsi menampung cairan yang terlempar dari sudu-sudu impeller.

2.7. Macam-macam Alat Ukur Tekanan (Head) Dan Pengertiannya

Dalam fluida stasioner, tekanan didistribusikan ke semua arah dan disebut sebagai fluida statis didistribusikan ke saluran permukaan sejajar dengan arah permukaan fluida. Untuk menentukan permukaan statis pada fluida bergerak, maka permukaan pengukurannya harus sejajar dengan arah aliran sehingga tidak ada energi kinetik yang berubah ke energi statis. Tekanan diukur di dekat dinding dengan kecepatan minimum sehingga pembacaannya hanya akan menghasilkan sedikit kesalahan.

1. Barometer

Digunakan untuk mengukur tekanan atmosfer. Sebuah barometer sederhana terdiri dari sebuah tube dengan ukuran lebih dari 36 inchi (760 mm), dimasukkan dalam penampungan raksa terbuka dengan sisi tertutup. Dapat dikatakan bahwa daerah di atas tidak boleh benar-benar vakum. Penampung ini berisi uap raksa pada fase uap lanjut, akan tetapi harganya sangat kecil. Pada temperatur ruang (0,173 Pa pada 20). Tekanan dihitung dari hubungan $P_a \cdot H_m =$ di mana adalah kerapatan fluida dalam barometer.

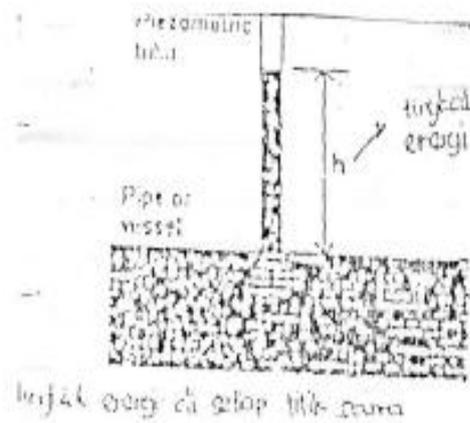


Gambar 2.11: Barometer (Sumber: engineering technology.com)

2. Tube Gauge

a. Pie'zometer Tube

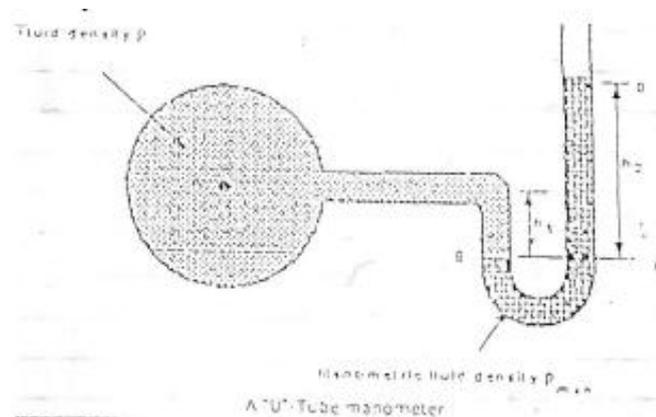
Untuk pengukuran tekanan di dalamnya, sebuah tube dapat ditempatkan pada dinding pipa yang terdapat cairan, sehingga cairan tidak dapat naik, dengan menentukan ketinggian naiknya fluida dengan persamaan: $P = \rho \cdot g \cdot h$, tekanan cairan dapat ditentukan dengan Pie'zometer tube.



Gambar 2.12. Pie'zometer tube (Sumber: handout mekanika Fluida Universitas Brawijaya)

b. Manometer

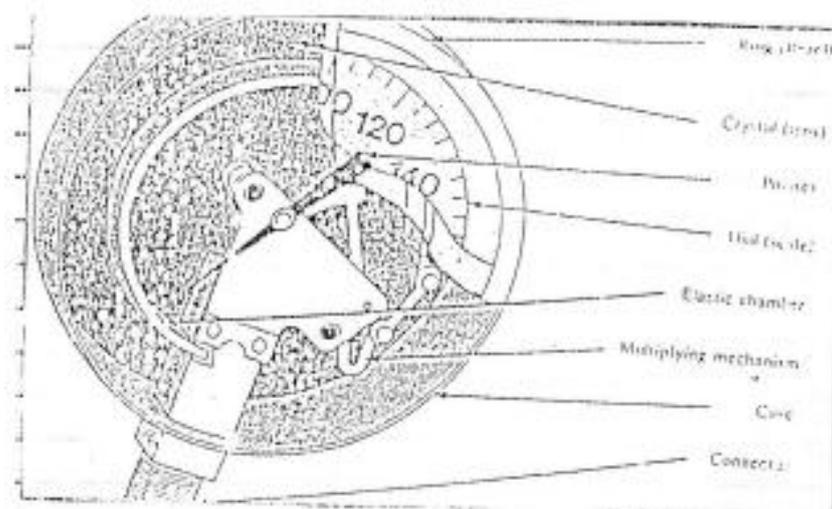
Peralatan yang lebih kompleks untuk mengukur tekanan fluida, terdiri dari sebuah tabung melengkung (Bent tube) berisi satu atau lebih cairan dengan spesifik gravitasi yang berbeda. Alat ini dikenal dengan manometer. Dalam menggunakan manometer, secara umum tekanan yang diketahui berada dalam satu sisi manometer dan tekanan yang tidak diketahui dan akan diukur pada sisi kirinya.



Gambar 2.13. Manometer “U” Tube (Sumber: handout Mekanika Fluida Universitas Brawijaya)

3. Mechanical Gauge/Bordon Gauge

Tekanan yang akan diukur dibalikkan pada sebuah tabung melingkat berpenampang oval. Tekanan pada tabung-tabung tersebut cenderung menyebabkan tabung menegang dan defleksi dari sisi tabung dihubungkan sepanjang sistem pengungkit ke jarum perekam. Gauge ini digunakan secara luas untuk mengukur uap dan gas yang bertekanan. Tekanan indikasi merupakan perbedaan tekanan dengan sistem gauge terhadap tekanan luar dan biasanya disebut dengan sebagai gauge pressure.



Gambar 2.14. Bordon Gauge (Sumber: engineeringtechnology.com)

2.8. Macam-Macam Aliran Dalam Pipa

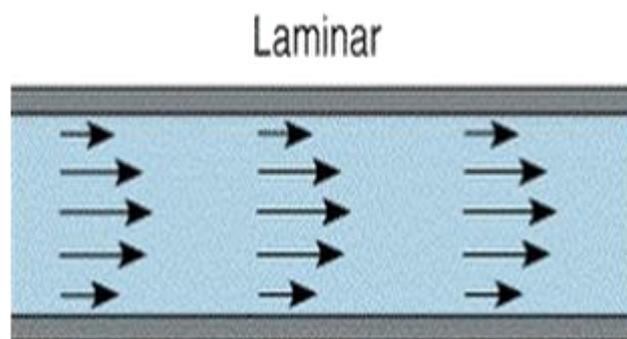
2.8.1. Aliran Laminar

Adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dan garis-garis arusnya halus. Dalam aliran laminar, partikel-

partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur secara mulus pada lapisan yang bersebelahan. Sifat kekentalan zat cair berperan penting dalam pembentukan aliran laminar. Aliran laminar bersifat steady maksudnya alirannya tetap. "Tetap" menunjukkan bahwa di seluruh aliran air, debit alirannya tetap atau kecepatan aliran tidak berubah menurut waktu.

Aliran fluida pada pipa, diawali dengan aliran laminar kemudian pada fase berikutnya aliran berubah menjadi aliran turbulen. Fase antara laminar menjadi turbulen disebut aliran transisi. Aliran laminar mengikuti hukum Newton tentang viskositas yang menghubungkan tegangan geser dengan laju perubahan bentuk sudut. Tetapi pada viskositas yang rendah dan kecepatan yang tinggi aliran laminar

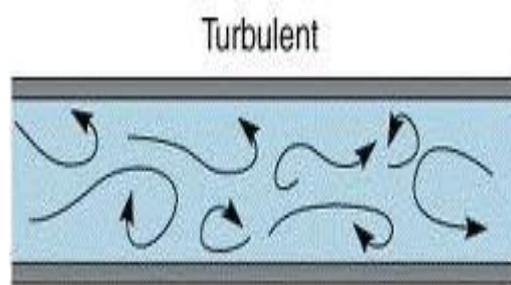
Tidak stabil dan berubah menjadi aliran turbulen. bisa di ambil kesimpulan mengenai ciri-ciri aliran laminar yaitu, fluida bergerak mengikuti garis lurus, kecepatan fluidanya rendah, viskositasnya tinggi dan lintasan gerak fluida teratur antara satu dengan yang lain.



Gambar 2.15. Aliran Laminar

2.8.2. Aliran Turbulen

Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melalui komplek, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan Ciri dari alairan turbulen: tidak adanya keteraturan dalam lintasan fluidanya, aliran banyak bercampur, kecepatan fluida tinggi, panjang skala aliran besar dan viskositasnya rendah. Karakteristik aliran turbulen ditunjukkan oleh terbentuknya pusaran-pusaran dalam aliran, yang menghasilkan percampuran terus menerus antara partikel partikel cairan di seluruh penampang aliran.



Gambar 2.16. Aliran Turbulen

2.9. Kinerja Aliran Fluida

Faktor yang mempengaruhi terhadap kinerja aliran fluida didalam pipa dapat meliputi, debit air, dan kecepatan aliran. Dari kedua faktor kinerja aliran tersebut didapat persamaan sebagai berikut :

1. Debit air

Debit / kapasitas merupakan volume fluida yang dapat dialirkan per satuan waktu. Pengukuran dari kapasitas dilakukan dengan menggunakan venturimeter, orifice, pitot tube dan lain-lain. Satuan dari kapasitas (Q) adalah m^3/s , liter/s, atau ft^3/s .

