

**TUGAS SARJANA**

**KONVERSI ENERGI**

**ANALISA KINERJA ALIRAN FLUIDA PADA POMPA  
SENTRIFUGAL DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU  
IMPELLER**

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

**Disusun oleh :**

**NAMA : REZA LEVI SANDI**

**NPM : 1307230225**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2017**

**LEMBAR PENGESAHAN - I**  
**TUGAS SARJANA**  
**KONVERSI ENERGI**

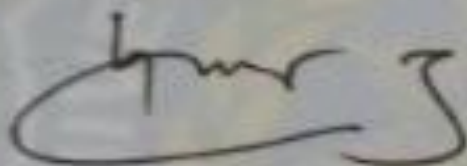
**ANALISA KINERJA ALIRAN FLUIDA PADA POMPA**  
**SENTRIFUGAL DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU**  
**IMPELLER**

Disusun Oleh :

REZA LEVI SANDI  
1307230225

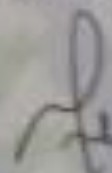
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing - I



(Munawar Alfansury Srg, S.T., M.T)

Pembimbing - II



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

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

  
(A. Fandi, S.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
2017

LEMBAR PENGESAHAN - II

TUGAS SARJANA

KONVERSI ENERGI

ANALISA KINERJA ALIRAN FLUIDA PADA POMPA  
SENTRIFUGAL DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU  
IMPELLER

Dibuat Oleh :

BEZA LEXUSANDI

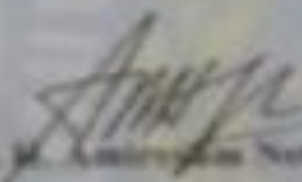
1307230225

Telah diperiksa dan diperbaiki  
Pada seminar tanggal 10 Oktober 2017

Ditertajui Oleh :

Pembimbing - I

Pembimbing - II

  
(Dr. H. Amirudin Set, M.T.)

  
(M. Yusuf, S.T., M.T.)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

  
(Syaiful, S.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2017

FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Alamat Administrasi: Jalan Kapten Muhtar Syarif No. 1 Telp. (061) 8071232 - 8024907 -  
8022400 - 8010400 - 8019026 Fax. (061) 8025074 Medan 20136  
Website : <http://www.umu.ac.id>

DAFTAR SPESIFIKASI  
TUGAS SARJANA

Nama : REZA LEVI SANDI  
NPM : 1307230225  
Semester : IX (Sembilan)  
SPESIFIKASI :

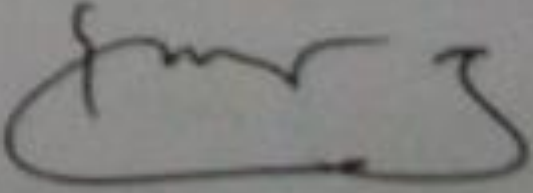
ANALISA KINERJA ALIRAN FLUIDA PADA POMPA SENTRIFUGAL DENGAN  
VARIASI JUMLAH SUDU IMPELLER\*

Diberikan Tanggal : 25 Juli 2017  
Selesai Tanggal : 2 Oktober 2017  
Asistensi : ± Seminggu, 1 kali  
Tempat Asistensi : Di Kampus dan di rumah Bapak Munawar A. Segar, S.T., M.T

Diketahui oleh :  
Ka. Program Studi Teknik Mesin

Medan, 25 Juli 2017  
Dosen Pembimbing - 1


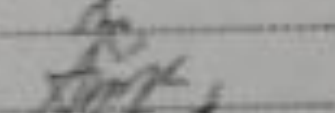
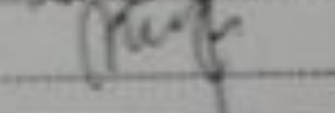
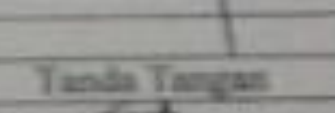












  
(Munawar Alfamari Segar, S.T., M.T)

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK - UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2017 - 2018**

**Tema Seminar**  
**Materi**  
**Judul**  
**Judul Tugas Akhir**

Rizka Laili Sudi  
1307230224  
Analisa Kinerja Aliran Fluida Pada Pompa Sentrifugal  
Dengan Variasi Jumlah Sudut Impeller.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing - I	:	Manowar A Siregar.S.T.MT	1. 
Pembimbing - II	:	H.Maharizal.S.T.M.Sc	2. 
Pembimbing - I	:	Ir.H.Amriyasa Nat.MT	3. 
Pembimbing - II	:	M.Yani.S.T.MT	4. 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1309230094	FEBE ADITYA	
2	1307230257	SURYA AGUS PRATAMA	
3	1309230095	Pradha Rizki	
4	1307230155	HANINDA WISADINI	
5	1309230096	CHOSU LITAMADAN	
6	1307230241	Amir Wahyudi Wahyuni	
7	1307230031	Amel Pusyoban	
8	1307230307	ANAS PRATIWI	
9	1307230021	ANDAD ARIADI USU	
10	1307230283	Rahli A Citracang	

Medan, 20 Muharram 1439 H  
10 Oktober 2017 M

Ketua Prodi T. Mesin





DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Rama Levi Sudi  
NPM : 1307210225  
Judul T.Akhir : Analisa Kinerja Aliran Fluida Pada Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Jumlah Sudu Impeller.

Dosen Pembimbing - I : Muzawar A Siregar S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : H. Mahmud S.T.M.Sc  
Dosen Pembimbing - I : Ir. H. Amirryam Nat.M.T  
Dosen Pembimbing - II : M. Yuni S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang senjara ( collegium )  
2. Dapat mengikuti sidang senjara ( collegium ) setelah selesai melakukan perbaikan antara lain :

*Perbaikan Perhitungan dan gambar grafik*

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 20 Muharram 1439H  
20 Oktober 2017 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Dosen Pembimbing- I

*[Handwritten Signature]*  
Ir. H. Amirryam Nat.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Reza Levi Sudi  
NPM : 1307210225  
Judul T.Akhir : Analisa Kinerja Aliran Fluida Pada Pompa Sentrifugal  
Dengan Variasi Jumlah Sada Impeller.

Dosen Pembimbing - I : Munawar A Siregar S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : H.Muharni S.T.M.Sc  
Dosen Pembimbing - I : Ir.H.Amiriyam Nst.M.T  
Dosen Pembimbing - II : M.Yani S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

*perbaiki draft skripsi*

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 20 Muharram 1439H  
10 Oktober 2017 M

Diketahui :  
Ketua Prodi: T. Mesin



Dosen Pembimbing- II

*M. Yani*

M. Yani S.T.M.T

DAFTAR HADIR ASISTENSI  
TUGAS SARIANA

NAMA : Riza Lela Sudi  
NPM : 1307200225

PEMBIMBING - I : Muzawar Alfontary Siregar, S.T.,M.T.  
PEMBIMBING - II : H. Mubarrif M, S.T.,M.Sc

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1.	25/7 - 17	Substansi BAB I S/d III	✓
2.	Rata 2/8 - 17	Parabola BAB I dan II Smanan dgn judul.	✓
3.	Selasa 8/8 - 17	parabola laser belah ketupat Smanan tujuan	✓
4.	Kamis 10/8	Layutan Le Pambing II	✓
5.	Senin 20/8	Parabola parabola jilid buku	✓
6.	Senin 21/8	Parabola parabola	✓
7.	Senin 10/9	Parabola parabola kardus, operasi dan dgn paraf	✓
8.	2/10 - 2017	Acc Smanan	✓



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama REZA LEVI SANDI  
Tempat/Tgl Lahir TASIK RAJA, 27 JUNI 1995  
Npm 1307230225  
Instansi Keahlian Kampus 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 KINERJA ALIRAN FLUIDA PADA POMPA SENTRIFUGAL DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU"**

tidak merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil karya orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakikatnya 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 keahliantaraan 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, 10 Oktober 2017

Saya yang menyatakan,



Reza Levi Sandi

## ABSTRAK

*Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui media pipa (saluran) dengan cara menambahkan energi pada fluida yang dipindahkan. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian isap (suction) dan bagian tekan (discharge). Pompa sentrifugal adalah pompa yang prinsip kerjanya menaikkan tekanan fluida dengan memanipulasi kecepatan, gaya sentrifugal dan mentransformasikan gaya tersebut ke impeller yang berputar di dalam casing, untuk membuat perbedaan tekanan pada sisi isap (suction) dan tekan (discharge). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) menghitung pengaruh variasi jumlah sudu dua, tiga dan empat pada sentrifugal impeller, terhadap kecepatan aliran, head dan efisiensi pompa. (2) menghitung jumlah sudu impeller yang efektif untuk pompa. Hasil penelitian menunjukkan Semakin banyak jumlah sudu maka, kecepatan aliran, head dan efisiensi pompa semakin meningkat. Hal ini terjadi karena dengan semakin banyaknya jumlah sudu maka semakin banyak pula fluida yang diangkat. Pada jumlah sudu 4 kecepatan aliran adalah 117,3 liter/menit, head nya adalah 1,56 m dan efisiensi sebesar 0,07%. Pada jumlah sudu 3 kecepatan aliran adalah 103,8 liter/menit, head nya adalah 1,11 m dan efisiensi sebesar 0,045%. Pada jumlah sudu 2 kecepatan aliran adalah 89,9 liter/menit, head nya adalah 1,03 m dan efisiensi sebesar 0,037%. Semakin tinggi putaran, maka semakin tinggi kecepatan aliran, head dan efisiensi pompa. Hal ini terjadi karena semakin meningkat putaran maka kecepatan aliran juga semakin meningkat.*

**Kata kunci :** kinerja aliran fluida, variasi jumlah sudu, pompa sentrifugal

## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan baik. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya, untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan dari para Dosen Pembimbing merencanakan sebuah “Analisa Kinerja Aliran Fluida Pada Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Jumlah Sudu Impeller”.

Shalawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat muslim dari alam kegelapan menuju alam yang terang menderang. Semoga kita mendapat syafa'atnya di yaumul akhir kelak amin yarabbal alamin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan baik dalam kemampuan pengetahuan dan penggunaan bahasa. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca.

Dalam penulisan Tugas Sarjana ini, penulis banyak mendapat bimbingan, masukan, pengarahan dari Dosen Pembimbing serta bantuan moril maupun material dari berbagai pihak sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Tajuddin Efendi dan Ibunda Indriati yang telah banyak memberikan kasih sayang, nasehatnya, doanya, serta pengorbanan yang tidak dapat ternilai dengan apapun itu kepada penulis selaku anak yang di cintai dalam melakukan penulisan Tugas Sarjana ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I Tugas Sarjana ini dan selaku wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak H. Muharnif M, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II Tugas Sarjana ini.
4. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Chandra A Srg, S.T selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan masukan dan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
8. Seluruh rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin khususnya kelas A2 Siang dan B2 Siang yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan masukan-masukan yang bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Sarjana ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin ya rabbal alamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Oktober 2017

Penulis

**REZA LEVI SANDI**

**1307230225**

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b>	
<b>LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA</b>	
<b>ABSTRAK</b>	
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL.....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB 1.PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB 2. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1. Pengertian Fluida .....	5
2.2. Macam-Macam Aliran Fluida Dalam Pipa .....	7
2.3. Kinerja Aliran Fluida .....	8
2.3.1. Debit Air .....	9
2.3.2. Kecepatan Aliran (V).....	9
2.4. Tekanan.....	10
2.5. Pompa Sentrifugal.....	11
2.6. Kinerja Pompa Sentrifugal.....	12
2.7. Klasifikasi Pompa Sentrifugal .....	13
2.7.1. Kapasitas .....	13
2.7.2. Tekanan Discharge.....	13
2.7.3. Jenis - Jenis Impeller.....	13
2.7.4. Jumlah/Susunan Impeller Dan Tingkat.....	14
2.7.5. Posisi Poros .....	15
2.7.6. Jumlah Suction.....	15
2.7.7. Arah Aliran Keluar Impeller.....	15
2.8. Segitiga Kecepatan.....	16
2.9. Putaran Spesifik .....	17
2.10. Perhitungan Head .....	19
2.10.1. Head Statis Total.....	19
2.10.2. Head Total Pompa.....	19
2.10.3. Head Kerugian Gesek Untuk Zat Cair Didalam Pipa .....	21
2.10.4. Kerugian head pada sambungan elbow 90° pada pipa.....	22
2.10.5. Kerugian Head Pada Katub Isap Dengan Saringan .....	23



2.11. Daya Pompa .....	23
2.11.1. Daya Hidrolis .....	24
2.11.2. Daya Pompa Sentrifugal .....	24
2.12. Efisiensi Pompa .....	25
2.13. NPSH (Net Positive Suction Head) .....	25
2.14. Jumlah Sudu .....	26
2.15. Jarak Antara Sudu .....	26
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	27
3.2. Spesifikasi Pompa .....	27
3.3. Spesifikasi Impeller .....	28
3.4. Desain Alat .....	29
3.5. Alat dan Bahan .....	30
3.5.1. Pompa Sentrifugal .....	30
3.5.2. Pipa 1 ½ Inchi .....	30
3.5.3. Elbow .....	31
3.5.4. Flow Meter Sensor .....	31
3.5.5. Manometer U .....	32
3.5.6. 3 Buah Impeller Dengan Jumlah Sudu 2, 3, Dan 4 .....	32
3.5.7. Stopwatch .....	33
3.5.8. Arduino Uno .....	33
3.5.9. Software Arduino .....	34
3.5.10. Laptop .....	34
3.5.11. Gelas Ukur .....	34
3.5.12. Kunci T, Kunci Pas Dan Kunci Ring .....	35
3.5.13. Meteran .....	35
3.6. Skema Rangkaian Flowmeter Sensor Dengan Arduini UNO .....	36
3.7. Pengujian Dan Teknik Pengambilan Data .....	36
3.8. Jadwal Kegiatan .....	38
<b>BAB 4. ANALASIA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1. Data Hasil Pengujian .....	39
4.1.1. Data Hasil Pengujian Debit Air Pada Jumlah Sudu 2 .....	39
4.1.2. Jumlah Sudu Impeller Dengan Jumlah Sudu 2 .....	41
4.1.3. Perhitungan Pada Jumlah Sudu 2 .....	42
4.2. Jumlah Sudu Impeller Dengan Jumlah Sudu 3 .....	58
4.2.1. Data Hasil Pengujian Debit Air Pada Jumlah Sudu 3 .....	59
4.2.2. Perhitungan Pada Jumlah Sudu 3 .....	60
4.3. Jumlah Sudu Impeller Dengan Jumlah Sudu 4 .....	75
4.3.1. Data Hasil Pengujian Debit Air Jumlah Sudu 4 .....	76
4.3.2. Perhitungan Pada Jumlah Sudu 4 .....	77
4.4. Pembahasan .....	91
4.4.1. Grafik Perbandingan Bilangan Reynold Terhadap Debit Air .....	91
4.4.2. Grafik Perbandingan Bilangan Reynold Terhadap Head Pompa .....	91
4.4.3. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Daya Pompa .....	92
4.4.4. Grafik Perbandingan Head Pompa Dengan Daya Pompa .....	93
4.4.5. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Head Pompa .....	93

4.4.6. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Daya, Head, Dan Efisiensi .....	94
4.4.7. Grafik Perbandingan NPSH Terhadap Head Pompa .....	95
4.4.8. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap NPSH.....	96
4.4.9. Grafik Perbandingan Jumlah Sudu Terhadap Head, Efisiensi, Dan Daya .....	97
4.5. Perbedaan Segitiga Kecepatan Pada Impeller .....	98
4.5.1. Segitiga Kecepatan Pada Jumlah Sudu 2 .....	98
4.5.2. Segitiga Kecepatan Pada Jumlah Sudu 3.....	99
4.5.3. Segitiga Kecepatan Pada Jumlah Sudu 4 .....	100
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>101</b>
5.1. Kesimpulan .....	101
5.2. Saran .....	102

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Cara Mengukur Head .....	7
Gambar 2.2. Pompa Sentrifugal .....	11
Gambar 2.3. Bagian Aliran Fluida Didalam Pompa Sentrifugal .....	12
Gambar 2.4. Jenis - Jenis Impeller .....	14
Gambar 2.5. Penampang Melalui Sudu - Sudu Dari Roda Jalan Suatu Pompa.....	17
Gambar 2.6. Pemilihan Dari Bentuk Impeller .....	18
Gambar 2.7. Head Pompa .....	20
Gambar 3.1. Spesifikasi Pompa .....	27
Gambar 3.2. Spesifikasi Impeller .....	28
Gambar 3.3. Desain Alat .....	29
Gambar 3.4. Pompa Sentrifugal .....	30
Gambar 3.5. Pipa 1 ½ Inchi.....	30
Gambar 3.6. Elbow .....	31
Gambar 3.7. Flow Meter Sensor .....	31
Gambar 3.8. Manometer U .....	32
Gambar 3.9. Impeller 2, 3 Dan 4.....	32
Gambar 3.10. Stopwatch .....	33
Gambar 3.11. Arduino Uno.....	33
Gambar 3.12. Software Arduino .....	34
Gambar 3.13. Laptop.....	34
Gambar 3.14. Gelas Ukur.....	34
Gambar 3.15. Kunci T, Kunci Pas Dan Kunci Ring .....	35
Gambar 3.16. Meteran.....	35
Gambar 3.17. Skema Rangkaian Flow Meter Sensor .....	36
Gambar 4.1. Data Hasil Pengujian Pada Sisi Isap .....	39
Gambar 4.2. Data Hasil Pengujian Pada Sisi Tekan .....	40
Gambar 4.3. Jumlah Sudu 2 .....	42
Gambar 4.4. Head Pompa .....	46
Gambar 4.5. Diagram Moody Menentukan Faktor Gesek Pada Pipa Isap .....	48
Gambar 4.6. Diagram Moody Menentukan Faktor Gesek Pada Pipa Tekan .....	52
Gambar 4.7. Jumlah Sudu 3 .....	59
Gambar 4.8. Data Hasil Pengujian Pada Sisi Isap .....	59
Gambar 4.9. Data Hasil Pengujian Pada Sisi Tekan .....	60
Gambar 4.10. Head Pompa .....	63
Gambar 4.11. Diagram Moody Menentukan Faktor Gesek Pada Pipa Isap .....	66
Gambar 4.12. Diagram Moody Menentukan Faktor Gesek Pada Pipa Tekan .....	69
Gambar 4.13. Jumlah Sudu 4 .....	76
Gambar 4.14. Data Hasil Pengujian Pada Sisi Isap .....	76
Gambar 4.15. Data Hasil Pengujian Pada Sisi Tekan .....	77
Gambar 4.16. Head Pompa .....	80
Gambar 4.17. Diagram Moody Menentukan Faktor Gesek Pada Pipa Isap .....	82
Gambar 4.18. Diagram Moody Menentukan Faktor Gesek Pada Pipa Tekan .....	85
Gambar 4.19. Grafik Perbandingan Bilangan Reynold Terhadap Debit Air .....	91
Gambar 4.20. Grafik Perbandingan Bilangan Reynold Terhadap Head Pompa....	92
Gambar 4.21. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Daya Pompa.....	92

Gambar 4.22. Grafik Perbandingan Head Pompa Terhadap Daya Pompa .....	93
Gambar 4.23. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Head Pompa.....	94
Gambar 4.24. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Daya, Efisiensi Dan Head.....	95
Gambar 4.25. Grafik Perbandingan NPSH Terhadap Head Total Pompa .....	96
Gambar 4.26. Grafik Perbandingan Antara Debit Air Terhadap NPSH .....	96
Gambar 4.27. Grafik Perbandingan Jumlah Sudu Terhadap Daya, Head Dan Efisiensi .....	97
Gambar 4.28. Segitiga Kecepatan Impeller Pada Jumlah Sudu 2 .....	98
Gambar 4.29. Segitiga Kecepatan Impeller Pada Jumlah Sudu 3.....	99
Gambar 4.30. Segitiga Kecepatan Impeller Pada Jumlah Sudu 4.....	100

## DAFTAR TABEL

<b>Keterangan Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan.....	38
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Jumlah Sudu 2, 3 Dan 4.....	39



## DAFTAR SIMBOL

Keterangan	Simbol	Satuan
Bilangan Reynold	Re	
Berbagai kerugian head dipipa, katub, belokan dll	hl	m
Diameter Poros	D	mm
Diameter Sisi Isap Impeller	$D_1$	mm
Diameter Sisi Luar Impeller	$D_2$	mm
Diameter Pipa	d	inchi
Debit air	Q	$m^3/s$
Debit air sisi isap	$Q_i$	$m^3/s$
Debit air sisi tekan	$Q_t$	$m^3/s$
Daya Hidrolis	$N_h$	kW
Daya Yang dibutuhkan pompa	$N_p$	kW
Daya Motor	$N_m$	kW
Efisiensi pompa	$\eta$	%
faktor gesekan	f	
Faktor akibat adanya katub isap dengan saringan	k	
Head statis pada sisi tekan	$Z_t$	m
Head statis pada sisi isap	$Z_i$	m
Head gerugian gesek dalam pipa	$h_f$	m
Head total	H	m
Head statis total	$H_s$	m
Jari-jari busur bentuk sudu impeller	$\rho$	
Jari-jari lingkaran konsentrasi awal	$R_a$	
Jari-jari lingkaran konsentrasi berikutnya	$R_b$	
Jumlah Sambungan	n	
Jumlah Sudu	z	
Kerugian keseluruhan pada pipa Tekan	$hl_t$	m
Kerugian keseluruhan pada pipa isap	$hl_i$	m
Kerugian head pada sambungan	$hl_1$	
Kerugian head pada katub isap dengan saringan	$hl_2$	
Ketinggian Fluida manometer U	h	m
Ketinggian fluida manometer U sisi isap	$h_i$	m
Ketinggian fluida manometer U sisi tekan	$h_t$	m
Kecepatan aliran	V	m/s
Kecepatan Aliran Pada Sisi Tekan	$V_t$	m/s
Kecepatan Aliran Pada Sisi Isap	$V_i$	m/s
Kecepatan mutlak aliran fluida masuk sudu impeller	$c_1$	m/det
Kecepatan mutlak aliran fluida keluar sudu impeller	$c_2$	m/det
Kecepatan relative aliran fluida pada sisi masuk impeller	$w_1$	
Kecepatan relative aliran fluida pada sisi keluar impeller	$w_2$	
Luas Penampang	A	$m^2$
Massa jenis fluida	$\gamma$	$kg/m^3$
Massa jenis air raksa	$\varphi$	$kg/m^3$

Nilai kekasaran pada pipa (PVC)	$\varepsilon$	
NPSH	$h_{sv}$	m
Panjang	L	mm
Putaran	n	rpm
Putaran Spesifik	$n_s$	rpm
Percepatan gravitasi	g	$m/s^2$
Perbedaan Head Tekanan	$\Delta h_p$	m
Sudut Masuk Impeller	$\beta_1$	°
Sudut Keluar Impeller	$\beta_2$	°
Sudut kemiringan sudu pada $R_a$	$\beta_a$	°
Sudut kemiringan sudu pada $R_b$	$\beta_b$	°
Segitiga Kecepatan	$u_1$	
Tebal Sudu	s	mm
Tinggi	T	mm
Tekanan hidrostatik	P	$N/m^2$
Tekanan hidrostatik pada pipa isap	$P_i$	$N/m^2$
Tekanan hidrostatik pada pipa tekan	$P_t$	$N/m^2$
Volume	$\mathcal{V}$	$m^3$
Viskositas kinetik zat cair	$\nu$	$m^2/s$
Waktu	t	s

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Impeller merupakan komponen utama yang sangat penting pada pompa sentrifugal yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi kecepatan pada fluida.

Energi kecepatan yang dihasilkan impeller didasarkan dari besaran putaran poros yang digerakan oleh motor listrik. Energi yang diberikan oleh impeller untuk memindahkan fluida adalah akibat adanya dorongan sudu-sudu pada impeller. Fluida yang keluar melalui sudu-sudu, dan meninggalkan impeller dengan kecepatan tinggi, lalu melewati saluran yang penampangnya semakin membesar sehingga terjadi perubahan head (tinggi tekan ) kecepatan menjadi head tekanan.

Pompa sentrifugal yang mempunyai impeller untuk menaikkan fluida dari tempat yang rendah ketempat yang lebih tinggi dari akibat adanya kecepatan dan tekanan. Pada pompa kecepatan dan tekanan yang terjadi dapat dipengaruhi desain impeller termasuk di dalamnya pengaruh jumlah sudu impeller. Jumlah sudu pada impeller akan merubah kecepatan aliran, head, daya pompa dan efisiensi pompa.

Hal tersebut diatas dapat dikatakan sebagai kinerja sebuah pompa. Oleh sebab itu, perencanaan sebuah impeller sangat bergantung pada bagian utamanya dimana salah satu bagian yang penting adalah jumlah sudu.

Jumlah sudu dapat dianalisa berdasarkan diameter masuk dan keluar fluida, sehingga berpengaruh kepada kinerja fluida yang akan dipindahkan. Dalam menganalisa kinerja fluida pada pompa, perlu diperhatikan dimensi (ukuran-ukuran) impeller sesuai kapasitas air yang dibutuhkan. Semakin banyak jumlah sudu maka kapasitas dan efisiensi pompa semakin meningkat atau sebaliknya jika semakin sedikit jumlah sudu maka kapasitas dan efisiensi semakin rendah. Hal ini perlu dibuktikan dengan suatu eksperimen/pengujian terhadap impeller.

## **1.2. Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana pengaruh jumlah sudu impeller terhadap kecepatan aliran?
2. Bagaimana pengaruh jumlah sudu impeller terhadap head?
3. Bagaimana pengaruh jumlah sudu impeller terhadap efisiensi pompa?
4. Bagaimana pengaruh jumlah sudu impeller terhadap daya pompa?

## **1.3. Batasan Masalah**

Dalam penelitian tugas akhir ini batasan masalah meliputi sebagai berikut:

1. Analisa perhitungan terhadap head, kecepatan fluida, daya dan efisiensi pompa.
2. Penelitian dilakukan menggunakan 3 buah impeller dengan jumlah sudu dan sudut outlet yang berbeda.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Untuk menghitung pengaruh variasi jumlah sudu impeller terhadap kecepatan aliran, head dan efisiensi pompa.
2. Untuk menghitung jumlah sudu impeller yang lebih bagus (efektif) untuk pompa.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Dapat mengetahui kinerja terbaik setelah dilakukan variasi jumlah sudu impeller pada pompa sentrifugal.
2. Dapat mengetahui perhitungan, kecepatan aliran, head dan efisiensi pompa setelah dilakukan pengujian jumlah sudu impeller.

#### **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 penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan

##### **BAB 2 LANDASAN TEORI**

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori tentang pompa baik pengertian, dan klasifikasi pompa. Berdasarkan dari teori-teori inilah penulis akan melakukan pengujian impeller yang telah di bentuk.



### **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 PENUTUP**

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

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Pengertian Fluida**

Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir bisa berupa cairan atau gas. Fluida mengubah bentuknya dengan mudah dan didalam kasus mengenai gas, mempunyai volume yang sama dengan volume yang membatasi gas tersebut. Pemakaian mekanika kepada medium kontinyu, baik benda padat maupun fluida adalah didasari pada hukum gerak newton yang digabungkan dengan hukum gaya yang sesuai.

Salah satu cara untuk menjelaskan gerak suatu fluida adalah dengan membagi – bagi fluida tersebut menjadi elemen volume yang sangat kecil yang dapat dinamakan partikel fluida dan mengikuti gerak masing-masing partikel ini.

Suatu massa fluida yang mengalir selalu dapat dibagi-bagi menjadi tabung aliran, bila aliran tersebut adalah lunak, waktu tabung tetap tidak berubah bentuknya dan fluida yang pada suatu saat berada didalam sebuah tabung akan tetap berada dalam tabung ini seterusnya. Kecepatan aliran didalam tabung aliran adalah sejajar dengan tabung dan mempunyai besar berbanding terbalik dengan luas penampangnya. (*pantar,s, 1997*)

Konsep aliran fluida yang berkaitan dengan aliran fluida dalam pipa adalah :

1. Hukum kekentalan Massa
2. Hukum Kekentalan energi
3. Hukum kekentalan momentum
4. Katup

5. Orificemeter
6. Arcameter (rotarimeter).

Head ada dalam tiga bentuk yang dapat saling diperlukan antara lain:

1. Head Potensial/Head Aktual

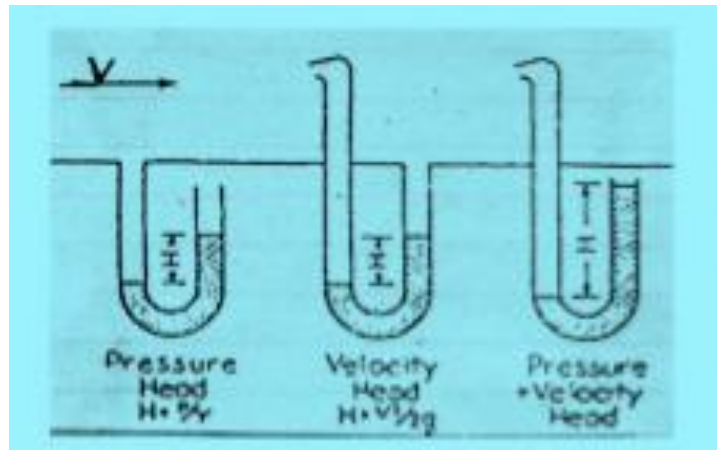
Didasarkan pada ketinggian fluida diatas bidang datar. Jadi, suatu kolam air setinggi 2 kaki atau feet mengandung jumlah energi yang disebabkan oleh posisinya dan dikatakan fluida tersebut mempunyai head sebesar 2 feet kolam air.