Perhitungan debit dapat dinyatakan pada persamaan berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.1)$$

2. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran sebagai kinerja aliran fluida dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.2)$$

luas penampang pipa dapat dirumuskan dengan:

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (2.3)$$

2.10. Tekanan Hidrostatik

Pada prinsip tekanan terdiri dari tekanan atmosfer, tekanan terukur dan tekanan absolute. Tekanan atmosfer disebabkan oleh berat gravitasi udara diatas permukaan bumi dan tekanan ini sulit dihitung. Pengukuran tekanan biasanya diukur dengan manometer U yang menggunakan pipa berdiameter berbentuk U dan di isi dengan cairan yang lebih besar massa jenisnya dari pada air contohnya air raksa.

$$P = \gamma \cdot g \cdot h \quad (2.4)$$

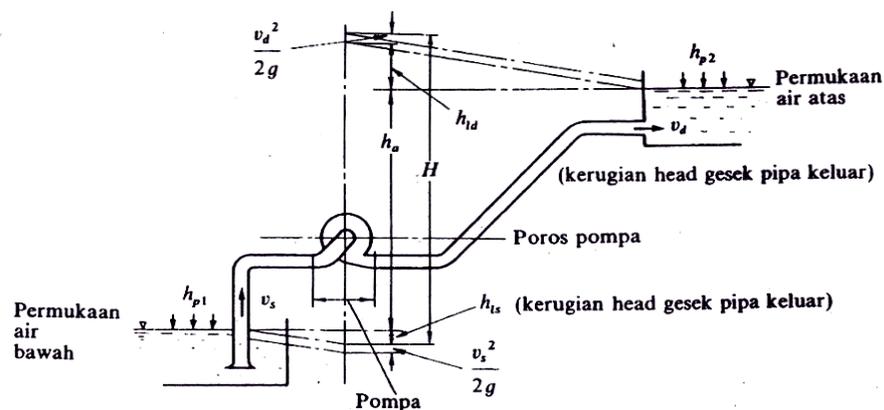
Persamaan (2.10) menyatakan bahwa tekanan P berbanding terbalik dengan luas permukaan bidang tempat gaya bekerja. Jadi, untuk besar gaya yang sama, luas bidang yang kecil akan mendapatkan tekanan yang lebih besar dari pada luas bidang yang besar.

Tekanan disebabkan oleh fluida tak bergerak. Tekanan yang dialami oleh suatu titik di dalam fluida diakibatkan oleh gaya berat fluida yang berada di atas titik tersebut.

2.11. Perhitungan Head

2.11.1. Head Total 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 persatuan 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 2.17. Head pompa

Dari gambar 2.18. kita dapat menentukan head total pompa dengan persamaan dibawah ini:

$$H = H_s + \Delta hp + hl + \frac{v_t^2}{2g} \quad (2.5)$$

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 kerugian-kerugian 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. (Sularso, Haruo Tahara.2000).

2.11.2. Head Statis Total

Head potensial / elevasi adalah perbedaan ketinggian antara fluida pada sisi tekan dengan ketinggian fluida pada sisi isap. *Head* elevasi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$H_s = Z_t - Z_i \quad (2.6)$$

2.11.3. Head Kerugian gesek untuk zat cair di dalam pipa

Untuk aliran yang laminar dan turbulen, terdapat rumus yang berbeda. Sebagai patokan apakah suatu aliran itu laminar atau turbulen, diapakai bilangan reynold yang bersangkutan.

Bilangan Reynold

$$\text{Re} = \frac{V \cdot d}{\nu} \quad (2.7)$$

Pada $\text{Re} < 2300$, aliran laminar dan $\text{Re} > 4000$, aliran bersifat turbulen dan jika $\text{Re} = 2300-4000$ terdapat aliran transisi.

Perhitungan pola aliran di dalam pipa dipengaruhi oleh pola aliran, untuk aliran laminar dan turbulen akan menghasilkan nilai faktor gesekan yang berbeda. Hal ini dikarenakan karakteristik dari aliran tersebut nilai faktor gesekan pipa dapat di cari dengan diagram moody, namun untuk ketelitian lebih dapat digunakan persamaan moody pada aliran laminar ($\text{Re} < 2300$) harga f dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = \frac{64}{\text{Re}} \quad (2.8)$$

Dan nilai untuk faktor gesekan pipa dalam Aliran Turbulen ($\text{Re} > 4000$) harga f dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = 0,0055 (1 + (20000 \times \varepsilon/d + 10^6 / \text{Re})^{1/3}) \quad (2.9)$$

Untuk menghitung faktor gesekan antara dinding pipa dengan aliran fluida tanpa adanya perubahan luas penampang di dalam pipa dapat dipakai rumus Darcy yang secara matematis ditulis sebagai berikut:

$$h_f = \frac{L \cdot V}{d \cdot 2g} \quad (2.10)$$

2.11.4. Kerugian head pada sambungan elbow 90° pada pipa

Kerugian minor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan yang terjadi pada katup-katup, sambungan T, sambungan belokan dan pada luas penampang yang tidak konstan. Pada aliran yang melewati belokan dan katup head loss minor yang terjadi dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

$$hl_1 = \eta \kappa_1 \frac{V^2}{2g} \quad (2.11)$$

2.11.5. Kerugian head pada katub isap dengan saringan.

Kerugian ini dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut:

$$hl_2 = k \frac{V_i^2}{2g}$$

(2.12)

2.12. Perhitungan Daya

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

2.12.2. Daya Hidrolis

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

$$Nh = \gamma \cdot H \cdot Q \quad (2.13)$$

2.12.2. Daya Pompa Sentrifugal

Berdasarkan energi atau daya dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluida yang dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut. Daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa di sebut juga dengan daya pompa dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Np = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta \times 75} \quad (2.14)$$

2.12. Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Berubahnya kapasitas akan mempengaruhi efisiensi pompa dan daya pompa.

Sehingga untuk efisiensi pompa (η) dapat dicari dengan menggunakan persamaan,

$$f_v = \frac{N_h}{N_m} \times 100\% \quad (2.15)$$

2.13. NPSH

NPSH adalah head yang dimiliki zat cair pada sisi isap pompa dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair ditempat tersebut. NPSH yang tersedia tergantung kepada tekanan atmosfer atau tekanan absolut pada permukaan zat cair dan kondisi instalasinya. Besarnya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

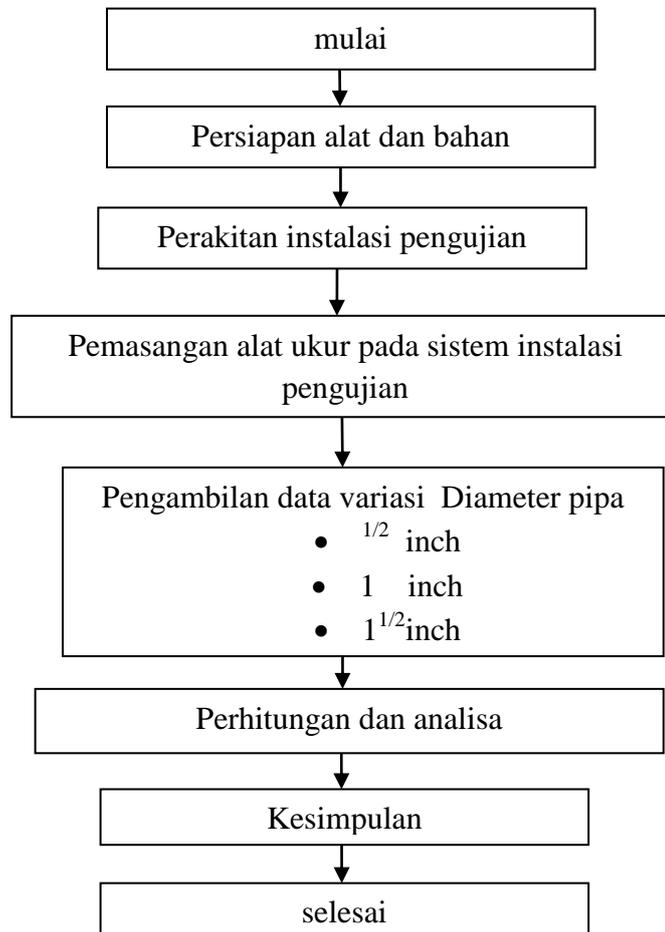
$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_v}{\gamma} - Z_i - hl_i \quad (2.16)$$

BAB 3

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode ekperimental, yaitu dengan melakukan serangkaian pengujian variasi diameter pipa hisap pompa yang meliputi debit air, head, daya dan efisiensi pompa. Penelitian ini menggunakan 3 buah pipa pompa dengan variasi diameter $\frac{1}{2}$ inch, 1 inch dan $1\frac{1}{2}$ inch.

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1. Tempat

Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA, Jl. Kapten Mukhtar Basri, Ba No. 3 Medan - 20238 Telp. 061-6622400 Ext. 12.

3.2.2. Waktu

Tabel 3.1. Waktu penelitian

No	KEGIATAN	BULAN (2017-2018)									
		11	12	01	02	03	04	05	06	07	
1	Referensi Judul	■									
2	ACC Judul	■									
3	Pembuatan Prposal		■	■							
4	Pembuatan instalasi				■						
5	Pengujian pipa hisap				■	■					
6	Pembuatan laporan					■					

3.3. Spesifikasi Pompa

Pompa yang digunakan untuk penelitian tugas akhir ini adalah pompa sentrifugal yang bermerek SAN-EI dengan code401A dan spesifikasi sebagai berikut :

Spesifikasi Pompa :	
Code	: San-ei SE-401A
Daya	: 0,40 kW / 0,50 HP/ 400 Watt
Ukuran Pipa	: 1 1/2" x 1 1/2"
Tinggi Isap	: 8 m
Tinggi Dorong	: 9 m
Kapasitas	: 340 L/min
Volt	: 220 V
Putaran	: 2850 rpm

Gambar 3.2. Pompa sentrifugal merek san-ei SE -401A

3.4. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu:

1. Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal berfungsi sebagai alat uji untuk memompakan air dari sisi hisap ke sisi tekan.



Gambar 3.3. Pompa Sentrifugal

2. Elbow Dan T

Elbow dan sambungan T berfungsi untuk menyambung pipa.



Gambar 3.4. Elbow Dan T

3. Flow Meter Sensor

Flow Meter Sensor berfungsi sebagai alat ukur untuk mengetahui debit air dan volume air dengan spesifikasi : Model YF-DN40. Working Range 5-150- L/min dan Water Pressure = 1,75 Mpa.