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  $\rho/\gamma$ . Jika sebuah manometer terbuka dihubungkan dengan sudut tegak lurus aliran, maka fluida di dalam tabung akan naik sampai ketinggian yang sama dengan  $\rho/\gamma$ .



Gambar 2.1 Cara mengukur head

## 2.2. Macam-Macam Aliran Dalam Pipa

Aliran dapat diklasifikasikan (digolongkan) dalam banyak jenis seperti: turbulen, laminar, nyata, ideal, mampu balik, tak mampu balik, seragam, tak seragam, rotasional, tak rotasional.

Aliran fluida melalui instalasi (pipa) terdapat 2 jenis aliran yaitu :

1. Aliran laminar
2. Aliran turbulensi

Cairan dengan rapat massa yang akan lebih mudah mengalir dalam keadaan laminar. Dalam aliran fluida perlu ditentukan besarnya, atau arah vektor kecepatan aliran pada suatu titik ke titik yang lain. Agar memperoleh penjelasan tentang medan fluida, kondisi rata-rata pada daerah atau volume yang kecil dapat ditentukan dengan instrument yang sesuai.

Pengukuran aliran adalah untuk mengukur kapasitas aliran, massa laju aliran, volume aliran. Pemilihan alat ukur aliran tergantung pada ketelitian, kemampuan pengukuran, harga, kemudahan pembacaan, kesederhanaan dan keawetan alat ukur tersebut.

Dalam pengukuran fluida termasuk penentuan tekanan, kecepatan, debit, gradien kecepatan, turbulensi dan viskositas. Terdapat banyak cara melaksanakan pengukuran-pengukuran, misalnya: langsung tak langsung, gravimetrik, volumetrik, elektronik, elektromagnetik dan optik. Pengukuran debit secara langsung terdiri dari atas penentuan volume atau berat fluida yang melalui suatu penampang dalam suatu selang waktu tertentu. Metode tak langsung bagi pengukuran debit memerlukan penentuan tinggi tekanan, perbedaan tekanan atau kecepatan di beberapa titik pada suatu penampang dan dengan besaran perhitungan debit. Metode pengukuran aliran yang paling teliti adalah penentuan gravimetrik atau penentuan volumetrik dengan berat atau volume diukur atau penentuan dengan mempergunakan tangki yang dikalibrasikan untuk selang waktu yang diukur.

Pada prinsipnya besar aliran fluida dapat diukur melalui :

1. Kecepatan (velocity)
2. Berat (massanya)
3. Luas bidang yang dilaluinya
4. Volumennya.

### **2.3. Kinerja Aliran Fluida**

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

### 2.3.1. Debit Air

Satuan dari debit air (Q) adalah m<sup>3</sup>/s, liter/s, atau ft<sup>3</sup>/s . Debit air dari suatu pompa sentrifugal dapat dinyatakan dengan rumus :

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

Dimana :

Q = Debit (m<sup>3</sup>/s)

V = Volume fluida (m<sup>3</sup>)

t = Waktu (s)

### 2.3.2. Kecepatan Aliran (V)

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

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

Dimana :

V = Laju aliran fluida (m/s)

Q = Debit (m<sup>3</sup>/s)

A = Luas penampang pipa bagian dalam (m<sup>2</sup>)

luas penampang pipa adalah

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

Dimana :

A = Luas penampang sebuah pipa (m<sup>2</sup>)

d = Diameter sebuah pipa (inchi)

## 2.4. Tekanan

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.

Tekanan adalah gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu permukaan bidang dan dibagi luas permukaan bidang tersebut. Secara matematis, persamaan tekanan dituliskan sebagai berikut.

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

Dimana:

$P$  = tekanan hidrostatis ( $\text{N/m}^2$ ),

$\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ ),

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ ), dan

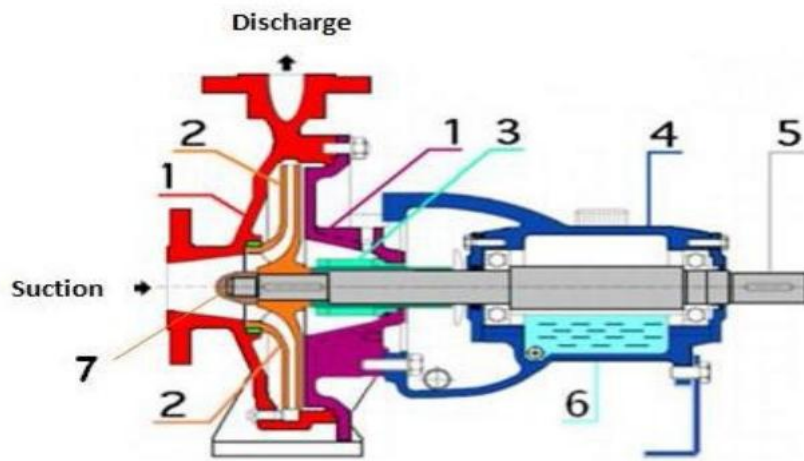
$h$  = kedalaman titik dari permukaan fluida (m).

Persamaan (2.4) 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.

## 2.5. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah suatu mesin kinetis yang mengubah energi mekanik menjadi energi fluida menggunakan gaya sentrifugal (sularso, 2004), pompa sentrifugal terdiri dari sebuah impeller yang berputar di dalam sebuah rumah pompa (casing). Pada rumah pompa dihubungkan dengan saluran isap dan saluran keluar. Sedangkan impeller terdiri dari sebuah cakram dan terdapat sudu-sudu, arah putaran sudu-sudu itu biasanya dibelokkan ke belakang terhadap arah putaran. Gambar pompa sentrifugal diperlihatkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2. Pompa sentrifugal

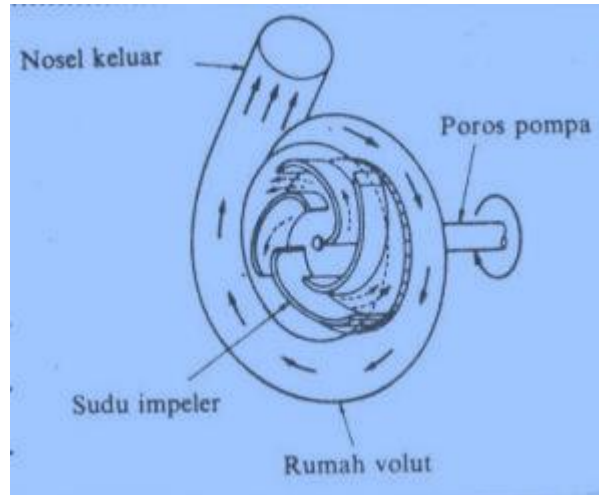
Keterangan :

1. casing
2. impeller
3. shaft seal
4. bearing housing
5. shaft
6. lubricating reservoir
7. eye of impeller



## 2.6. Kinerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal, seperti dilihat pada gambar 2.3, mempunyai sebuah impeller (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi.



Gambar 2.3. Bagian aliran fluida didalam pompa sentrifugal

Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller didalam zat cair. Maka zat cair yang ada didalam impeller, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair dari tengah impeller ke luar melalui saluran diantara sudu-sudu. Disini head tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula head kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeller ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) dikeliling impeller dan disalurkan keluar pompa melalui nosel. Didalam nosel ini sebagian head kecepatan aliran diubah menjadi head tekanan.

Jadi impeller pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandung menjadi bertambah besar. Selisih energi persatuan berat atau head total zat cair antara flans isap dan flans keluar pompa disebut head total pompa.

Dari uraian diatas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan pertambahan head tekan, head kecepatan, dan head potensial pada zat cair yang mengalir secara kontiniu.

## **2.7. Klasifikasi Pompa Sentrifugal**

Pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan, berdasarkan :

### **2.7.1. Kapasitas :**

- Kapasitas rendah  $< 20 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Kapasitas rendah  $20 - 60 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Kapasitas rendah  $> 60 \text{ m}^3/\text{jam}$

### **2.7.2. Tekanan Discharge :**

- Kapasitas rendah  $< 5 \text{ Kg/m}^2$
- Kapasitas rendah  $5 - 50 \text{ Kg/m}^2$
- Kapasitas rendah  $> 50 \text{ Kg/m}^2$

### **2.7.3. Jenis-Jenis Impeller :**

#### **a. Closed Impeller**

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

b. Semi-closed Impeller

Impeller jenis ini terbuka disebelah sisi masuk (depan) dan tertutup di sebelah belakangnya. Sesuai untuk memompa zat cair yang sedikit mengandung kotoran misalnya : air yang mengandung pasir, zat cair yang mengauskan, slurry, dan lain-lain.

c. Open Impeller

Impeller jenis ini tidak ada dindingnya di depan maupun di belakang. Bagian belakang ada sedikit dinding yang disisakan untuk memperkuat sudu. Jenis ini banyak digunakan untuk pemompaan zat cair yang banyak mengandung kotoran



Gambar 2.4. Jenis-jenis Impeller

**2.7.4. Jumlah/Susunan Impeller Dan Tingkat**

- Single stage : Terdiri dari satu impeller dan satu casing.
- Multi stage : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun seri - dalam seri dalam satu casing.

- Multi Impeller : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun -  
paralel dalam satu casing.
- Multi Impeller & Multi Stage : Kombinasi multi impeller dan multi -  
stage.

#### **2.7.5. Posisi Poros**

- a. Poros tegak (Vertikal)
- b. Poros Mendatar (Herizontal)

#### **2.7.6. Jumlah Suction**

- a. Single Suction
- b. Double Suction

#### **2.7.7. Arah Aliran Keluar Impeller**

- a. Pompa aliran radial

Arah aliran dalam sudu gerak pada pompa aliran radial pada bidang yang tegak lurus terhadap poros dan head yang timbul akibat dari gaya sentrifugal itu sendiri. Pompa aliran radial mempunyai head yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pompa jenis yang lain.

- b. Pompa aliran aksial

Arah aliran dalam sudu gerak pada pompa aliran aksial terletak pada bidang yang sejajar dengan sumbu poros dan head yang timbul akibat dari besarnya gaya angkat dari sudu-sudu geraknya. Pompa aliran aksial head yang lebih rendah tetapi kapasitasnya lebih besar.

c. Pompa aliran campuran

Pada pompa ini fluida yang masuk sejajar dengan sumbu poros dan keluar sudu dengan arah miring (merupakan perpaduan dari pompa aliran radial dan aliran aksial). Pompa ini mempunyai head yang lebih rendah namun mempunyai kapasitas lebih besar.

## 2.8 Segitiga Kecepatan

Pada titik 1 bisa diperoleh segitiga kecepatan masuk, yaitu dengan jalan pada titik 1 di gambar  $c_1$  yang arahnya tegak lurus  $\mu_1$  di dapat dari :

$$u_1 = D_1 \cdot \pi \cdot n / 60 \quad (2.5)$$

Di mana :

$n$  = kecepatan putaran impeller dalam rpm

$D_1$  = diameter masuk sudu pompa (m)

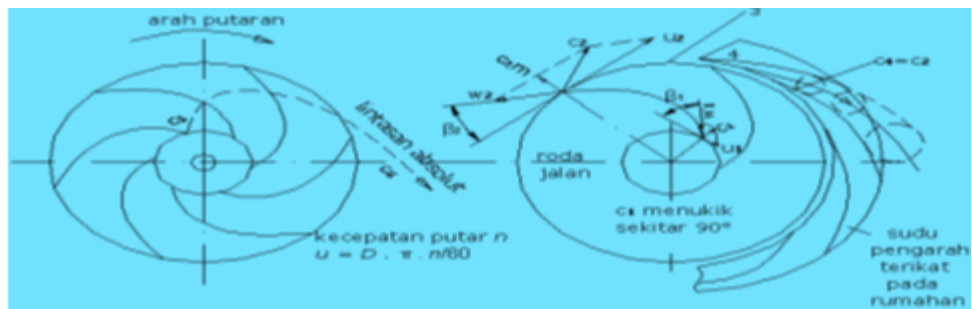
Terjadi dari sudut awal sudu  $\beta_1$ , dan  $\beta_2$  sudah diketahui besarnya karena sudah menjadi syarat pembuatan sudu.

Dari sini fluida yang mengalir ke bagian punggung dari sudu jalan yang melengkung, supaya mendapatkan penghantaran dan pengaliran yang maka jumlahnya sudu jalan harus tertentu, karena adanya gaya sentrifugal fluida yang ada pada saluran sudu jalan tersebut menjadi bergerak maju dan didorong keluar dari saluran sudu jalan. Jadi dari akibat berputarnya roda jalan dengan kecepatan  $u$  dan bentuknya sudu jalan yang sedemikian rupa didapat kecepatan relatif aliran fluida di bagian masuk saluran sudu  $w_1$  dan kecepatan relatif di bagian keluar  $w_1$ . Besarnya kecepatan  $w$  didapat dari persamaan kontinuitas. Diameter

roda jalan di bagian keluar  $D_2$  lebih besar dari pada di bagian masuk  $D_1$  dan lebar sudu  $b_2$  hanya sedikit lebih dari pada  $b_1$ , sehingga pada umumnya  $w_2$  lebih kecil dari pada  $w_1$ .

Kondisi luar dari roda jalan yaitu titik 2, fluida mempunyai kecepatan keluar mutlak  $c_2$ , yang didapat dengan melalui segitiga kecepatan keluar dari  $w_2$ ,  $u_2$ - sudut keluar sudu  $\beta_2$  yang besarnya bisa dipilih dengan bebas.

Sesudah keluar dari roda jalan fluida melalui ruang tanpa sudu 3 dan sampai didalam sudu pengarah dengan kecepatan  $c_4$ , tetapi bila konstruksi pompa harus dibuat sederhana dimana fluida yang keluar dari roda jalan langsung masuk ke dalam rumah pompa, maka  $c_2$  harus diarahkan sedemikian rupa sehingga perpindahan fluida dari roda jalan kerumah pompa sedapat mungkin bisa bebas.

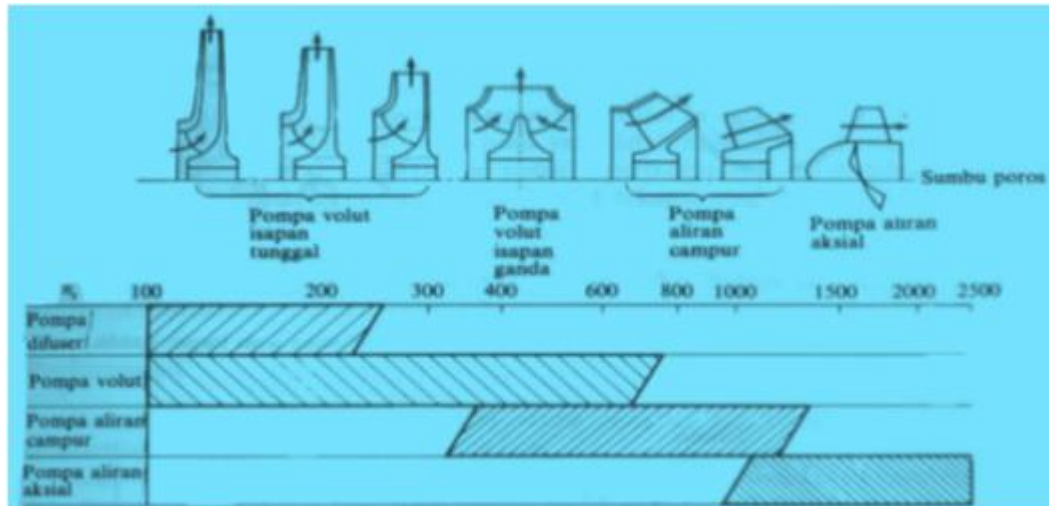


Gambar 2.5. Penampang melalui sudu-sudu dari roda jalan suatu pompa

## 2.8. Putaran Spesifik

Komponen utama pada pompa antara lain adalah impeller dan rumah pompa. Dimana pada impeller, zat cair mendapatkan percepatan sedemikian rupa sehingga dapat mengalir keluar. Bentuk dari impeller pompa dapat ditentukan dengan menggunakan besaran yang disebut putaran spesifik ( $n_s$ ).