Gambar 3.5. Flow Meter Sensor

4. Manometer U

Manometer U berfungsi sebagai alat mengukur tekanan air di dalam pipa.



Gambar 3.6. Manometer U

5. 3 buah variasi diameter pipa $\frac{1}{2}$ inch, 1 inch, dan $1\frac{1}{2}$ inch.

Pipa berfungsi sebagai spesimen yang akan di uji pada pompa dengan variasi diameter yang berbeda.



Gambar 3.7. pipa

6. Arduino UNO

Arduino Uno berfungsi sebagai memuat semua yang dibutuhkan untuk mendukung microcontroller, dengan cara dihubungkan dengan komputer menggunakan kabel USB.



Gambar 3.8. Arduino Uno

7. Software Arduino

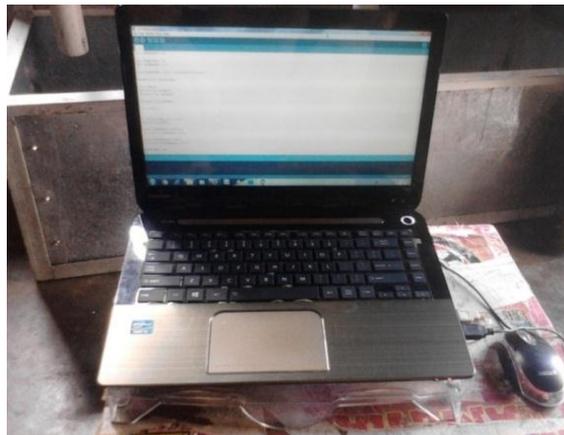
Berfungsi untuk memprogram arduino flow meter sensor dan mengetahui debit air dan volume yang keluar.

 <p>AN OPEN PROJECT WRITTEN, DEBUGGED, AND SUPPORTED BY ARDUINO.CC AND THE ARDUINO COMMUNITY WORLDWIDE</p> <p>LEARN MORE ABOUT THE CONTRIBUTORS OF ARDUINO.CC on arduino.cc/credits</p>	Mikrokontroler	ATmega328
	Tegangan pengoperasian	5V
	Tegangan input yang disarankan	7-12V
	Batas tegangan input	6-20V
	Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
	Jumlah pin input analog	6
	Arus DC tiap pin I/O	40 mA
	Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
	Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
	SRAM	2 KB (ATmega328)
	EEPROM	1 KB (ATmega328)
	Clock Speed	16 MHz

Gambar .3.9. Software Arduino

8. Laptop

Berfungsi untuk membuka Software Arduino.



Gambar 3.10. Leptop

9. Meteran

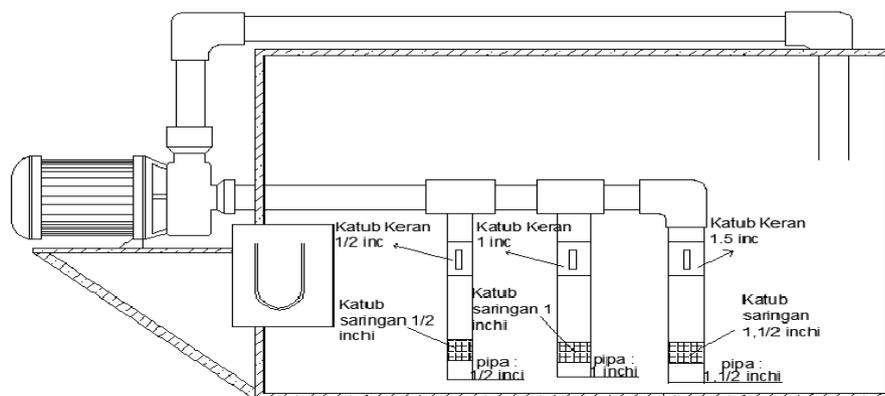
Berfungsi untuk mengukur panjang pipa, mengukur jarak antara pipa isap dengan permukaan air dan mengukur jarak antara pipa tekan dengan permukaan air.



Gambar 3.11. Meteran

3.5. Design Alat

Design alat yang digunakan pada penelitian variasi diameter impeller ini adalah desain alat yang sederhana. Alat yang dibuat untuk mengalirkan fluida dari pipa isap dan mengalir ke pipa tekan, setelah adanya perubahan diameter pada impeller. Design alat dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. Design alat

Keterangan :

1. Pompa Sentrifugal mempunyai elemen utama yakni berupa motor penggerak dengan sudu impeller yang berputar dengan kecepatan tinggi untuk memompakan fluida dari sisi isap ke sisi tekan

2. Pipa tekan berguna untuk mengalirkan air menuju flowmeter sensor
3. Pipa isap berguna untuk menghisap fluida dari bak air dan mengalirkannya menuju pipa tekan.
4. Manometer U sisi tekan berguna untuk mengukur tekanan hidrostatik pipa tekan.
5. Manometer U sisi isap berguna untuk mengukur tekanan hidrostatik pipa isap
6. Flow meter sensor berguna untuk mengukur kapasitas air yang telah di pompakan dari pompa sentrifugal
7. Bak air berguna sebagai wadah Fluida.

3.6. Skema rangkaian flowmeter sensor dengan arduino uno

Rangkaian pada flowmeter sensor terhadap arduino digunakan rangkaian receiver, dimana bagian receiver terdiri dari receiver modul yang akan menerima data kemudian diolah di mikrokontroler arduino uno kedua yang akan didisplay pada laptop.

Untuk skema rangkaian receiver seperti pada gambar di bawah:



Gambar 3.13. Skema rangkaian Flow meter sensor

Bagian transmiter dimulai dari sensor flowmeter yang mempunyai 3 pin. Pertama pin merah sensor yaitu VCC dihubungkan dengan 5V pada arduino, kedua pin hitam yaitu ground dihubungkan dengan ground pada arduino, dan

yang terakhir pin kuning yaitu output dihubungkan dengan pin digital I/O (2) pada arduino, untuk posisi flowmeter diletakkan pada bagian suction dan laptop menerima hasil data dari percobaan tersebut.

3.7. Pengujian dan teknik pengambilan data

Adapun pengujian dan cara pengambilan data sebagai berikut :

1. Mempersiapkan instalasi dan peralatan.
2. Untuk menguji pipa hisap diameter $\frac{1}{2}$ inch, tutup terlebih dahulu katup pada pipa hisap 1 inch dan $1\frac{1}{2}$ inch. kemudian hidupkan pompa.
3. Pengambilan data debit air secara manual, dengan cara memasang flowmeter sensor dengan menutup katup 1 inch dan $1\frac{1}{2}$ inch dan katup $\frac{1}{2}$ dalam keadaan terbuka.
4. Pengambilan data dari flowmeter sensor dan pengambilan data tekanan pada manometer U untuk diameter pipa isap $\frac{1}{2}$ inch.
5. Untuk menguji pipa hisap 1 inch tutup katup pipa hisap $\frac{1}{2}$ inch, dan menutup katup pipa hisap $1\frac{1}{2}$ inch.
6. Pengambilan data debit air secara manual, dengan cara memasang flowmeter sensor dengan menutup katup $\frac{1}{2}$ inch dan $1\frac{1}{2}$ inch dan katup 1 dalam keadaan terbuka.
7. Pengambilan data dari flowmeter sensor dan pengambilan data tekanan pada manometer U untuk diameter pipa 1 inch.
8. Untuk menguji pipa hisap $1\frac{1}{2}$ inch, tutup katup pipa hisap $\frac{1}{2}$ inch dan 1 inch.

9. Pengujian dan Pengambilan data debit air secara manual, dengan cara memasang flowmeter sensor dengan menutup katup pipa isap $\frac{1}{2}$ inch dan 1 inch, katup $\frac{1}{2}$ inch dalam keadaan terbuka.
10. Pengambilan data arduino flowmeter sensor dan pengambilan data tekanan pada manometer U untuk pipa isap diameter pipa hisap $1 \frac{1}{2}$ inch.
11. Selesai.

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian eksperimen variasi diameter pipa hisap yang dilakukan dengan menggunakan instalasi alat yang sederhana di peroleh data sebagai berikut.

Tabel 4.1. Data hasil pengujian

Diamete r pipa hisap (inch)	Tekanan dalam pipa (N/m ²)	Debit Air (l/min)
½ inch	35	15
1 inch	135	65
1 ½ inch	85	109

4.2. Perhitungan pada diameter pipa ½ inch

Data yang telah diketahui:

Diameter pipa $d = \frac{1}{2}$ inchi = 12 mm = 0,012 m

Massa jenis fluida $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$

Viskositas kinetic zat cair $\nu = 1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Percepatan gravitasi $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Pipa yang digunakan pada instalasi adalah pipa plastik halus (PVC)

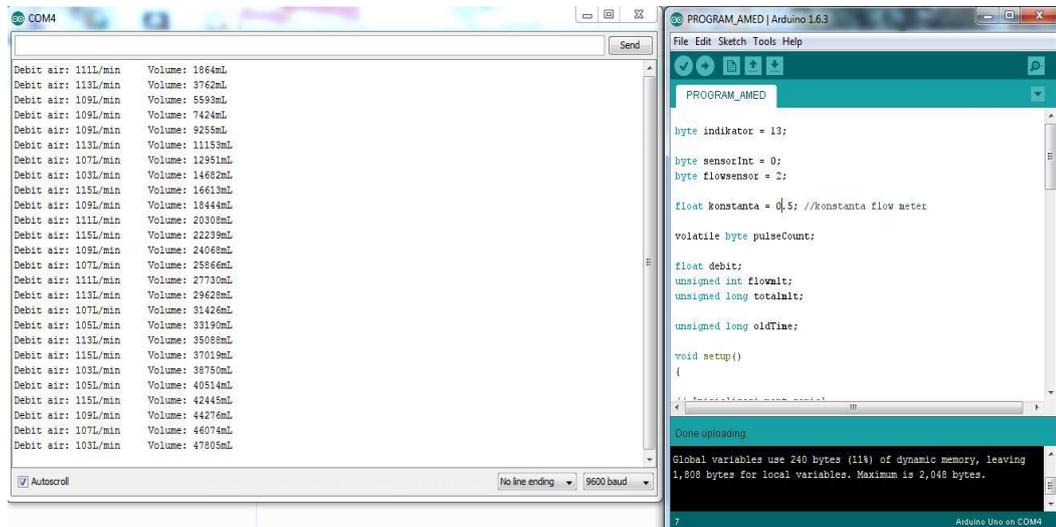
dengan nilai kekasaran $\varepsilon = 0,002 \text{ mm}$

4.2.1. Debit air Q

Debit air diketahui dari hasil pengujian menggunakan flow meter sensor kemudian diolah di mikrokontroller arduino uno yang akan didisplay pada

leptop. Yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dan pengambilan data debit air dilakukan secara manual dengan cara memasang flowmeter sensor pada pipa dan menampung air pada ujung pipa ke dalam sebuah wadah, katup 1 inch dan 1 ½ inch dalam keadaan katup tertutup dan pada saat yang sama juga dilakukan pengambilan data pada diameter pipa hisap 1 ½ inch.

Maka data yang di peroleh dari flow meter sensor pada sisi isap sebagai berikut:



Gambar 4.1. Data hasil pengujian pada sisi isap

- Debit air Pada sisi isap $Q_i = 15 \text{ L/min} \longrightarrow = 0,00025 \text{ m}^3/\text{s}$

4.2.2. Kecepatan aliran pipa isap

Sebelum menghitung kecepatan aliran, terlebih dahulu harus mengetahui luas penampang pipa dengan persamaan (2.2):

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

Maka:

$$A = \frac{3,14}{4} (0,012m)^2 = 0,0011m^2$$

Setelah menghitung luas penampang maka kecepatan pada pipa isap dapat diketahui dengan persamaan (2.3):

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

Maka:

$$V_i = \frac{0,00025m^3 / s}{0,0011m^2} = 0,22m / s$$

4.2.3. Tekanan hidrostatik pada pipa isap

Dari hasil uji eksperimen pada diameter pipa hisap 1 inch diperoleh tekanan di dalam pipa yang di ukur menggunakan manometer U,tinggi selang manometer U dari poros pompa sampai lantai dasar sebesar 127 cm,tekanan yang diperoleh pada sisi isap adalah: $h_1 = 35 \text{ mm} = 0,035 \text{ m}$ (*Tabel data hasil pengujian*)

untuk menentukan tekanan hidrostatik pada pipa isap Dapat diketahui dengan persamaan (2.4):

$$P_i = \gamma \cdot g \cdot h_i$$

Maka:

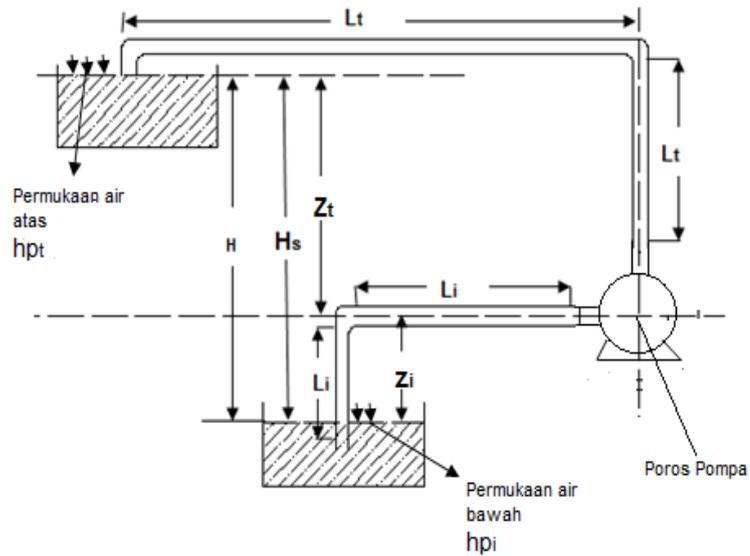
$$\begin{aligned} P_i &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,035 \text{ m} \\ &= 343,3 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.4. Nilai kekasaran relatif

Nilai kekasaran relatif dapat diketahui dengan kekasaran pipa yang digunakan, yaitu pipa plastik halus (PVC) yang di ambil 0,002 mm (*Lampiran tabel nilai kekasaran pada pipa PVC*). dibagi dengan diameter pipa:

$$\varepsilon/d = 0,002 \text{ mm}/12 \text{ mm} = 0,01$$

4.2.5. Perhitungan *Head*



Gambar 4.2. Head Pompa

a. Head Statis total

Head statis total perbedaan ketinggian antara fluida pada sisi tekan dengan ketinggian fluida pada sisi isap. Dimana diketahui ketinggian sisi tekan dengan ketinggian pada sisi isap pada instalasi di ukur dengan meteran yaitu Ketinggian fluida pada sisi tekan $Z_t = 0,57$ m. Dan $Z_i = 0,4$ m. Untuk mendapatkan head statis total, satuan cm di konversikan menjadi m. Dapat dinyatakan dengan rumus (2.6) sebagai berikut:

$$h_s = Z_t - Z_i$$

Maka:

$$\begin{aligned} h_s &= 0,57 - 0,4 \\ &= 0,17 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Head kerugian gesek dalam pipa isap dengan bilangan reynold

Dalam mencari kerugian gesek (f) terlebih dahulu mengetahui sifat aliran dengan menggunakan bilangan reynold (Re_i): $V_i =$ didapat dari perhitungan kecepatan aliran pada sisi isap. $d =$ diameter pipa. $\nu =$ didapat dari (*Lampiran tabel viskositas kinetik zat cair*). Dapat ditentukan dengan persamaan (2.7) sebagai berikut:

$$Re_i = \frac{v_i \cdot d}{\nu}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Re_i &= \frac{0,22 \cdot 0,012m}{1,307 \cdot 10^{-6} m^2 / s} \\ &= \frac{2,64m}{1,307 \cdot 10^6 m^2 / s} = 20198,92 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada $Re_i > 4000$, aliran pada pipa isap bersifat turbulen, dari bilangan reynold diatas yang diperoleh dengan perhitungan tersebut maka kerugian gesek dalam pipa dapat di tentukan dengan diagram moody, namun untuk ketelitian lebih dapat digunakan persamaan moody untuk aliran turbulen, ditentukan dengan persamaan (2.9.):

$$\begin{aligned} f &= 0,0055 (1 + (20000 \times \varepsilon/D + 10^6 / Re_i)^{1/3}) \\ &= 0,0055 (1 + (20000 \times 0,01 + 10^6 / 20198,92)^{1/3}) \\ &= 0,0055 (1 + (5,23)) \\ &= 0,0055 (6,23) = 0,034 \end{aligned}$$

c. Head kerugian gesek pada pipa isap

Untuk menghitung kerugian gesek antara dinding pipa dengan aliran fluida tanpa adanya perubahan luas penampang di dalam pipa dapat dipakai rumus

Darcy yang secara matematis ditulis sebagai berikut, dimana nilai f diambil dari persamaan moody untuk aliran turbulen $f : 0,034$, L_i : 80 cm panjang pipa pada sisi tekan,(diukur dengan meteran), V_i : di dapat dari perhitungan Kecepatan pada sisi isap dan d : diameter pipa. dapat ditentukan dengan persamaan (2.10):

$$hf_1 = f \frac{L_i \cdot v_i^2}{d \cdot 2g}$$

$$hf_1 = 0,034 \frac{0,8 \cdot (0,22m/s)^2}{0,012m \cdot 2 \cdot 9,81m/s^2}$$

$$= 0,034 \frac{0,176}{0,235}$$

$$= 0,034 \times 0,748 = 0,02 \text{ m}$$

d. Kerugian head akibat sambungan elbow 90° pipa isap

Kerugian head pada sambungan elbow 90° pada instalasi, pipa isap hanya ada 1 sambungan elbow dengan nilai faktor kelengkungan pipa lekuk 1,129 didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian belokan pipa*) dan V_i di dapat dari perhitungan kecepatan pada sisi isap. dapat ditentukan dengan persamaan (2.11):

$$hl_1 = nk_1 \frac{v_i^2}{2g}$$

$$hl_1 = 1,129 \frac{(0,22m/s)^2}{2 \cdot 9,81m/s^2}$$

$$= 1,129 \frac{0,04}{19,62}$$

$$= 1,129 \times 2,03 = 2,29$$

e. Kerugian pada katub isap dan saringan

Kerugian head pada katub dan saringan $k : 1,97$ didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian dari berbagai katub*) dan V_i di dapat dari perhitungan kecepatan pada sisi isap. Dapat ditentukan dengan persamaan (2.12):

$$hl_2 = k \frac{v_i^2}{2g}$$
$$hl_2 = 1,97 \frac{(0,22m/s)^2}{2 \cdot 9,81m/s^2}$$
$$= 1,97 \cdot 1,07 = 2,10 \text{ m}$$

Jadi kerugian head pada sisi isap seluruhnya didapat dari kerugian head pada pipa isap lurus ditambah kerugian head terhadap sambungan ditambah kerugian head terhadap katub dan saringan:

$$hl_i = 0,02 + 2,29 + 2,10 = 4,41 \text{ m}$$

f. Head Total pompa

Sebelum mencari head total pompa harus menentukan head kecepatan Keluar. Head total pompa dapat di ketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{v_t^2}{2g}$$
$$\frac{v_t^2}{2g} = \frac{(0,22m/s)^2}{2 \cdot 9,81m/s^2}$$
$$= \frac{1,07}{19,62} = 0,05 \text{ m/s}$$

Nilai Δh_p adalah tekanan pada permukaan air sisi atas dan tekanan permukaan air pada sisi bawah, di mana dari instalasi yang di rancang tidak

memiliki tekanan pada permukaan air, jadi $\Delta h_p = 0$. Maka head total pompa dapat diketahui dengan persamaan (2.5) sebagai berikut:

$$H = h_s + \Delta h_p + h_l + \frac{V_t^2}{2g}$$

$$\begin{aligned} H &= 0,17 + 0 + 4,41 + 0,05 \\ &= 4,63 \text{ m} \end{aligned}$$

4.2.6. Daya Hidrolis

Daya pompa teoritis yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah zat cair. Nilai