Dengan kata lain harga  $n_s$  dipakai sebagai parameter untuk menentukan jenis impeller pompa, jadi apabila harga putaran spesifik pompa sudah ditentukan maka bentuk impeller dapat ditentukan pula.



Gambar 2.6. Pemilihan dari bentuk impeller

$$n_s = n \cdot \frac{\bar{Q}}{H^{3/4}} \quad (2.6)$$

Dimana :

$n_s$  = Putaran spesifik

$Q$  = Kapasitas pompa ( $m^3$ /menit)

$H$  = Head pompa (m)

$n$  = Putaran pompa (rpm)

Kecepatan spesifik yang didefinisikan dalam persamaan di atas adalah sama untuk pompa-pompa yang sebangun atau sama bentuk impellernya, meskipun ukuran dan putarannya berbeda, ada empat jenis impeller berdasarkan putaran spesifik adalah sebagai berikut :

$n_s = (100 - 2500)$  = Impeller jenis radial

$n_s = (100 - 780) = \text{impeller jenis francis}$

$n_s = (320 - 1400) = \text{Impeller jenis aliran campuran}$

$n_s = (890 - 2500) = \text{Impeller jenis aksial}$

*(Fritz dietzel, Dakso sriyono.1993).*

## **2.10 Perhitungan Head**

### **2.10.1. 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:

$$h_s = h_t - h_i \quad (2.7)$$

Keterangan :

$h_s$  : Head statis total (m)

$h_t$ : Head statis pada sisi tekan (m)

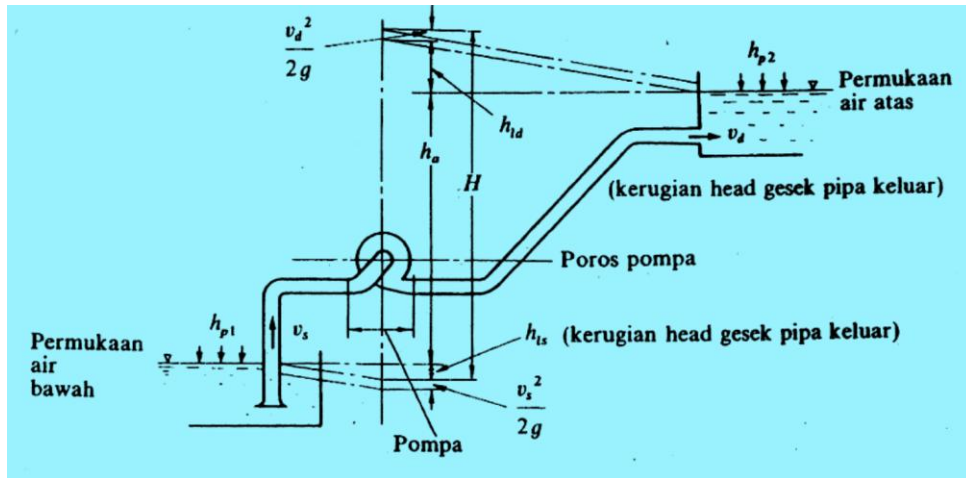
$h_i$ : Head statis pada sisi isap (m)

### **2.10.2. 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 per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. Head dapat bervariasi pada penampang yang berbeda, tetapi pada kenyataannya selalu ada rugi energi. Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti



direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa.



Gambar 2.7. Head Total Pompa

Dari gambar 2.7. kita dapat menentukan head total pompa dengan persamaan dibawah ini:

$$H = h_s + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g} \quad (2.8)$$

Dimana :

$H$  = Head total Pompa (m)

$h_s$  = Head statis total (m)

$\Delta h_p$  = Perbedaan head tekanan yang berada pada permukaan air (m),

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

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

$$(m) h_l : h_{ld} + h_{ls}$$

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

$g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

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)

### 2.10.3. Head Kerugian Gesek Untuk Zat Cair Didalam Pipa

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

Bilangan Reynold

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu} \quad (2.9)$$

Dimana :

U = kecepatan aliran fluida (m/s)

D = Diameter (m )

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

*sularso,2000. Tabel kerapatan dan kekentalan air 1 atm*)

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

Perhitungan pola aliran di dalam pipa dipengaruhi oleh pola aliran, untuk aliran laminar dan turbulen akan menghasilkan nilai koefisien yan berbeda. Hal

ini di karenakan karakteristik dari aliran tersebut. Adapun rumus yang dipakai adalah sebagai berikut :

Aliran Laminar ( $Re < 2300$ ) harga  $f$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.10)$$

Aliran Turbulen ( $Re > 4000$ ) harga  $f$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = 0,0055( 1 + (20000 \times \varepsilon_D + 10^6/Re)^{1/3} ) \quad (2.11)$$

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:

$$h_f = f \frac{L \cdot u^2}{D \cdot 2g} \quad (2.12)$$

Dimana:

$h_f$  = head gerugian gesek dalam pipa (m)

$f$  = koefisien gesekan

$L$  = panjang pipa (m)

$D$  = diameter dalam pipa (m)

$u$  = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

#### **2.10.4. 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:

$$hl_1 = n k_1 \frac{u^2}{2g} \quad (2.13)$$

Dimana :

$n$  = jumlah sambungan  $90^\circ$

$k_1$  = Factor kelengkungan pipa lekuk  $90^\circ = 1,129$   
*(sumber;Sularso,pompa dan kompresor. Tabel kerugian belokan pipa)*

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$u$  = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

#### **2.10.5. Kerugian Head Pada Katub Isap Dengan Saringan.**

Kerugian ini dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut:

$$hl_2 = k \frac{u^2}{2g} \quad (2.14)$$

Dimana :

$k$  = faktor akibat adanya katub isap dengan saringan = 1,97  
*(sumber;Sularso,pompa dan kompresor. Tabel kerugian belokan pipa)*

$u$  = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

#### **2.11. Daya Pompa**

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:

### 2.11.1. Daya Hidrolis

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

$$N_h = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{102} \quad (2.15)$$

Dimana :

$N_h$  = Daya Hidrolis (KW)

$\gamma$  = berat jenis air ( $\text{kN/m}^3$ )

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

$h_{\text{tot}}$  = Head total (m)

### 2.11.2. 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:

$$N_p = \frac{\gamma Q H}{\eta \times 102} \quad (2.16)$$

Dimana :

$N_p$  = Daya Yang dibutuhkan pompa (kW)

$Q$  = Kapasitas Pompa ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$H$  = Head total pompa (m)

$\gamma$  = Berat jenis fluida yang dipompakan ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\eta$  = Efisiensi pompa

### 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 ( $\eta$ ) dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.21. (*Austin H. Chruch. Zulkifli Harahap. 1990*)

$$\eta = \frac{N_h}{N_m} \times 100\% \quad (2.17)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi pompa (%)

$N_h$  = Daya hidrolis (kW)

$N_m$  = Daya Motor (kW)

### 2.13. NPSH (Net Positive Suction Head)

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:

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_v}{\gamma} - Z_i - h_{li} \quad (2.18)$$

Dimana :

$h_{sv}$  = NPSH yang tersedia (m)

$P_a$  = Tekanan mutlak zat cair dalam tangki ( $\text{kgf/m}^2$ )

$P_v$  = Tekanan Uap jenuh air Bersih ( $\text{kgf/m}^2$ )

$\gamma$  = Berat zat cair persatuan volume ( $\text{kgf/m}^2$ )

$Z_i$  = Head isap statis (m)

$h_{l_i}$  = Head Kerugian Pada sisi isap (m)

#### 2.14. Jumlah Sudu

Jumlah sudu pada impeller dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Z = 6,5 (D_2 + D_1) / (D_2 - D_1) \cdot \sin \beta_m \quad (2.19)$$

Dan sudut rata-rata sudu

$$\beta_m = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \quad (2.20)$$

#### 2.15. Jarak Antara Sudu

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_1}{Z} \quad (2.21)$$

Dimana:

$D_1$  = Diameter dalam impeller

$Z$  = Jumlah sudu

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode ekperimental, yaitu dengan melakukan serangkaian pengujian variasi jumlah sudu impeller pompa yang meliputi kecepatan aliran, head dan efisiensi pompa. Penelitian ini menggunakan 2 buah impeller pompa dengan jumlah sudu impeller di bawah standart dan di atas standart dari spesifikasi impeller pompa, dengan jumlah sudu 2 dan jumlah sudu 4.

#### 3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

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. Spesifikasi Pompa

Pompa yang digunakan untuk penelitian tugas akhir ini adalah pompa sentrifugal yang bermerek SAN-EI dengan code-401A dan spesifikasi sebagai berikut

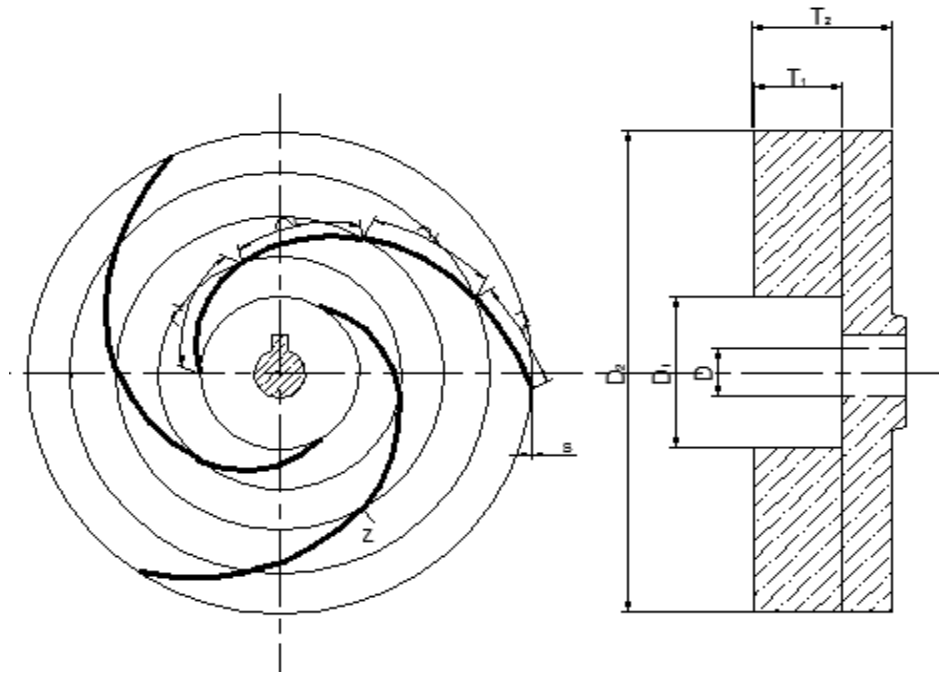


Spesifikasi Pompa :	
Code	: San-ei SE-401A
Daya	: 0,40 kW / 0,50 HP/ 400 Watt
Ukuran Pipa	: 1 1/2" x 1 1/2"
Tinggi Isap	: 8 m
Tinggi Dorong	: 9 m
Kapasitas	: 340 L/min
Volt	: 220 V
Putaran	: 2850 rpm

Gambar 3.1. Spesifikasi Pompa



### 3.3. Spesifikasi Impeller



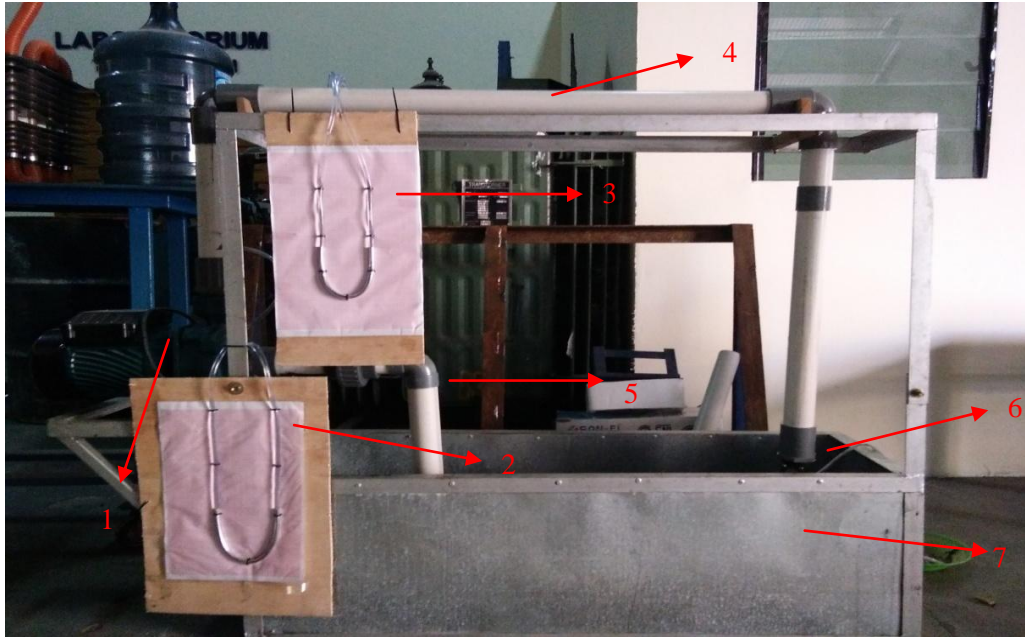
Gambar 3.2. Spesifikasi Impeller

#### Spesifikasi

- |                          |      |          |
|--------------------------|------|----------|
| 1. Diameter Impeller     | (D1) | : 120 mm |
| 2. Diameter Sisi Isap    | (D2) | : 38 mm  |
| 3. Diameter Lubang Poros | (D)  | : 12 mm  |
| 4. Tinggi Impeller       | (T2) | : 26 mm  |
| 5. Tinggi Sudu           | (T1) | : 12 mm  |
| 6. Tebal sudu            | (s)  | : 2,9 mm |
| 7. Jumlah Sudu           | (z)  | : 3      |
| 8. Panjang sudu          | (L)  | : 120 mm |

### 3.4. Desain Alat

Desain alat yang digunakan pada penelitian variasi jumlah sudu ini adalah desain alat yang sederhana. Alat yang di buat untuk mengalirkan fluida dari pipa isap dan mengalir ke pipa tekan, setelah adanya perubahan jumlah sudu. Desain alat dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Desain alat

Keterangan :

1. Motor Listrik
2. Manometer U sisi isap
3. Manometer U sisi tekan
4. Pipa isap
5. Pipa tekan
6. Flow meter sensor
7. Bak air

### 3.5. Alat Dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu:

#### 3.5.1. Pompa Sentrifugal

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



Gambar 3.4. Pompa Sentrifugal

#### 3.5.2. Pipa 1 1/2 Inchi

Pipa berfungsi sebagai instalasi pipa untuk mengalirkan air.