Daya hidrolis dapat dihitung dengan persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$N_h = \gamma \cdot H \cdot Q_t$$

Maka:

$$\begin{aligned} N_h &= 9,80 \cdot 4,63 \cdot 0,00025 \\ &= 0,011 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.2.7. Efisiensi pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Sehingga untuk efisiensi pompa (η) dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.15):

$$\eta = \frac{N_h}{N_m} \times 100\%$$

Maka:

$$\eta = \frac{0,011}{0,40} \times 100\%$$

$$=2,75/100\% = 0,027\%$$

4.2.8. Daya Pompa Sentrifugal

Berdasarkan energi atau daya dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluida yang dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut. Daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa dirumuskan dengan persamaan (2.14) sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\gamma \cdot Q_t \cdot H}{\eta \cdot 75}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \eta_p &= \frac{1000 \cdot 0,00025 \cdot 4.63}{0,027 \cdot 75} \\ &= \frac{1,15}{2,02} = 0,56 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.2.9. Net Positive Suction Head (NPSH yang tersedia)

Besarnya NPSH dapat dihitung dengan persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_v}{\gamma} - Z_i - hl_i$$

Maka :

$$h_{sv} = \frac{0}{9,98} + \frac{237}{9,98} - 0,4 - 4,41$$

$$h_{sv} = 0 + 23,74 - 0,4 - 4,41$$

$$h_{sv} = 18,93m$$

4.3. Perhitungan pada diameter pipa 1 inch

Data yang telah diketahui:

Diameter pipa $d = 1 \text{ inchi} = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$

Massa jenis fluida $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$

Viskositas kinetik zat cair $\nu = 1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Percepatan gravitasi $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

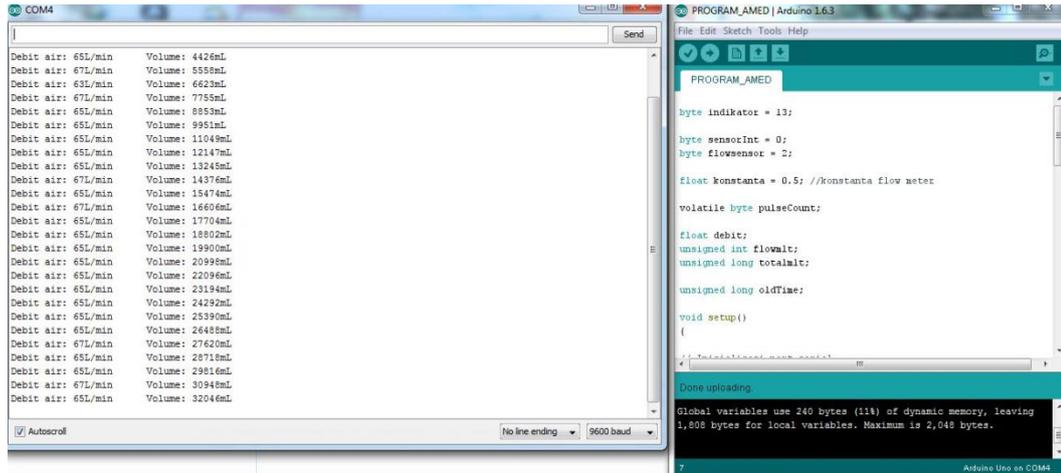
Pipa yang digunakan pada instalasi adalah pipa plastik halus (PVC)

dengan nilai kekasaran $\varepsilon = 0,05 \text{ mm}$

4.3.1. Debit air Q

Debit air diketahui dari hasil pengujian menggunakan flow meter sensor kemudian diolah di mikrokontroler arduino uno yang akan didisplay pada laptop. Yang ditunjukkan pada gambar 4.3. pengambilan data debit air dilakukan secara manual dengan cara memasang flow meter sensor pada pipa dan menampung air pada ujung pipa ke dalam sebuah wadah, katup $\frac{1}{2}$ inch dan $1 \frac{1}{2}$ inch dalam keadaan katup tertutup dan pada saat yang sama juga dilakukan pengambilan data pada diameter pipa hisap 1 inch.

Maka data yang di peroleh dari flow meter sensor pada sisi isap sebagai berikut:



Gambar 4.3. Data hasil pengujian pada sisi isap

- Debit air Pada sisi isap $Q_i = 65 \text{ L/min} \longrightarrow = 0,00108333333 \text{ m}^3/\text{s}$

4.3.2. Kecepatan aliran pipa isap

Sebelum menghitung kecepatan aliran, terlebih dahulu harus mengetahui luas penampang pipa dengan persamaan (2.2):

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

Maka:

$$A = \frac{3,14}{4} (0,025\text{m})^2 = 0,0049\text{m}^2$$

Setelah menghitung luas penampang maka kecepatan pada pipa isap dapat diketahui dengan persamaan (2.3):

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

Maka:

$$V_i = \frac{0,00108333333\text{m}^3/\text{s}}{0,0049\text{m}^2} = 0,22\text{m}/\text{s}$$

4.3.3. Tekanan hidrostatik pada pipa isap

Dari hasil uji eksperimen pada diameter pipa hisap 1 inch diperoleh tekanan di dalam pipa yang di ukur menggunakan manometer U,tinggi selang manometer U dari poros pompa sampai lantai dasar sebesar 127 cm,tekanan yang diperoleh pada sisi isap adalah: $h_1 = 135 \text{ mm} = 0,0135 \text{ m}$ (*Tabel data hasil pengujian*)

untuk menentukan tekanan hidrostatik pada pipa isap Dapat diketahui dengan persamaan (2.4):

$$P_i = \gamma \cdot g \cdot h_i$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_i &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,0135 \text{ m} \\ &= 132,4 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

4.3.4. Nilai kekasaran relatif

Nilai kekasaran relatif dapat diketahui dengan kekasaran pipa yang digunakan, yaitu pipa plastik halus (PVC) yang di ambil 0,002 mm (*Lampiran tabel nilai kekasaran pada pipa PVC*). dibagi dengan diameter pipa:

$$\varepsilon/d = 0,002 \text{ mm}/0,025 \text{ mm} = 0,08$$

4.3.5. Perhitungan Head

a. Head Statis total

Head statis total perbedaan ketinggian antara fluida pada sisi tekan dengan ketinggian fluida pada sisi isap. Dimana diketahui ketinggian sisi tekan dengan ketinggian pada sisi isap pada instalasi di ukur dengan meteran yaitu Ketinggian fluida pada sisi tekan $Z_t = 0,57 \text{ m}$. Dan $Z_i = 0,4 \text{ m}$. Untuk

mendapatkan head statis total, satuan cm di konversikan menjadi m. Dapat dinyatakan dengan rumus (2.6) sebagai berikut:

$$h_s = Z_t - Z_i$$

Maka:

$$\begin{aligned} h_s &= 0,57 - 0,4 \\ &= 0,17 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Head kerugian gesek dalam pipa isap dengan bilangan reynold

Dalam mencari kerugian gesek (f) terlebih dahulu mengetahui sifat aliran dengan menggunakan bilangan reynold (Re_i): $V_i =$ didapat dari perhitungan kecepatan aliran pada sisi isap. $d =$ diameter pipa. $\nu =$ didapat dari (*Lampiran tabel viskositas kinetik zat cair*). Dapat ditentukan dengan persamaan (2.7) sebagai berikut:

$$Re_i = \frac{v_i \cdot d}{\nu}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Re_i &= \frac{0,22 \cdot 0,025 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}} \\ &= \frac{5,5 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^6 \text{ m}^2 / \text{s}} = 42081,10 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada $Re_i > 4000$, aliran pada pipa isap bersifat turbulen, dari bilangan reynold diatas yang diperoleh dengan perhitungan tersebut maka kerugian gesek dalam pipa dapat di tentukan dengan diagram moody, namun untuk ketelitian lebih dapat digunakan persamaan moody untuk aliran turbulen (2.9):

$$f = 0,0055 (1 + (20000 \times \varepsilon/D + 10^6 / Re_i)^{1/3})$$

$$\begin{aligned}
&= 0,0055 (1 + (20000 \times 0,08 + 10^6 / 42081,10)^{1/3}) \\
&= 0,0055 (1 + (16,233)) \\
&= 0,0055 (17,23) \quad = 0,094
\end{aligned}$$

c. Head kerugian gesek pada pipa isap

Untuk menghitung kerugian gesek antara dinding pipa dengan aliran fluida tanpa adanya perubahan luas penampang di dalam pipa dapat dipakai rumus Darcy yang secara matematis ditulis sebagai berikut, dimana nilai f diambil dari persamaan moody untuk aliran turbulen $f : 0,094$, L_i : 80 cm panjang pipa pada sisi tekan,(diukur dengan meteran), V_i : di dapat dari perhitungan Kecepatan pada sisi isap dan d : diameter pipa. dapat ditentukan dengan persamaan (2.10):

$$\begin{aligned}
hf_1 &= f \frac{L_i \cdot v_i^2}{d 2g} \\
hf_1 &= 0,094 \frac{0,8 \cdot (0,22m/s)^2}{0,025m \cdot 2 \cdot 9,81m/s^2} \\
&= 0,094 \frac{0,176}{0,490} \\
&= 0,094 \times 0,35 \quad = 0,03 \text{ m}
\end{aligned}$$

d. Kerugian head akibat sambungan elbow 90° pipa isap

Kerugian head pada sambungan elbow 90° pada instalasi, pipa isap hanya ada 1 sambungan elbow dengan nilai faktor kelengkungan pipa lekuk 1,129 didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian belokan pipa*) dan V_i di dapat dari perhitungan kecepatan pada sisi isap. dapat ditentukan dengan persamaan (2.11):

$$hl_1 = nk_1 \frac{v_i^2}{2g}$$

$$\begin{aligned}
 hl_1 &= 1.129 \frac{(0,22m/s)^2}{2.9,81m/s^2} \\
 &= 1,129 \frac{0,22}{19,62} \\
 &= 1,129 \times 0,01 = 0,01
 \end{aligned}$$

e. Kerugian pada katub isap dan saringan

Kerugian head pada katub dan saringan $k : 1,97$ didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian dari berbagai katub*) dan V_i di dapat dari perhitungan kecepatan pada sisi isap. Dapat ditentukan dengan persamaan (2.12):

$$\begin{aligned}
 hl_2 &= k \frac{v_i^2}{2g} \\
 hl_2 &= 1,97 \frac{(0,22m/s)^2}{2.9,81m/s^2} \\
 &= 1,97 \cdot 0,01 = 0,019 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi kerugian head pada sisi isap seluruhnya didapat dari kerugian head pada pipa isap lurus ditambah kerugia head terhadap sambungan ditambah kerugian head terhadap katub dan saringan:

$$hl_i = 0,03 + 0,01 + 0,019 = 0,23 \text{ m}$$

f. Head Total pompa

Sebelum mencari head total pompa harus menentukan head kecepatan Keluar. Head total pompa dapat di ketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{v_t^2}{2g} \\
 \frac{v_t^2}{2g} &= \frac{(0,22m/s)^2}{2.9,81m/s}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{0,04}{19,62} = 2,03 \text{ m/s}$$