Gambar 3.5. Pipa 1 1/2 inchi

### 3.5.3. Elbow

Elbow berfungsi untuk menyambung pipa dengan kelengkungan 90°



Gambar 3.6. Elbow

### 3.5.4. Flow Meter Sensor

Flow Meter Sensor berfungsi sebagai alat ukur untuk mengetahui debit air dan volume air.



Gambar 3.7. Flow Meter Sensor

### 3.5.5. Manometer U

Manometer U berfungsi sebagai alat mengukur tekanan pada sisi isap dan sisi tekan.



Gambar 3.8. Manometer U

### 3.5.6. 3 Buah Impeller Dengan Jumlah Sudu 2, 3, dan 4.

Impeller berfungsi sebagai bahan pengujian yang akan di uji jumlah sudu impellernya pada pompa sentrifugal.



Gambar 3.9. Impeller sudu 2, 3 dan 4

### 3.5.7. Stopwatch

Berfungsi untuk mengukur waktu kecepatan air, yang mengalir keluar.



Gambar 3.10. Stopwatch

### 3.5.8. Arduino UNO

Berfungsi sebagai alat yang membaca kecepatan dari flow meter sensor dan dilihat menggunakan software arduino.



Gambar 3.11. Arduino Uno

### 3.5.9. Software Arduino

Berfungsi untuk membuat program arduino.



Gambar .3.12. Software Arduino

### 3.5.10. Laptop

Berfungsi untuk membuka Software Arduino



Gambar 3.13. Laptop

### 3.5.11. Gelas Ukur

Berfungsi untuk mengukur banyak air yang keluar dari ujung pipa.



Gambar 3.14. Gelas Ukur



### 3.5.12. Kunci T, Kunci Pas Dan Kunci Ring

Berfungsi untuk membuka rumah impeller dan membuka mur untuk melepaskan impeller



Gambar 3.15. Kunci T, Kunci Pas Dan Kunci Ring

### 3.5.13. Meteran

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



Gambar 3.16. Meteran



### 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 mikrokontroller arduino uno kedua yang akan didisplay pada laptop.

Untuk skema rangkaian receiver seperti pada gambar di bawah:



Gambar 3.17 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.

### 3.7. Pengujian Dan Teknik Pengambilan Data

Adapun pengujian dan cara pengambilan data sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peralatan.
2. Menguji impeller standart dari pompa dengan jumlah sudu 3,selanjutnya hidupkan mesin.

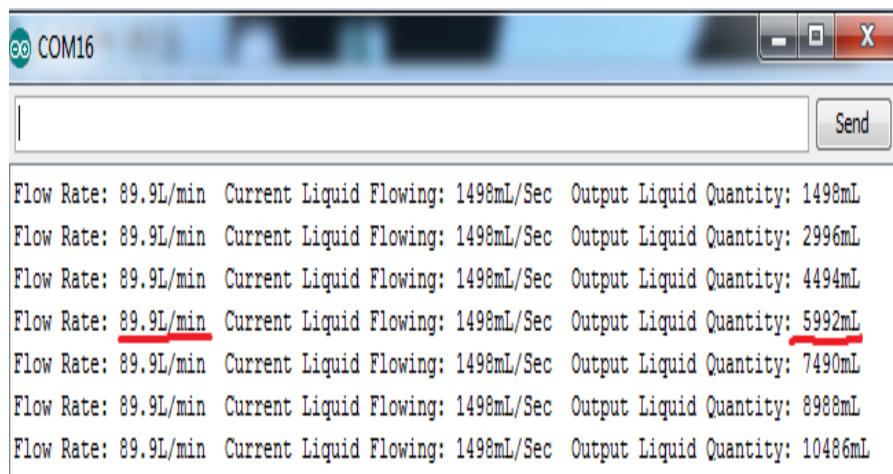
3. Pengambilan data debit air secara manual, dengan cara menampung air sebanyak 5 liter sekaligus mengukur waktu menggunakan stopwatc. Untuk jumlah sudu 3.
4. Pengambilan data dari arduino flowmeter sensor dan pengambilan data tekanan pada manometer U untuk impeller dengan jumlah sudu 3.
5. Membuka rumah impeller dengan kunci 14 T dan 14 pas lalu membuka impeller dengan kunci 17 ring.
6. Membuka rumah impeller, mengganti impeller jumlah sudu 3, dengan jumlah sudu 2, lalu hidupkan pompa.
7. Pengambilan data debit air secara manual, dengan cara menampung air sebanyak 5 liter sekaligus mengukur waktu menggunakan stopwatc. Untuk jumlah sudu 2.
8. Pengambilan data dari arduino flowmeter sensor dan pengambilan data tekanan pada manometer U untuk impeller dengan jumlah sudu 2.
9. Membuka rumah impeller, mengganti impeller jumlah sudu 2, dengan jumlah sudu 4, lalu hidupkan pompa.
10. Pengambilan data debit air secara manual, dengan cara menampung air sebanyak 5 liter sekaligus mengukur waktu menggunakan stopwatc. Untuk jumlah sudu 4.
11. Pengambilan data dari arduino flowmeter sensor dan pengambilan data tekanan pada manometer U untuk impeller dengan jumlah sudu 4.
12. Selesai.





Pengambilan data secara manual dengan menggunakan gelas ukur sebanyak 5 liter. Jadi pengambilan data melalui percobaan arduino flow meter sensor diatas dapat diambil data output liquid quantity (volume ) = 5685 mL dengan flow rate (debit air ) = 68,2 L/min.

- b. Data hasil pengujian debit air ( $Q_t$ ) , menggunakan flow meter sensor, pada sisi tekan dengan variasi jumlah sudu 2.



Gambar 4.2. Data hasil pengujian pada sisi tekan

Pengambilan data secara manual dengan menggunakan gelas ukur sebanyak 5 liter. Jadi pengambilan data melalui percobaan arduino flow meter sensor diatas dapat diambil data output liquid quantity (volume ) = 5992 mL dengan flow rate (debit air ) = 89,9 L/min.

#### 4.1.2. Jumlah Sudu Impeller Dengan Jumlah Sudu 2

$$Z = 6,5 \frac{(D_2 + D_1)}{(D_2 - D_1)} \cdot \sin\beta$$

Dan sudut rata-rata sudu

$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$$

$$Z = 6,5 \frac{(120 + 38)}{(120 - 38)} \cdot \sin\beta$$

$$2 = 6,5 \frac{150}{82} \cdot \sin\beta$$

$$2 = 6,5 \cdot 1,92 \cdot \sin\beta$$

$$\sin\beta = \frac{2}{12,48} = 0,16$$

$$\beta = \sin^{-1} \cdot 0,16$$

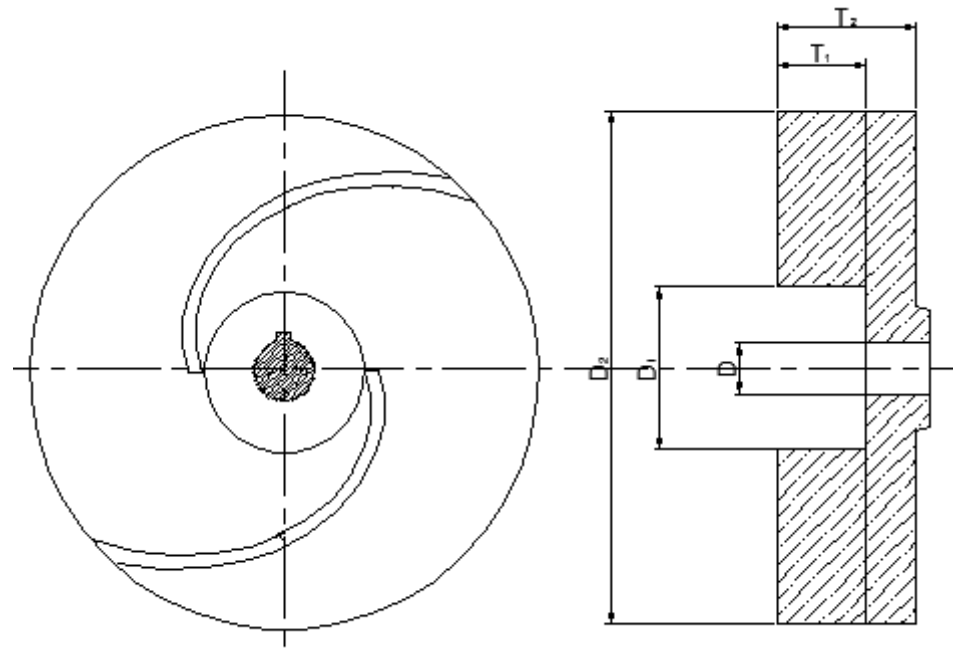
$$\beta = 9,2$$

Jarak antara sudu

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_1}{Z}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 38}{2}$$

$$= 59,66$$



Gambar 4.3. Jumlah Sudu 2

#### 4.1.3. Perhitungan Pada Jumlah Sudu 2.

Data survei yang diketahui:

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

Panjang pipa isap  $L_i$  = 80 cm = 0,8 m

Panjang pipa tekan  $L_t$  = 180 cm = 1.8 m

Tinggi tekan pipa isap  $h_i$  = 8 mm = 0,008 m

Tinggi tekan pipa tekan  $h_t$  = 10 mm = 0,010 m

Mesin fluida  $\rho$  = 1000 kg/m<sup>3</sup>

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

Pipa yang digunakan adalah pipa plastic halus (pvc) dengan nilai

kekasaran  $\varepsilon = 0,012$  mm

## 1. Debit Air

Debit / kapasitas merupakan volum fluida yang dapat di alirkan per satuan waktu. Satuan dari kapasitas (Q) adalah  $m^3/s$ , liter/s, atau  $ft^3/s$ . Dari hasil pengujian yang di dapat dari flow meter sensor debit air, pada sisi isap dan tekan dengan variasi jumlah sudu 2 di dapat:

$$\text{Pada sisi isap } Q_i = 68,2 \text{ L/min} \longrightarrow = 0,00113 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Pada sisi tekan } Q_t = 89,9 \text{ L/min} \longrightarrow = 0,00149 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 2. Luas Penampang

Sebelum menghitung kecepatan aliran, terutama harus mengetahui luas penampang pipa dengan persamaan:

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

Dimana :

A = Luas penampang sebuah pipa (m)

d = Diameter pipa (0.038 m)

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

## 3. Kecepatan Aliran Pipa Isap

Kecepatan pada pipa isap didapat dari debit air pada sisi isap dibagi dengan luas penampang.

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

Dimana :

$V_i$  = Laju aliran fluida (m/s)



$Q_i = \text{Debit air pipa isap (0,00113 m}^3/\text{s)}$

$A = \text{Luas penampang pipa bagian dalam (0,0011 m}^2\text{)}$

Maka:

$$V_i = \frac{0,00113 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0011 \text{ m}^2} = 1,02 \text{ m/s}$$

#### 4. Kecepatan Aliran Pada Pipa Tekan

Kecepatan pada pipa tekan di dapat di dapat dari debit air pada sisi tekan dibagi dengan luas penampang..

$$V_t = \frac{Q_t}{A}$$

Dimana :

$V_t = \text{Laju aliran fluida (m/s)}$

$Q_t = \text{Debit (0,00149 m}^3/\text{s)}$

$A = \text{Luas penampang pipa bagian dalam (0,0011 m}^2\text{)}$

Maka :

$$V_t = \frac{0,00149 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0011 \text{ m}^2} = 1,35 \text{ m/s}$$

#### 5. Tekanan Hidrostatik Pada Pipa Isap

Dari hasil pengujian pada serangkaian variasi jumlah sudu impeller didapat tekanan di dalam pipa yang diukur dengan manometer U, tekanan pada sisi isap yang terukur adalah  $h_i = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$ . (*Tabel data hasil pengujian*)

$$P_i = \rho \cdot g \cdot h_i$$

Dimana:

$P_i = \text{tekanan hidrostatik (N/m}^2\text{)},$

$\rho$  = massa jenis fluida ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ). (sumber: sularso,2000.

*Tabel kerapatan dan kekentalan air 1 atm)*

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

$h_i$  = kedalaman titik dari permukaan fluida pada pipa isap 8 mm  
( 0,008 m).

Jadi tekanan yang di hasilkan dari pipa isap adalah :

$$\begin{aligned} P_i &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,008 \text{ m} \\ &= 78,48 \text{ N/m} \end{aligned}$$

## 6. Tekanan Pada Pipa Tekan

Pada sisi tekan tekanan yang terukur dengan manometer U adalah  $h_t = 14 \text{ mm} = 0,014 \text{ m}$ . (Tabel data hasil pengujian).

$$P_t = \rho \cdot g \cdot h_t$$

Dimana:

$P_t$  = tekanan hidrostatis ( $\text{N/m}^2$ ),

$\rho$  = massa jenis fluida ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ). (sumber: sularso,2000. Tabel  
*kerapatan dan kekentalan air 1 atm)*

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

$h_t$  = kedalaman titik dari permukaan fluida pada pipa isap 10 mm  
( 0,010 m).

Jadi tekanan yang di hasilkan dari pipa tekan adalah :

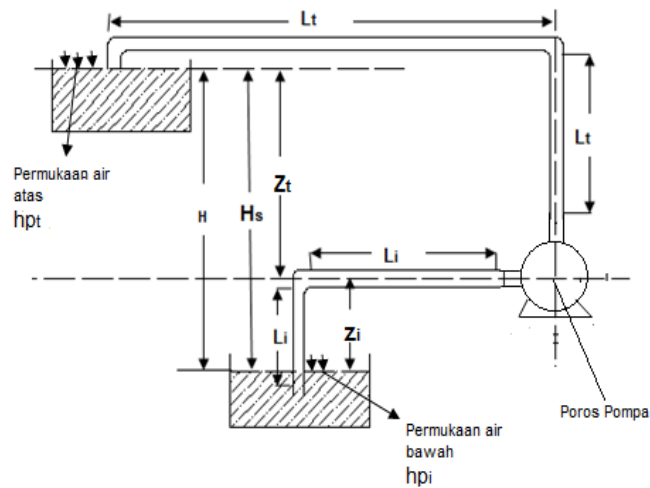
$$\begin{aligned} P_t &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,010 \text{ m} \\ &= 98,1 \text{ N/m} \end{aligned}$$

## 7. Nilai Kekasaran Relative

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:

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

## 8. Perhitungan Head



Gambar 4.4. Head Pompa

Keterangan :

$Z_t$  = ketinggian fluida dari poros pompa ke permukaan air atas =(57 cm)

$Z_i$  = Ketinggian fluida dari poros ke permukaan air bawah (40 cm).

$L_t$  = Panjang pipa, Bagian pipa tekan = (122 cm)

$L_i$  = Panjang pipa, Bagian pipa isap = ( 80 cm)

### a. Head Statis Total

Head statis total adalah 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 menjadi m.

$$h_s = Z_t - Z_i$$

Maka :

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

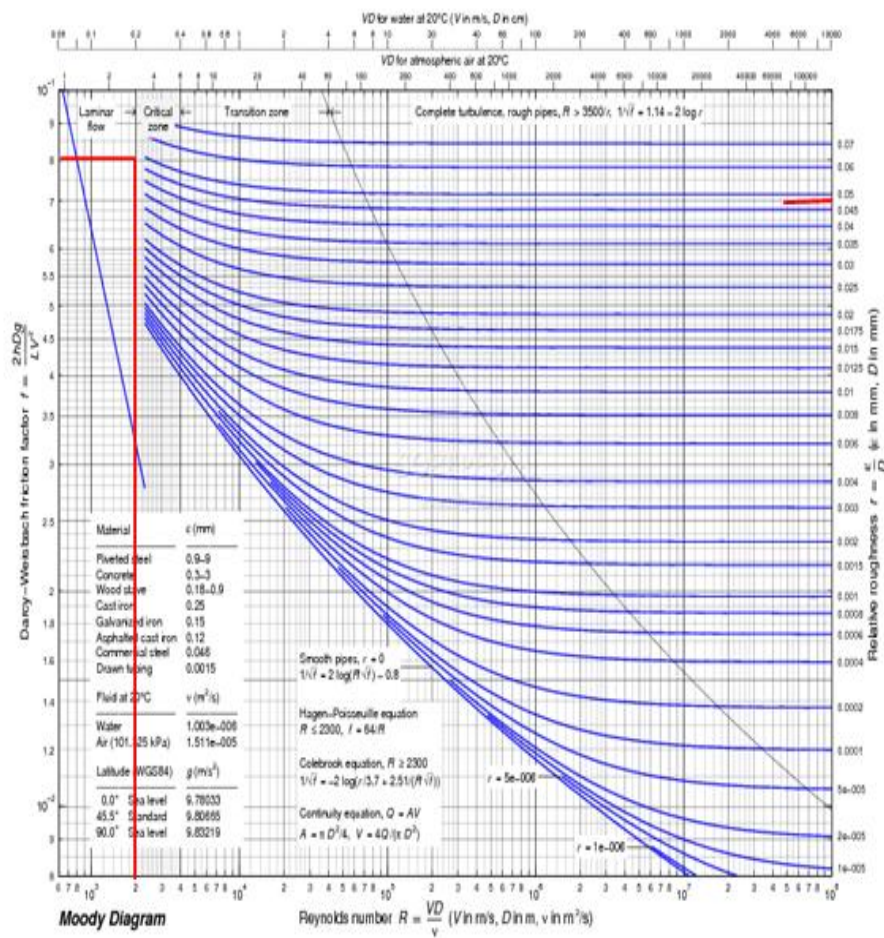
### b. Head Kerugian Gesek Dalam Pipa Isap Dengan Bilangan Reynold

Dalam mencari koefisien 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*)

$$\begin{aligned} Re_i &= \frac{V_i \cdot d}{\nu} \\ Re_i &= \frac{1,02 \text{ m/s} \cdot 0,038 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= \frac{0,3876 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= 29655,70 \end{aligned}$$

Pada  $Re_i > 4000$ , aliran pada pipa isap bersifat turbulen, dari bilangan reynold diatas yang diperoleh dengan perhitungan tersebut maka koefisien gesek dalam pipa dapat di tentukan dengan diagram moody`

Untuk menentukan faktor gesekan pada pipa isap menggunakan diagram moody harus diketahui  $\epsilon/d$ , telah diketahui  $\epsilon/d$  kekerasan relative pada pipa yaitu : 0,05 mm



Gambar 4.5. Diagram moody menentukan faktor gesek pada pipa isap

Dari diagram moody di atas dapat diketahui faktor gesekan pada pipa isap  $f : 0,08$

### 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:

$$h_{f1} = f \frac{L_i \cdot V_i^2}{d \cdot 2g}$$

Dimana:

$h_f$  = head kerugian gesek dalam pipa (m)

$f$  = koefisien gesekan (0,08)

$l_i$  = panjang pipa (0,8 m)

$D$  = diameter dalam pipa (0,038 m)

$v_i$  = kecepatan aliran dalam pipa isap (1,02 m/s)

$g$  = percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$$h_{f1} = f \frac{L \cdot U_i^2}{D \cdot 2g}$$

$$h_{f1} = 0,08 \frac{0,8 \text{ m} \cdot (1,02 \text{ m/s})^2}{0,038 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,08 \frac{0,83}{0,745}$$

$$= 0,08 \text{ m}$$

### 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 1,129 didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian belokan pipa*) dan  $V_i$  di dapat dari perhitungan kecepatan pada sisi isap:

$$hl_1 = n k_1 \frac{v_i^2}{2g}$$

Dimana :

$$n = \text{jumlah sambungan } 90^\circ = 1$$

$$k_1 = \text{Factor kelengkungan pipa lekuk } 90^\circ = 1,129$$

*(sumber;Sularso,pompa dan kompresor. Tabel kerugian belokan pipa)*

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

$$v_i = \text{kecepatan aliran dalam pipa isap (1,02 m/s)}$$

$$\begin{aligned} hl_1 &= 1 \cdot 1,129 \frac{(1,02 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 1,129 \frac{1,04}{19,62} \\ &= 1,129 \times 0,053 \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

#### 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:

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

Dimana :

$$k = \text{faktor akibat adanya katub isap dengan saringan } 1,97$$

*(sumber;Sularso,pompa dan kompresor. Tabel kerugian belokan pipa)*

$$v_i = \text{kecepatan aliran dalam pipa ( 1,02 m/s)}$$

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

$$\begin{aligned} h_{l_2} &= 1,97 \frac{(1,02 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 1,97 \cdot 0,053 \\ &= 0,10 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi kerugian head pada sisi isap seluruhnya di dapat dari kerugian head pada pipa isap lurus di tambah kerugian head terhadap sambungan di tambah kerugian head terhadap katub dan saringan :

$$\begin{aligned} h_{l_i} &= h_{f_1} + h_{l_1} + h_{l_2} \\ h_{l_i} &= 0,08 + 0,05 + 0,10 \\ &= 0,23 \text{ m} \end{aligned}$$

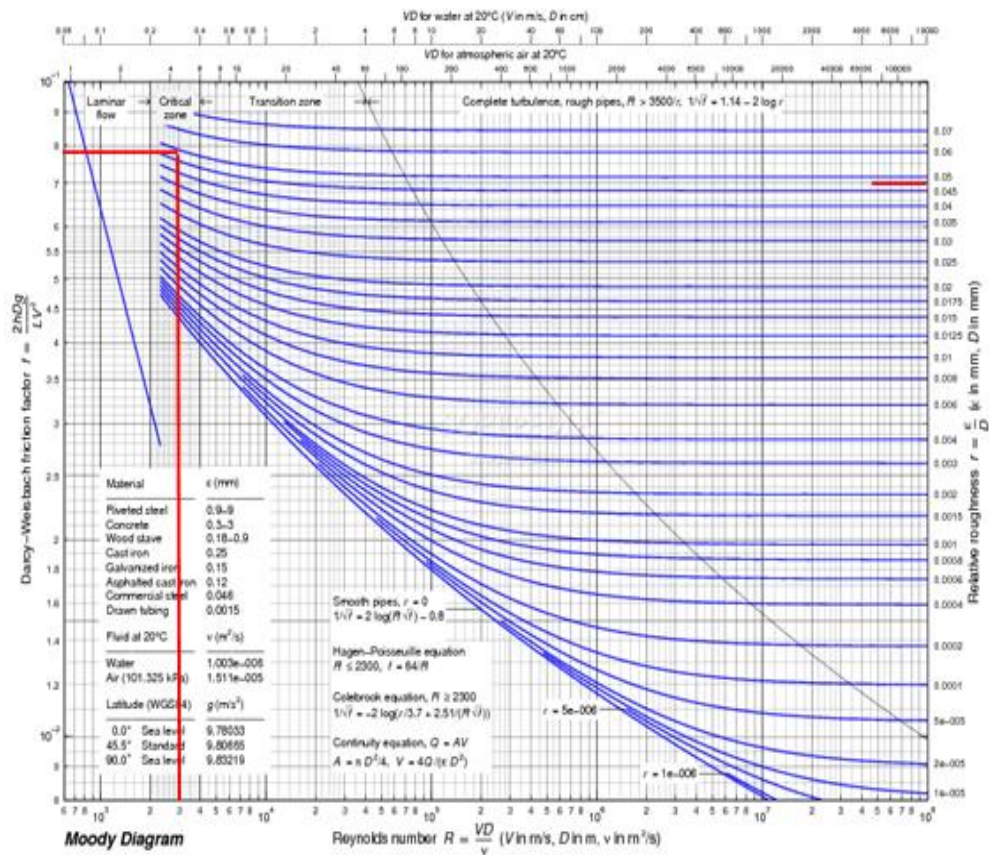
#### **f. Haed Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan Dengan Bilangan Reynold**

Dalam mencari koefisien gesek ( $f$ ) terlebih dahulu mengetahui sifat aliran dengan menggunakan bilangan reynold ( $Re_t$ ):  $V_i =$  didapat dari perhitungan kecepatan aliran pada sisi tekan.  $d =$  diameter pipa.  $\nu =$  didapat dari (*Lampiran tabel viskositas kinetik zat cair*)

$$\begin{aligned} Re_t &= \frac{V_t \cdot d}{\nu} \\ Re_t &= \frac{1,35 \text{ m/s} \cdot 0,038 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= \frac{0,051 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= 39020,65 \end{aligned}$$



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



Gambar 4.6. Diagram moody menentukan faktor gesek pada pipa tekan

Dari diagram moody di atas dapat diketahui faktor gesekan pada pipa tekan yaitu  $f : 0,079$

### g. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan

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  $f$  adalah koefisien gesek pada pipa tekan,  $L_t$  : panjang pipa pada sisi tekan, kecepatan pada sisi tekan dan  $d$ : diameter pipa

$$h_f = f \frac{L_t \cdot V_t^2}{d \cdot 2g}$$

Dimana:

$h_f$  = head kerugian gesek dalam pipa (m)

$f$  = koefisien gesekan (0,06)

$L_t$  = panjang pipa ( 1,8 m)

$D$  = diameter dalam pipa ( 0,038 m)

$V_t$  = kecepatan aliran dalam pipa tekan ( 1,35 m/s)

$g$  = percepatan gravitasi ( 9,81 m/s<sup>2</sup>)

$$h_f = f \frac{L \cdot V_t^2}{D \cdot 2g}$$

$$h_f = 0,079 \frac{1,8 \text{ m} \cdot (1,35 \text{ m/s})^2}{0,038 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,079 \frac{3,27}{0,745}$$

$$= 0,079 \times 4,38$$

$$= 0,34$$

#### **h. Kerugian Head Akibat Sambungan Elbow 90° Pada Pipa Tekan**

Kerugian head pada sambungan elbow 90° pada pipa isap hanya ada  $n : 2$  sambungan elbow dengan nilai  $k_2 = 1,129$  didapat dari tabel koefisien kerugian belokan pipa dan  $U_t$  di dapat dari kecepatan pada sisi tekan:

$$hl_1 = n k_1 \frac{V_t^2}{2g}$$

Dimana :

$$n = \text{jumlah sambungan } 90^\circ = 2$$

$$k_1 = \text{Factor kelengkungan pipa lekuk } 90^\circ = 1,129$$

(sumber;Sularso,pompa dan kompresor. Tabel kerugian belokan pipa)

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

$$V_t = \text{kecepatan aliran dalam pipa tekan } (1,35 \text{ m/s})$$

$$hl_2 = 2 \cdot 1,129 \frac{(1,35 \text{ m/s})^2}{2,9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 2,25 \frac{1,82}{19,62}$$

$$= 2,25 \times 0,09$$

$$= 0,20$$

Jadi kerugian head pada sisi tekan seluruhnya  $hf_2$  head kerugian gesek pada pipa lurus tekan ditambah  $hl_2$  head kerugian akibat sambungan 90°

$$hl_t = hf_2 + hl_2$$

$$hl_t = 0,34 + 0,20$$

$$= 0,54 \text{ m}$$

**i. Head Kerugian Keseluruhan Dari Pipa Tekan Dan Pipa Isap (hl)**

Jadi kerugian head keseluruhan pada pipa isap dan tekan, kerugian keseluruhan pada pipa tekan ( $hl_t$ ) di tambah kerugian keseluruhan pada pipa isap ( $hl_i$ ) .

$$hl = hl_t + hl_i$$

$$hl = 0,54 + 0,23$$

$$= 0,77 \text{ m}$$

**j. Head Total Pompa**

Sebelum mencari head total pompa harus menentukan head kecepatan Keluar, dimana  $V_t$  = kecepatan pada sisi keluar dan  $d$  = diameter pipa

$$\frac{V_t^2}{2g} = \frac{(1,35 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= \frac{1,82}{19,62}$$

$$= 0,09 \text{ m/s}$$

Nilai  $\Delta hp$  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 sebagai berikut :

$$H = h_s + \Delta hp + hl + \frac{V_t^2}{2g}$$

$$H = 0,17 + 0 + 0,77 + 0,09$$

$$= 1,03 \text{ m}$$

## 9. Daya Hidrolis

Nilai  $\gamma$  = berat jenis air dan  $Q_t = 0,00149 \text{ m}^3/\text{s}$  di ambil dari debit air pada sisi tekan.  $H = 1,03$  adalah head total pompa.

$$N_h = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q_t}{102}$$

$$N_h = \frac{1000 \cdot 1,03 \cdot 0,00149}{102}$$
$$= 0,015 \text{ Kw}$$

## 10. Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Dimana  $N_h = 0,015 \text{ Kw}$  diambil daya hidrolis, dan  $N_m = 0,40 \text{ Kw}$  diambil dari spesifikasi sebagai daya output pompa, Maka:

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

$$\eta = \frac{0,015}{0,40} \times 100\%$$
$$= 3,75 \%$$

## 11. 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 sebagai berikut.

$$N_p = \frac{\gamma \cdot Q_t \cdot H}{\eta \cdot 102}$$

$$N_p = \frac{1000 \cdot 0,00149 \cdot 1,03}{3,75 \cdot 102}$$

$$= \frac{1,53}{382,5}$$

$$= 0,004 \text{ Kw}$$

## 12. Net Positive Suction Head (NPSH yang tersedia)

Besarnya NPSH dapat dihitung dengan persamaan berikut:

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

Dimana :

$h_{sv}$  = NPSH yang tersedia (m)

$P_a$  = Tekanan mutlak zat cair dalam tangki : 0 (kgf/m<sup>2</sup>) disebabkan karena tangki tidak berada pada ruangan terbuka, tidak memiliki tekanan.