Nilai Δh_p adalah tekanan pada permukaan air sisi atas dan tekanan permukaan air pada sisi bawah, di mana dari instalasi yang di rancang tidak memiliki tekanan pada permukaan air, jadi $\Delta h_p = 0$. Maka head total pompa dapat diketahui dengan persamaan (2.5) sebagai berikut:

$$H = h_s + \Delta h_p + h_l + \frac{v_t^2}{2g}$$

$$\begin{aligned} H &= 0,17 + 0 + 0,23 + 2,03 \\ &= 2,43 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3.6. Daya Hidrolis

Daya pompa teoritis yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah zat cair. Nilai Daya hidrolis dapat dihitung dengan persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$N_h = \gamma \cdot H \cdot Q_t$$

Maka:

$$\begin{aligned} N_h &= 9,80 \cdot 2,43 \cdot 0,001083 \\ &= 0,025 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.3.7. Efisiensi pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Sehingga untuk efisiensi pompa (η) dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.15):

$$\eta = \frac{N_h}{N_m} \times 100\%$$

Maka:

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{0,025}{0,40} \times 100\% \\ &= 6,25/100\% \quad = 0,062\%\end{aligned}$$

4.3.8. Daya Pompa Sentrifugal

Berdasarkan energi atau daya dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluida yang dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut. Daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa dirumuskan dengan persamaan (2.14) sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\gamma \cdot Q_t \cdot H}{\eta \cdot 75}$$

Maka:

$$\begin{aligned}\eta_p &= \frac{1000 \cdot 0,001083 \cdot 2,43}{0,062 \cdot 75} \\ &= \frac{2,63}{4,65} = 0,56 \text{ kW}\end{aligned}$$

4.3.9. Net Positive Suction Head (NPSH yang tersedia)

Besarnya NPSH dapat dihitung dengan persamaan (2.15) sebagai berikut:

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_v}{\gamma} - Z_i - h_{l_i}$$

Maka :

$$h_{sv} = \frac{0}{9,98} + \frac{237}{9,98} - 0,4 - 0,23$$

$$h_{sv} = 0 + 23,74 - 0,4 - 0,23$$

$$h_{sv} = 23,11m$$

4.4. Perhitungan pada diameter pipa 1 ½ inch

Data yang telah diketahui:

Diameter pipa $d = 1 \frac{1}{2}$ inchi = 38 mm = 0,038 m

Massa jenis fluida $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$

Viskositas kinetik zat cair $\nu = 1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

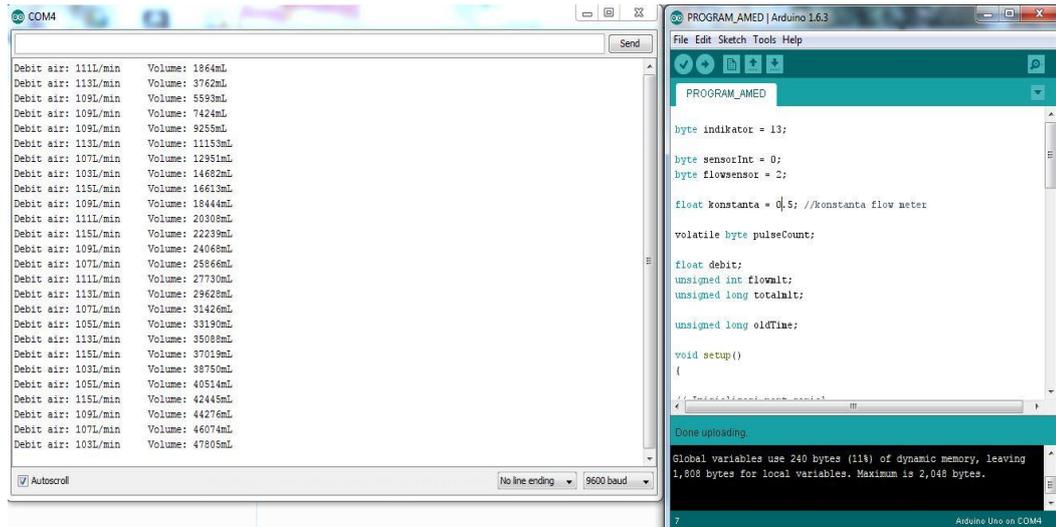
Percepatan gravitasi $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Pipa yang digunakan pada instalasi adalah pipa plastik halus (PVC) dengan nilai kekasaran $\varepsilon = 0,002 \text{ mm}$

4.4.1. Debit air Q

Debit air diketahui dari hasil pengujian menggunakan flow meter sensor kemudian diolah di mikrokontroller arduino uno yang akan didisplay pada leptop. Yang ditunjukkan pada gambar 4.5 pengambilan data debit air dilakukan secara manual dengan cara memasang flow meter sensor pada pipa dan menampung air pada ujung pipa ke dalam sebuah wadah, katup ½ inch dan 1 inch dalam keadaan katup tertutup dan pada saat yang sama juga dilakukan pengambilan data pada diameter pipa hisap 1 ½ inch.

Maka data yang di peroleh dari flow meter sensor pada sisi isap sebagai berikut:



Gambar 4.4. Data hasil pengujian pada sisi isap

- Debit air Pada sisi isap $Q_i = 109 \text{ L/min} \longrightarrow = 0,001816 \text{ m}^3/\text{s}$

4.4.2. Kecepatan aliran pipa isap

Sebelum menghitung kecepatan aliran, terlebih dahulu harus mengetahui

luas penampang pipa dengan persamaan (2.2):

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

Maka:

$$A = \frac{3,14}{4} (0,038m)^2 = 0,0011m^2$$

Setelah menghitung luas penampang maka kecepatan pada pipa isap dapat diketahui dengan persamaan (2.3):

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

Maka:

$$V_i = \frac{0,001816m^3 / s}{0,0011m^2} = 1,65m / s$$

4.4.3. Tekanan hidrostatik pada pipa isap

Dari hasil uji eksperimen pada diameter pipa hisap 1 ½ inch diperoleh tekanan di dalam pipa yang di ukur menggunakan manometer U,tinggi selang manometer U dari poros pompa sampai lantai dasar sebesar 127 cm,tekanan yang diperoleh pada sisi isap adalah: $h_1 = 85 \text{ mm} = 0,085 \text{ m}$ (*Tabel data hasil pengujian*)

untuk menentukan tekanan hidrostatik pada pipa isap Dapat diketahui dengan persamaan (2.4):

$$P_i = \gamma \cdot g \cdot h_i$$

Maka:

$$\begin{aligned} P_i &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,085 \text{ m} \\ &= 833,8 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

4.4.4. Nilai kekasaran relatif

Nilai kekasaran relatif dapat diketahui dengan kekasaran pipa yang digunakan, yaitu pipa plastik halus (PVC) yang di ambil 0,002 mm (*Lampiran tabel nilai kekasaran pada pipa PVC*). dibagi dengan diameter pipa:

$$\varepsilon/d = 0,002 \text{ mm}/0,038 \text{ mm} = 0,05$$

4.4.5. Perhitungan Head

a. Head Statis total

Head statis total perbedaan ketinggian antara fluida pada sisi tekan dengan ketinggian fluida pada sisi isap. Dimana diketahui ketinggian sisi tekan

dengan ketinggian pada sisi isap pada instalasi di ukur dengan meteran yaitu Ketinggian fluida pada sisi tekan $Z_t = 0,57$ m. Dan $Z_i = 0,4$ m. Untuk mendapatkan head statis total, satuan cm di konversikan menjadi m. Dapat dinyatakan dengan rumus (2.6) sebagai berikut:

$$h_s = Z_t - Z_i$$

Maka:

$$\begin{aligned} h_s &= 0,57 - 0,4 \\ &= 0,17 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Head kerugian gesek dalam pipa isap dengan bilangan reynold

Dalam mencari kerugian gesek (f) terlebih dahulu mengetahui sifat aliran dengan menggunakan bilangan reynold (Re_i): $V_i =$ didapat dari perhitungan kecepatan aliran pada sisi isap. $d =$ diameter pipa. $\nu =$ didapat dari (*Lampiran tabel viskositas kinetik zat cair*). Dapat ditentukan dengan persamaan (2.7) sebagai berikut:

$$Re_i = \frac{v_i \cdot d}{\nu}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Re_i &= \frac{1,65 \cdot 0,038 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}} \\ &= \frac{0,06 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}} = 45906,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada $Re_i > 4000$, aliran pada pipa isap bersifat turbulen, dari bilangan reynold diatas yang diperoleh dengan perhitungan tersebut maka kerugian gesek dalam pipa dapat di tentukan dengan diagram moody, namun untuk ketelitian lebih dapat digunakan persamaan moody untuk aliran turbulen (2.9):

$$\begin{aligned}
f &= 0,0055 (1 + (20000 \times \varepsilon/D + 10^6 / Re_i)^{1/3}) \\
&= 0,0055 (1 + (20000 \times 0,05 + 10^6 / 45906,6)^{1/3}) \\
&= 0,0055 (1 + (27,95)) \\
&= 0,0055 (28,95) = 0,159
\end{aligned}$$

c. Head kerugian gesek pada pipa isap

Untuk menghitung kerugian gesek antara dinding pipa dengan aliran fluida tanpa adanya perubahan luas penampang di dalam pipa dapat dipakai rumus Darcy yang secara matematis ditulis sebagai berikut, dimana nilai f diambil dari persamaan moody untuk aliran turbulen $f : 0,159$, L_i : 80 cm panjang pipa pada sisi tekan,(diukur dengan meteran), V_i : di dapat dari perhitungan Kecepatan pada sisi isap dan d : diameter pipa. dapat ditentukan dengan persamaan (2.10):

$$\begin{aligned}
hf_1 &= f \frac{L_i \cdot V_i^2}{d 2g} \\
hf_1 &= 0,159 \frac{0,8 \cdot (1,65m/s)^2}{0,038m \cdot 2 \cdot 9,81m/s^2} \\
&= 0,159 \frac{2,178}{0,745} \\
&= 0,159 \times 29,23 = 1,6 \text{ m}
\end{aligned}$$

d. Kerugian head akibat sambungan elbow 90° pipa isap

Kerugian head pada sambungan elbow 90° pada instalasi, pipa isap hanya ada 1 sambungan elbow dengan nilai faktor kelengkungan pipa lekuk 1,129 didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian belokan pipa*) dan V_i di dapat dari perhitungan kecepatan pada sisi isap. dapat ditentukan dengan persamaan (2.11):

$$hl_1 = nk_1 \frac{v_i^2}{2g}$$

$$hl_1 = 1.1,129 \frac{(1,65m/s)^2}{2.9,81m/s^2}$$

$$= 1,129 \frac{1,65}{19,62}$$

$$= 1,129 \times 0,08 = 0,09$$

e. Kerugian pada katub isap dan saringan

Kerugian head pada katub dan saringan $k : 1,97$ didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian dari berbagai katub*) dan V_i di dapat dari perhitungan kecepatan pada sisi isap. Dapat ditentukan dengan persamaan (2.12):

$$hl_2 = k \frac{v_i^2}{2g}$$

$$hl_2 = 1,97 \frac{(1,65m/s)^2}{2.9,81m/s^2}$$

$$= 1,97 \cdot 0,09 = 0,017 \text{ m}$$

Jadi kerugian head pada sisi isap seluruhnya didapat dari kerugian head pada pipa isap lurus ditambah kerugian head terhadap sambungan ditambah kerugian head terhadap katub dan saringan:

$$hl_i = 1,6 + 0,09 + 0,017 = 1,70 \text{ m}$$

f. Head Total pompa

Sebelum mencari head total pompa harus menentukan head kecepatan Keluar. Head total pompa dapat di ketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{v_i^2}{2g}$$

$$\frac{v_t^2}{2g} = \frac{(1,65m/s)^2}{2.9,81m/s} = \frac{2,56}{19,62} = 0,13 \text{ m/s}$$

Nilai Δhp adalah tekanan pada permukaan air sisi atas dan tekanan permukaan air pada sisi bawah, di mana dari instalasi yang di rancang tidak memiliki tekanan pada permukaan air, jadi $\Delta hp = 0$. Maka head total pompa dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$H = h_s + \Delta hp + h_l + \frac{v_t^2}{2g}$$

$$H = 0,17 + 0 + 1,70 + 0,13$$

$$= 2 \text{ m}$$

4.4.6. Daya Hidrolis

Daya pompa teoritis yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah zat cair. Nilai Daya hidrolis dapat dihitung dengan persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$N_h = \gamma \cdot H \cdot Q_t$$

Maka:

$$N_h = 9,80 \cdot 2,0 \cdot 0,001816$$

$$= 0,035 \text{ kW}$$

4.4.7. Efisiensi pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Sehingga untuk efisiensi pompa (η) dapat dicari dengan menggunakan persamaan(2.15):

$$\eta = \frac{N_h}{N_m} \times 100\%$$

Maka:

$$\eta = \frac{0,035}{0,40} \times 100\%$$
$$= 8,75/100\% = 0,087\%$$

4.4.8. Daya Pompa Sentrifugal

Berdasarkan energi atau daya dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluida yang dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut. Daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa dirumuskan dengan persamaan (2.14) sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\gamma \cdot Q_t \cdot H}{\eta \cdot 75}$$

Maka:

$$\eta_p = \frac{1000 \cdot 0,001083 \cdot 2,43}{0,062 \cdot 75}$$
$$= \frac{2,63}{4,65} = 0,56 \text{ kW}$$

4.4.9. Net Positive Suction Head (NPSH yang tersedia)

Besarnya NPSH dapat dihitung dengan persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_v}{\gamma} - Z_i - h_{l_i}$$

Maka :

$$h_{sv} = \frac{0}{9,98} + \frac{237}{9,98} - 0,4 - 1,70$$

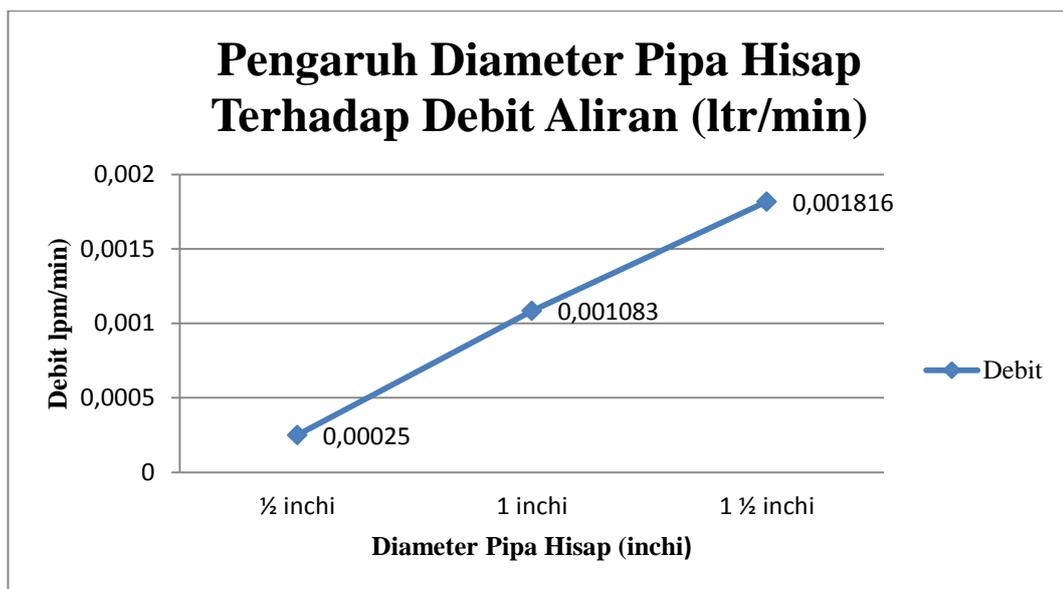
$$h_{sv} = 0 + 23,74 - 0,4 - 1,70$$

$$h_{sv} = 21,64m$$

4.5. Grafik hasil uji eksperimen

a. Pengaruh Diameter Pipa Hisap Terhadap Debit Aliran

Dalam hasil uji eksperimen variasi diameter pipa hisap maka diperoleh semakin besar diameter pipa hisap maka debit aliran akan semakin meningkat begitu juga sebaliknya. Seperti yang terlihat pada grafik 4.5. di bawah:



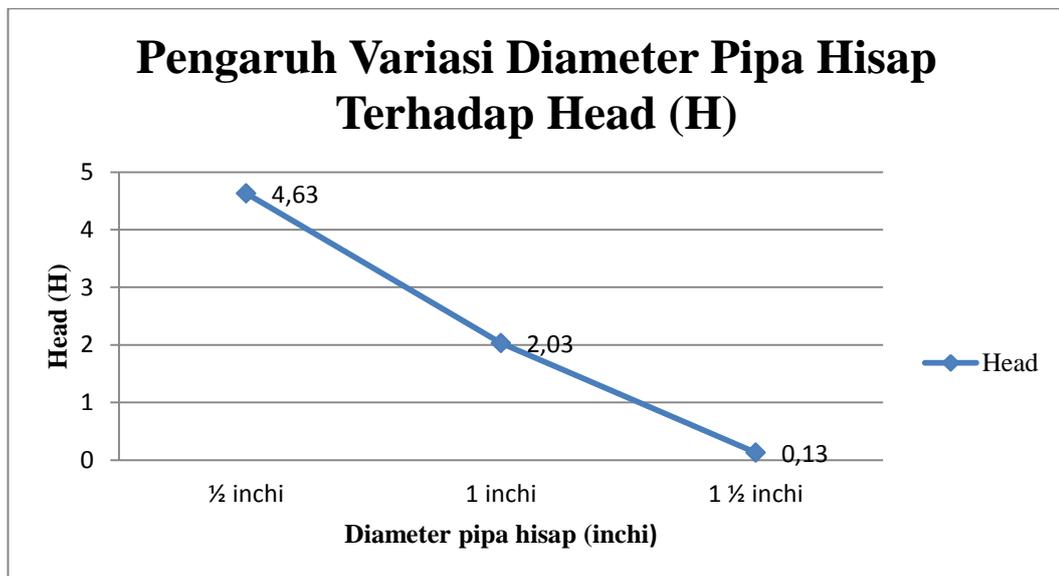
Gambar 4.5. Grafik pengaruh diameter pipa hisap terhadap debit aliran

b. Pengaruh Diameter Hisap Terhadap Head Pompa

Head merupakan kemampuan mengalirkan fluida pada instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan fluida yang dinyatakan dalam satuan panjang (m).

bentuk head dapat bervariasi pada penampang yang berbeda. Namun pada kenyataannya selalu ada rugi energi (losses).