$P_v$  = Tekanan Uap jenuh air Bersih Pada suhu 20°, Maka tekanan = (0,0237 kgf/cm<sup>2</sup>) = (237 kgf/m<sup>2</sup>) (Lampiran Tabel tekanan uap jenuh air dalam satuan absolut)

$\gamma$  = Berat zat cair persatuan volume : (0,9982 kgf/cm<sup>2</sup>) = ( 9,98 kgf/m<sup>2</sup>) (Lampiran tabel Berat jenis zat cair satuan volume).

$Z_i$  = Head isap statis 40 cm (0,4 m). (Keterangan halaman 47)

$h_{li}$  = Head Kerugian Pada sisi isap 0,23 m. (Dari perhitungan pada hal 51).

Maka :

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

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

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

#### 4.2. Jumlah Sudu Impeller Dengan Jumlah Sudu 3

$$Z = 6,5 \frac{(D_2 + D_1)}{(D_2 - D_1)} \cdot \sin\beta$$

Dan sudut rata-rata sudu

$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{3}$$

$$Z = 6,5 \frac{(120 + 38)}{(120 - 38)} \cdot \sin\beta$$

$$3 = 6,5 \frac{150}{82} \cdot \sin\beta$$

$$3 = 6,5 \cdot 1,92 \cdot \sin\beta$$

$$\sin\beta = \frac{3}{12,48} = 0,24$$

$$\beta = \sin^{-1} \cdot 0,24$$

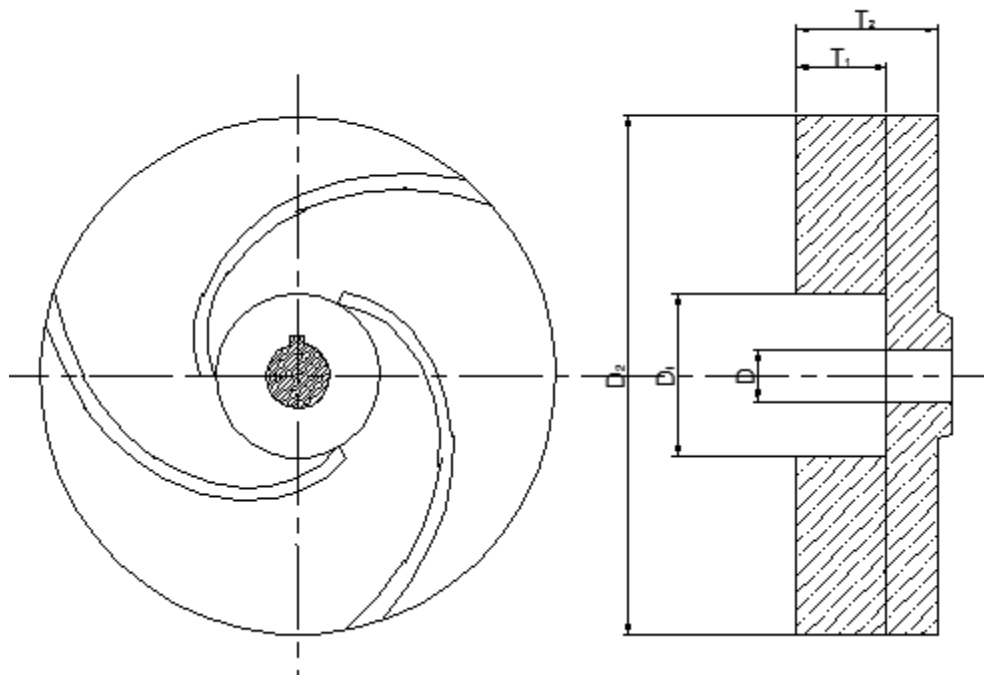
$$\beta = 13,88$$

Jarak antara sudu

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_1}{Z}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 38}{3}$$

$$= 39,77$$



Gambar 4.7. jumlah sudu 3

#### 4.2.1. Data Hasil Pengujian Debit Air Pada Jumlah Sudu 3

- a. Data hasil pengujian debit air ( $Q_i$ ) menggunakan arduino flowmeter sensor, pada sisi isap dengan jumlah 3.

Flow Rate	Current Liquid Flowing	Output Liquid Quantity
71.5L/min	1193mL/Sec	1193mL
69.9L/min	1165mL/Sec	2358mL
69.9L/min	1165mL/Sec	3523mL
69.9L/min	1165mL/Sec	4688mL
69.9L/min	1165mL/Sec	5853mL
69.9L/min	1165mL/Sec	7018mL
69.9L/min	1165mL/Sec	8183mL
71.5L/min	1193mL/Sec	9376mL
71.5L/min	1193mL/Sec	10569mL
69.9L/min	1165mL/Sec	11734mL
69.9L/min	1165mL/Sec	12899mL
69.9L/min	1165mL/Sec	14064mL

Gambar 4.8. Data hasil pengujian pada sisi isap

Pengambilan data secara manual dengan menggunakan gelas ukur sebanyak 5 liter. Jadi pengambilan data melalui percobaan arduino flow meter sensor diatas dapat diambil data output liquid quantity (volume) = 5853 mL dengan flow rate (debit air) = 69,9 L/min.



- b. Data hasil pengujian debit air ( $Q_t$ ), menggunakan flow meter sensor, pada sisi tekan dengan variasi jumlah sudu 3.

Flow Rate	Current Liquid Flowing	Output Liquid Quantity
103.2L/min	1720mL/Sec	1720mL
103.2L/min	1720mL/Sec	3440mL
103.2L/min	1720mL/Sec	5160mL
103.2L/min	1720mL/Sec	6880mL
103.2L/min	1720mL/Sec	8600mL
103.2L/min	1720mL/Sec	10320mL
101.5L/min	1692mL/Sec	12012mL
101.5L/min	1692mL/Sec	13704mL
101.5L/min	1692mL/Sec	15396mL
103.2L/min	1720mL/Sec	17116mL
101.5L/min	1692mL/Sec	18808mL
101.5L/min	1692mL/Sec	20500mL
101.4L/min	1691mL/Sec	22191mL

Gambar 4.9. Data hasil pengujian pada sisi tekan

Pengambilan data secara manual dengan menggunakan gelas ukur sebanyak 5 liter. Jadi pengambilan data melalui percobaan arduino flow meter sensor diatas dapat diambil data output liquid quantity (volume) = 5160 mL dengan flow rate (debit air) = 103,2 L/min.

#### 4.2.2 Perhitungan Pada Jumlah Sudu 3.

Data survei yang diketahui:

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

$$\text{Panjang pipa isap } L_i = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa tekan } L_t = 180 \text{ cm} = 1.8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tekan pipa isap } h_i = 10 \text{ mm} = 0,010 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tekan pipa tekan } h_t = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$$

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

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

Pipa yang digunakan pada instalasi adalah pipa plastik halus (pvc) dengan

nilai kekasaran  $\varepsilon = 0,012 \text{ mm}$

## 1. Debit Air

Debit air dari hasil pengujian di ambil dari aplikasi arduino flowmeter sensor dengan nilai yang di ambil dari gambar 4.9 dan 4.10 adalah

$$\text{Pada sisi isap } Q_i = 69,9 \text{ L/min} \longrightarrow = 0,00116 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Pada sisi tekan } Q_t = 103,8 \text{ L/min} \longrightarrow = 0,00172 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 2. Luas Penampang

Sebelum menghitung kecepatan aliran, terutama harus mengetahui luas penampang pipa dengan persamaan:

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

Dimana :

$$d = \text{Diameter pipa } (0,038 \text{ m. Data survei})$$

maka :

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

## 3. Kecepatan Aliran Pipa Isap

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

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

Dimana:

$$Q_i = \text{debit air pada sisi isap } (0,00116 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$A = \text{Luas penampang } (0,0011 \text{ m}^2)$$

Maka:

$$V_i = \frac{0,00116 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0011 \text{ m}^2} = 1,05 \text{ m/s}$$

#### 4. Kecepatan Aliran Pada Pipa Tekan

Kecepatan pada pipa tekan didapat dari debit air pada sisi tekan dibagi dengan luas penampang.

$$V_t = \frac{Q_t}{A}$$

Dimana:

$$Q_t = \text{debit air pada sisi tekan (0,00172 m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Luas penampang (0,0011 m}^2\text{)}$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_t &= \frac{0,00172 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0011 \text{ m}^2} \\ &= 1,56 \text{ m/s} \end{aligned}$$

#### 5. Tekanan Hidrostatik Pada Pipa Isap

Dari hasil pengujian pada serangkaian variasi jumlah sudu impeller didapat tekanan di dalam pipa yang diukur dengan manometer U, tekanan pada sisi isap yang terukur adalah  $h_i = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$ . (*Tabel data hasil pengujian*)

$$P_i = \rho \cdot g \cdot h_i$$

Dimana :

$$\rho = \text{Masa Jenis fluida}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi}$$

$$h_i = \text{Perbedaan ketinggian air raksa pada manometer U sisi isap}$$

Maka :

$$\begin{aligned} P_i &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,01 \text{ m} \\ &= 98,1 \text{ N/m} \end{aligned}$$

## 6. Tekanan Pada Pipa Tekan

Pada sisi tekan tekanan yang terukur dengan manometer U adalah  $h_t = 12$  mm = 0,012 m. (Tabel data hasil pengujian).

$$P_t = \rho \cdot g \cdot h_t$$

Dimana :

$\rho$  = Masa Jenis fluida

$g$  = Percepatan gravitasi

$h_i$  = Perbedaan ketinggian air raksa pada manometer U sisi tekan.

Maka:

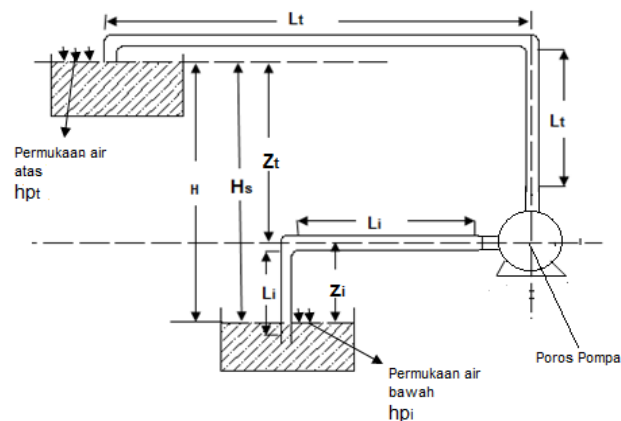
$$\begin{aligned} P_t &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,012 \text{ m} \\ &= 117,72 \text{ N/m} \end{aligned}$$

## 7. Nilai Kekasaran Relative

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:

$$\varepsilon/d = 0,002 \text{ mm}/38 \text{ mm} = 0,05$$

## 8. Perhitungan Head



Gambar 4.10. Head Pompa

Keterangan :

$Z_t$  = ketinggian fluida dari poros pompa ke permukaan air atas = (57 cm)

$Z_i$  = Ketinggian fluida dari poros ke permukaan air bawah (40 cm).

$L_t$  = Panjang pipa, Bagian pipa tekan = (122 cm)

$L_i$  = Panjang pipa, Bagian pipa isap = ( 80 cm)

**a. Head Statis total**

Head statis total adalah 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 menjadi m.

$$h_s = Z_t - Z_i$$

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 koefisien 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)

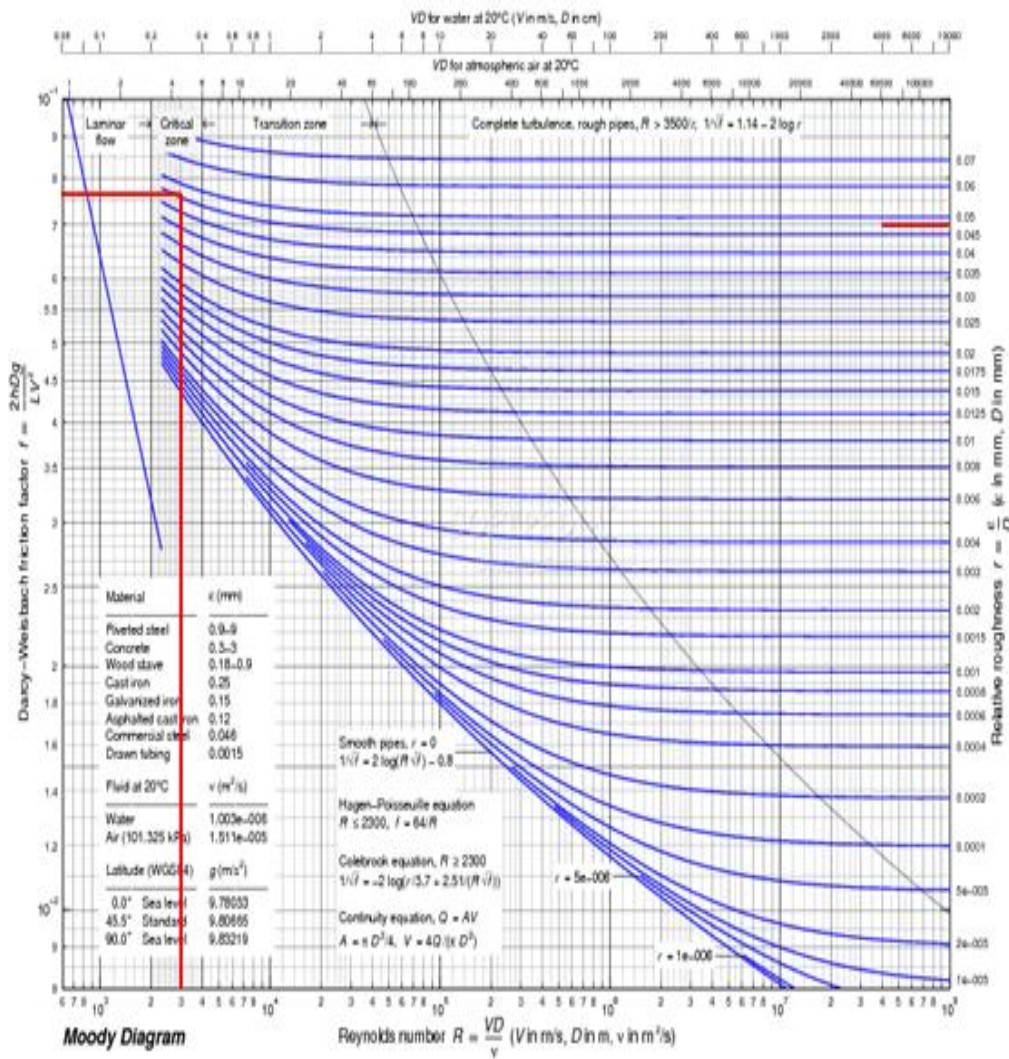
$$Re_i = \frac{V_i \cdot d}{\nu}$$

$$Re_i = \frac{1,05 \text{ m/s} \cdot 0,038 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,0399 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= 30527,29 \end{aligned}$$

Pada  $Re_i > 4000$ , aliran pada pipa isap bersifat turbulen, dari bilangan reynold diatas yang diperoleh dengan perhitungan tersebut maka koefisen gesek dalam pipa dapat di tentukan dengan diagram moody.

Untuk menentukan faktor gesekan pada pipa isap menggunakan diagram moody harus diketahui  $\varepsilon/d$ , telah diketahui  $\varepsilon/d$  kekasaran relatif pada pipa yaitu: 0,05.



Gambar 4.11. Diagram moody menentukan faktor gesek pada pipa isap

Dari diagram moody diatas dapat dapat diketahui faktor gesekan pada pipa isap yaitu  $f : 0,077$ .

### 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  $f$  adalah

faktor gesek pada pipa isap,  $L_i$  : 80 cm panjang pipa pada sisi tekan, (*diukur dengan meteran*),  $V_i$  : di dapat dari perhitungan Kecepatan pada sisi isap dan  $d$ : diameter pipa.

$$\begin{aligned}
 hf_1 &= f \frac{L_i \cdot V_i^2}{d \cdot 2g} \\
 hf_1 &= 0,077 \frac{0,8 \text{ m} \cdot (1,05 \text{ m/s})^2}{0,038 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0,077 \frac{0,84}{0,745} \\
 &= 0,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**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 1,129 didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian belokan pipa*) dan  $V_i$  di dapat dari perhitungan kecepatan pada sisi isap:

$$\begin{aligned}
 hl_1 &= n k_1 \frac{V_i^2}{2g} \\
 hl_1 &= 1 \cdot 1,129 \frac{(1,05 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 1,129 \frac{1,10}{19,62} \\
 &= 1,129 \times 0,056 \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

**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:



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

$$hl_2 = 1,97 \frac{(1,05 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 1,97 \cdot 0,092$$

$$= 0,11 \text{ m}$$

Jadi kerugian head pada sisi isap seluruhnya di dapat dari hasil kerugian head pada pipa isap lurus ditambah dengan kerugian head terhadap sambungan ditambah kerugian head terhadap katub dan saringan adalah

$$hl_i = hf_1 + hl_1 + hl_2$$

$$hl_i = 0,08 + 0,06 + 0,11 = 0,25 \text{ m}$$

#### **f. Haed Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan Dengan Bilangan Reynold**

Dalam mencari koefisien gesek (f) terlebih dahulu mengetahui sifat aliran dengan menggunakan bilangan reynold ( $Re_t$ ):  $V_i$  = didapat dari perhitungan kecepatan aliran pada sisi tekan.  $d$  = diameter pipa.  $\nu$  = didapat dari (*Lampiran tabel viskositas kinetik zat cair*)

$$Re_t = \frac{V_t \cdot d}{\nu}$$

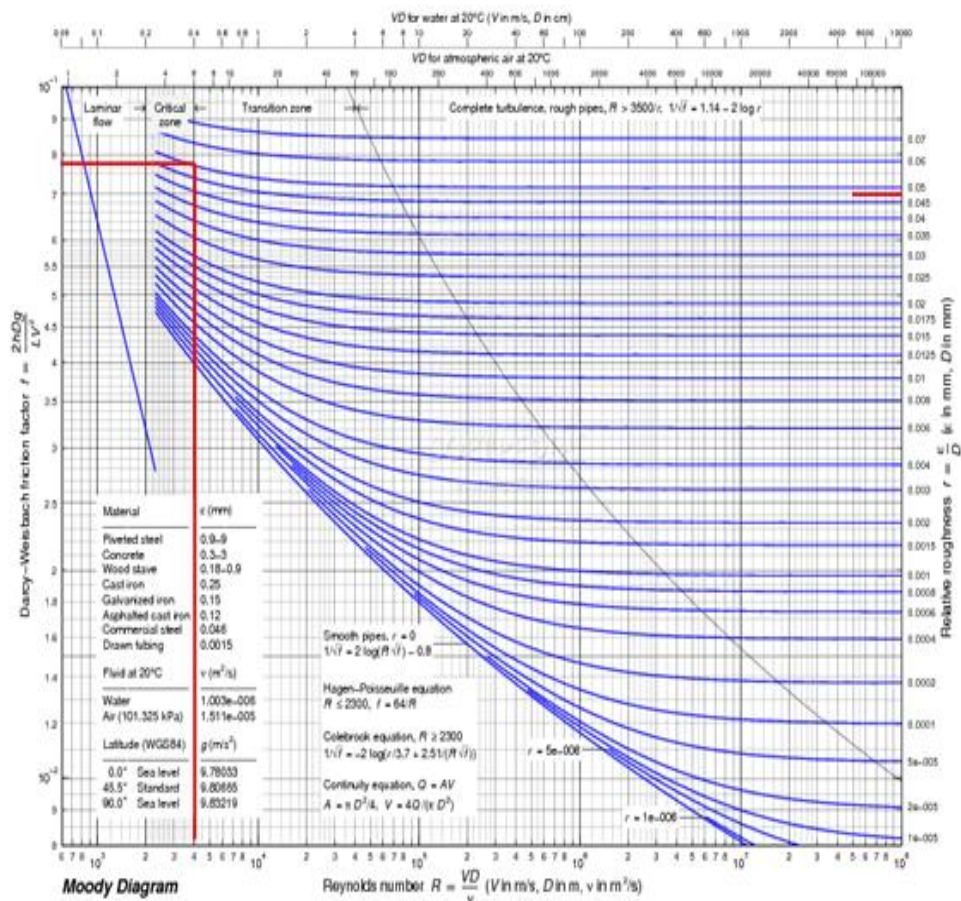
$$Re_t = \frac{1,56 \text{ m/s} \cdot 0,038 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$= \frac{0,059 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$= 45141,54$$

Pada  $Re_t > 4000$ , aliran pada pipa isap bersifat turbulen, dari bilangan reynold diatas yang diperoleh dengan perhitungan tersebut maka koefisien gesek dalam pipa dapat di tentukan dengan diagram moody.

Untuk menentukan faktor gesekan pada pipa tekan menggunakan diagram moody harus diketahui  $\epsilon/d$ , telah diketahui  $\epsilon/d$  kekasaran relatif pada pipa yaitu: 0,05.



Gambar 4.12. Diagram moody menentukan faktor gesek pada pipa tekan

Dari diagram moody diatas dapat dapat diketahui faktor gesekan pada pipa tekan yaitu  $f : 0,078$

**g. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Lurus Tekan**

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  $f$  adalah faktor gesek pada pipa tekan,  $L_t$  : 1,22 m panjang pipa pada sisi tekan (*Di ukur dengan meteran*),  $V_t$  : didapat dari perhitungan kecepatan aliran fluida pada sisi tekan. dan  $d$ : diameter pipa.

$$hf_2 = f \frac{L_t \cdot V_t^2}{d \cdot 2g}$$

$$hf_2 = 0,078 \frac{1,22 \text{ m} \cdot (1,56 \text{ m/s})^2}{0,038 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,078 \frac{2,96}{0,745}$$

$$= 0,078 \times 3,97$$

$$= 0,30 \text{ m}$$

**h. Kerugian Head Akibat Sambungan Elbow 90° Pada Pipa Tekan**

Kerugian head pada sambungan elbow 90° pada instalasi pipa tekan ada  $n$  : 2 sambungan elbow dengan nilai  $k_2 = 1,129$  didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian belokan pipa*) dan  $V_t$ : di dapat dari perhitungan kecepatan aliran fluida pada sisi tekan:

$$hl_2 = n k_2 \frac{V_t^2}{2g}$$

$$hl_2 = 2 \cdot 1,129 \frac{(1,56 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 2,25 \frac{2,43}{19,62}$$

$$= 2,25 \times 0,12$$

$$= 0,27$$

Jadi kerugian head pada sisi tekan seluruhnya adalah  $hf_2$  head kerugian gesek pada pipa lurus tekan ditambah  $hl_2$  head kerugian akibat sambungan  $90^\circ$

$$hl_t = hf_2 + hl_2$$

$$hl_t = 0,30 + 0,27$$

$$= 0,57 \text{ m}$$

**i. Head Kerugian Keseluruhan Dari Pipa Tekan Dan Pipa Isap (hl)**

Jadi kerugian Berbagai kerugian head di pipa, katub, belokan dll. (hl) adalah kerugian keseluruhan pada pipa tekan  $hl_t$  di tambah kerugian keseluruhan pada pipa isap ( $hl_i$ ).

$$hl = hl_t + hl_i$$

$$hl = 0,57 + 0,24$$

$$= 0,81 \text{ m}$$

**j. Head Total Pompa**

Sebelum mencari head total pompa harus menentukan head kecepatan Keluar, dimana  $V_t$  = kecepatan pada sisi keluar dan  $d$  = diameter pipa

$$\frac{V_t^2}{2g} = \frac{(1,56 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= \frac{2,43}{19,62}$$

$$= 0,12 \text{ m/s}$$

Nilai  $\Delta h_p$  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 sebagai berikut:

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

$$H = 0,17 + 0 + 0,81 + 0,12$$

$$= 1,11 \text{ m}$$

## 9. Daya Hidrolis

Nilai  $\gamma$  = berat jenis air, dan  $Q_t = 0,00172 \text{ m}^3/\text{s}$  di ambil dari debit air pada sisi tekan.  $H = 1,11 \text{ m}$  adalah head total pompa.

$$N_h = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q_t}{102}$$

$$N_h = \frac{1000 \cdot 1,11 \cdot 0,00172}{102} = 0,018 \text{ kW}$$

## 10. Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Dimana  $N_h = 0,018 \text{ kW}$  diambil daya hidrolis, dan  $N_m = 0,40 \text{ kW}$  diambil dari spesifikasi sebagai daya output pompa, Maka:

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

$$\eta = \frac{0,018}{0,40} \times 100\%$$

$$= 4,5 \%$$

## 11. 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 sebagai berikut.

$$N_p = \frac{\gamma \cdot Q_t \cdot H}{\eta \cdot 102}$$

$$N_p = \frac{1000 \cdot 0,00172 \cdot 1,1}{4,5 \cdot 102}$$

$$= \frac{1,89}{459}$$

$$= 0,0041 \text{ kW}$$

## 12. Net Positive Suction Head (NPSH yang tersedia)

Besarnya NPSH dapat dihitung dengan persamaan berikut:

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

Dimana :

$h_{sv}$  = NPSH yang tersedia (m)

$P_a$  = Tekanan mutlak zat cair dalam tangki : 0 (kgf/m<sup>2</sup>) disebabkan karena tangki tidak berada pada ruangan terbuka, tidak memiliki tekanan.

$P_v$  = Tekanan Uap jenuh air Bersih Pada suhu 20°, Maka tekanan = (0,0237 kgf/cm<sup>2</sup>) = (237 kgf/m<sup>2</sup>) (*Lampiran Tabel tekanan uap jenuh air dalam satuan absolut*)

$\gamma$  = Berat zat cair persatuan volume : (0,9982 kgf/cm<sup>2</sup>) = ( 9,98 kgf/m<sup>2</sup>) (*Lampiran tabel Berat jenis zat cair satuan volume*).

$Z_i$  = Head isap statis 40 cm ( 0,4 m). (*Keterangan halaman 64*)

$h_{li}$  = Head Kerugian Pada sisi isap 0,25 m. (*Dari perhitungan pada hal 67*).

Maka :

$$h_{sv} = \frac{0}{9,98} + \frac{237}{9,98} - 0,4 - 0,25$$

$$h_{sv} = 0 + 23,74 - 0,4 - 0,25$$

$$h_{sv} = 23,09 \text{ m}$$

### 4.3. Jumlah Sudu Impeller Dengan Jumlah Sudu 4

$$Z = 6,5 \frac{(D_2 + D_1)}{(D_2 - D_1)} \cdot \sin\beta$$

Dan sudut rata-rata sudu

$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$$

$$Z = 6,5 \frac{(120 + 38)}{(120 - 38)} \cdot \sin\beta$$

$$4 = 6,5 \frac{150}{82} \cdot \sin\beta$$

$$4 = 6,5 \cdot 1,92 \cdot \sin\beta$$

$$\sin\beta = \frac{4}{12,48} = 0,32$$

$$\beta = \sin^{-1} \cdot 0,32$$

$$\beta = 18,66$$

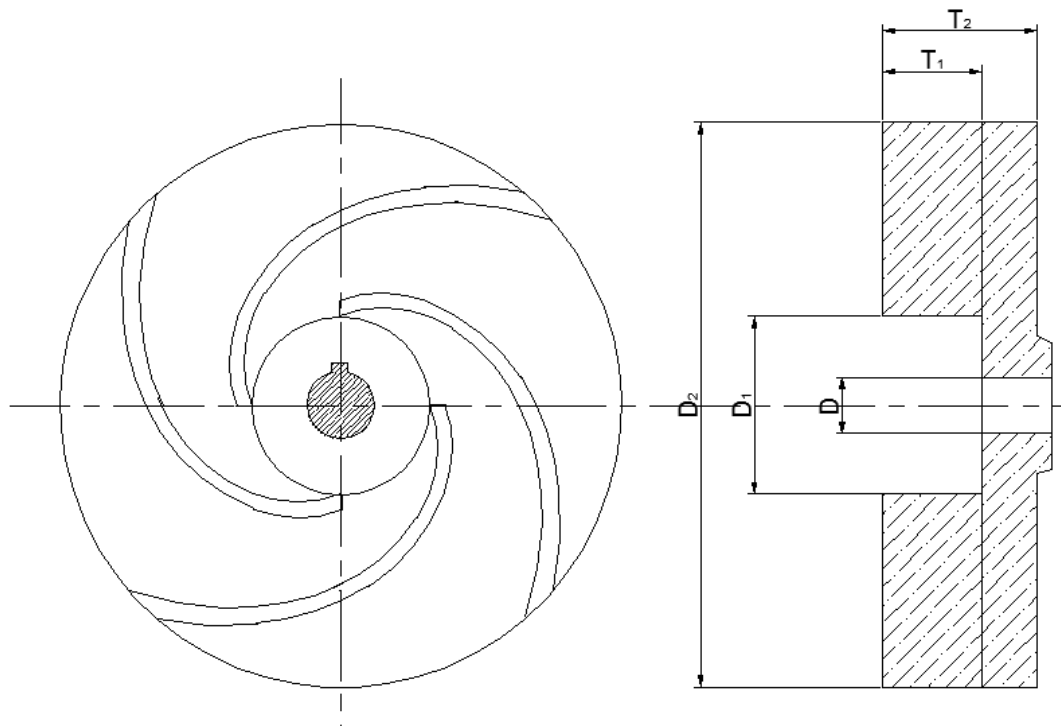
Jarak antara sudu

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_1}{Z}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 38}{4}$$

$$= 29,83$$





Gambar 4.13. Jumlah Sudu 4

#### 4.3.1. Data Hasil Pengujian Debit Air Jumlah Sudu 4

Data hasil pengujian debit air ( $Q_i$ ), menggunakan flow meter sensor, pada sisi isap dengan variasi jumlah sudu 4.

##### a. Data hasil pada sisi isap