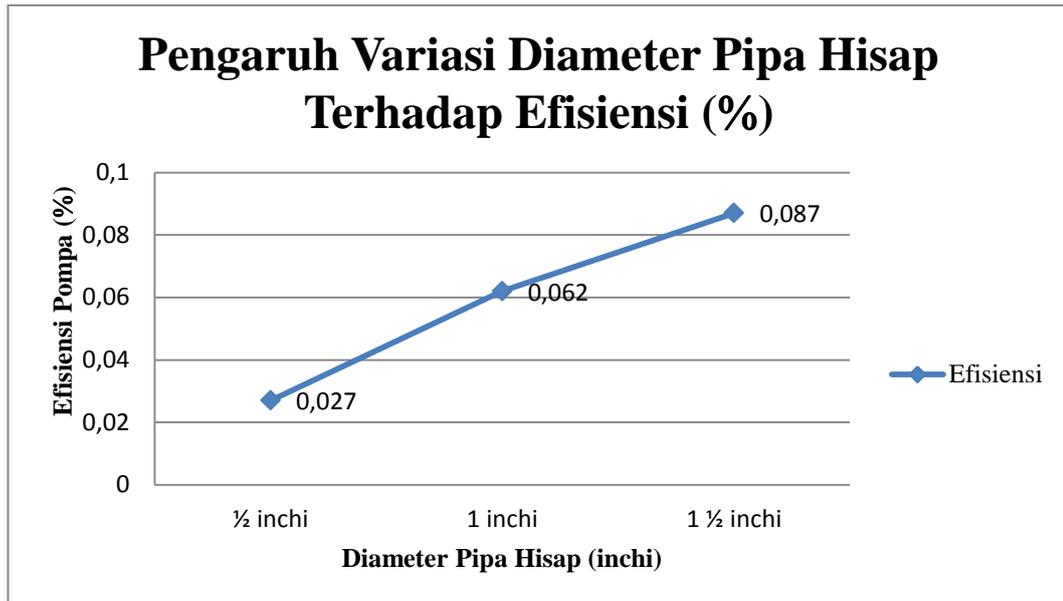
Dari hasil uji eksperimen yang dilakukan pada gambar 4.6. diperoleh jika diameter pipa hisap semakin kecil maka head yang dihasilkan akan semakin meningkat begitu juga sebaliknya jika diameter pipa hisap semakin besar maka head akan menurun.



Gambar 4.6. Grafik pengaruh diameter pipa hisap terhadap head

c. Pengaruh Diameter Pipa Hisap Terhadap Efisiensi Pompa

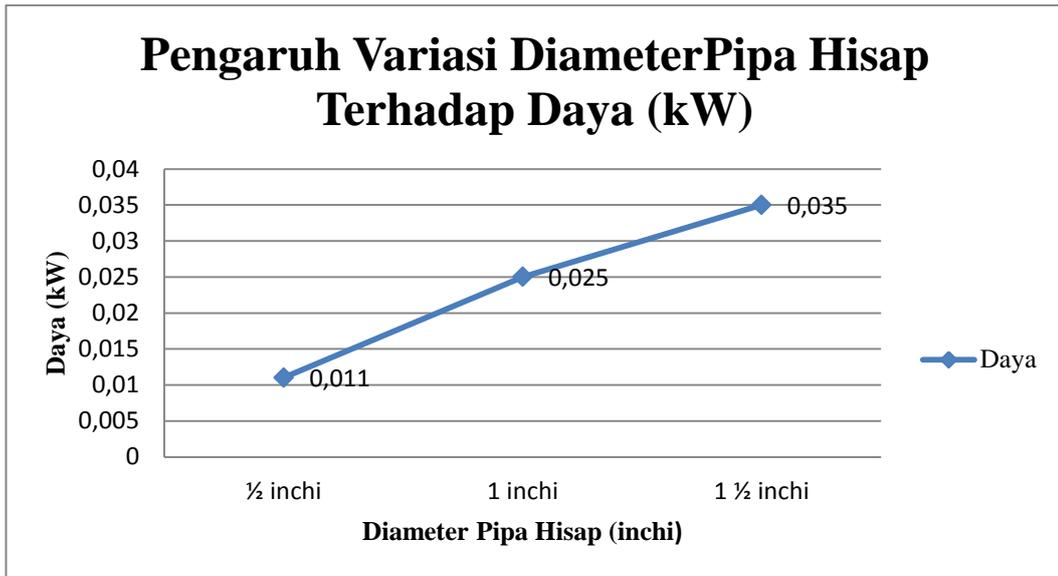
Efisiensi pompa sentrifugal tergantung pada sejumlah faktor di antaranya adalah debit, head, dan kecepatan aliran. Efisiensi pompa di pengaruhi oleh nilai daya motor dan daya hidrolis nya apabila semakin besar daya hidrolis maka akan semakin besar pula daya hidrolis yang diperoleh hal ini di sebabkan karna debit aliran pada diameter pipa hisap yang lebih besar meningkat.



Gambar 4.7. Grafik pengaruh diameter pipa hisap terhadap efisiensi

d. Pengaruh Diameter Pipa Hisap Terhadap Daya Pompa sentrifugal

Daya pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, head total pompa, berat jenis fluida yang dipompakan, dan efisiensi pompa. maka hasil yang diperoleh adalah semakin besar diameter pipa hisap maka daya pompa yang dihasilkan akan semakin meningkat.



Gambar 4.8. Grafik pengaruh diameter pipa hisap terhadap daya pompa

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di ambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Jadi pengaruh diameter pipa hisap terhadap pompa sentrifugal adalah jika semakin besar diameter pipa hisap maka debit aliran, head, efisiensi dan daya. akan semakin meningkat begitu juga sebaliknya, ini disebabkan karena fluida yang terperangkap di dalam impeller eye (mata impeller) akan di gerakkan secara cepat oleh impeller hingga fluida bergerak keluar, dengan lebih besar nya diameter pipa hisap maka kecepatan aliran fluida akan lebih meningkat.
2. Dari hasil pengujian eksperimen variasi diameter pipa hisap yang dilakukan di dapat diameter pipa hisap yang paling bagus (efektif) adalah pipa yang ber diameter 1 inch

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian ini yaitu:

1. Pada saat melakukan pengujian eksperimen variasi diameter pipa hisap agar dilakukan secara berulang-ulang sehingga hasil yang diperoleh lebih efektif

2. Pada saat melakukan pengujian eksperimen variasi diameter pipa hisap agar dilakukan secara teliti karna menggunakan alat ukur manual sehingga hasil yang diperoleh menjadi maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

Autin H. Church. Zulkifli Harahap (1990). "*Pompa Dan Blower Sentrifugal*",
Cetakan Pertama dan Kedua, Jakarta. Erlangga.

Buku Panduan/Modul Praktikum Pompa Sentrifugal Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Fritz dietzel, Dakso sriyono, (1993). "*Turbin Pompa Dan Kompresor*", Jakarta.
Erlangga.

Laporan Praktikum Perestasi Mesin-mesin Konversi energi Program Studi Teknik
Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Sularso, Haruo Tahara,(2000). "*Pompa & Kompresor, pemilihan, pemakaian dan
pemeliharaan*", cetakan ketujuh, jakarta. Pradnya Paramita

LAMPIRAN

Lampiran Tabel massa jenis fluida

$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$\mu, (\text{N}\cdot\text{s})/\text{m}^2$	$\nu, \text{m}^2/\text{s}$	$T, ^\circ\text{F}$	$\rho, \text{slug/ft}^3$	$\mu, (\text{lb}\cdot\text{s})/\text{ft}^2$	$\nu, \text{ft}^2/\text{s}$
0	1000	1.788 E-3	1.788 E-6	32	1.940	3.73 E-5	1.925 E-5
10	<u>1000</u>	1.307 E-3	<u>1.307 E-6</u>	50	1.940	2.73 E-5	1.407 E-5
20	998	1.003 E-3	1.005 E-6	68	1.937	2.09 E-5	1.082 E-5
30	996	0.799 E-3	0.802 E-6	86	1.932	1.67 E-5	0.864 E-5
40	992	0.657 E-3	0.662 E-6	104	1.925	1.37 E-5	0.713 E-5
50	988	0.548 E-3	0.555 E-6	122	1.917	1.14 E-5	0.597 E-5
60	983	0.467 E-3	0.475 E-6	140	1.908	0.975 E-5	0.511 E-5
70	978	0.405 E-3	0.414 E-6	158	1.897	0.846 E-5	0.446 E-5
80	972	0.355 E-3	0.365 E-6	176	1.886	0.741 E-5	0.393 E-5
90	965	0.316 E-3	0.327 E-6	194	1.873	0.660 E-5	0.352 E-5
100	958	0.283 E-3	0.295 E-6	212	1.859	0.591 E-5	0.318 E-5

Tabel 1.5. Tekanan uap jenuh air (dalam satuan absolut)

Temperatur	Tekanan uap jenuh	
	kgf / cm ²	N / m ²
0	0,632 x 10 ⁻²	623
10	1,246 x 10 ⁻²	1,230
<u>20</u>	<u>2,373 x 10⁻²</u>	<u>2,340</u>
40	7,490 x 10 ⁻²	7,400
60	20,300 x 10 ⁻²	20,000
80	48,300 x 10 ⁻²	47,400
100	1,03 x 10 ⁻²	101,500

Mekanika Fluida - TEP 201

39

Lampiran tabel Berat jenis zat cair satuan volume

DAFTAR BERAT JENIS AIR

Temperatur (t°C)	Berat Jenis	Temperatur (t°C)	Berat Jenis
<u>20</u>	<u>0,9982</u>	30	0,9957
21	0,9980	31	0,9954
22	0,9978	32	0,9951
23	0,9976	33	0,9947
24	0,9973	34	0,9944
25	0,9971	35	0,9941
26	0,9968	36	0,9937
27	0,9965	37	0,9934
27,5	0,9964	38	0,9930
28	0,9963	39	0,9926
29	0,9960	40	0,9922

Gambar pipa berdiameter $\frac{1}{2}$ inch, 1 inch dan $1\frac{1}{2}$ inch



Gambar instalasi untuk pengujian variasi diameter pipa hisap



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Ahmat Panggabean
NPM : 1307230035
Tempat/ Tanggal Lahir : Simanosor, 26 November 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Dusun IV
 Kel/Desa : Simanosor
 Kecamatan : Sibabangun
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor HP : 0853 5962 3893
Email : ahmatgabe3@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Juhri Panggabean
 Ibu : Dermawati Rambe

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : SD Negeri 153072 Simanosor - Sumatera Utara
2007-2010 : Madrasah Tsanawiyah Negeri 2 Medan - Sumatera Utara
2010-2013 : SMK PAB 1 Helvetia - Sumatera Utara
2013-2018 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara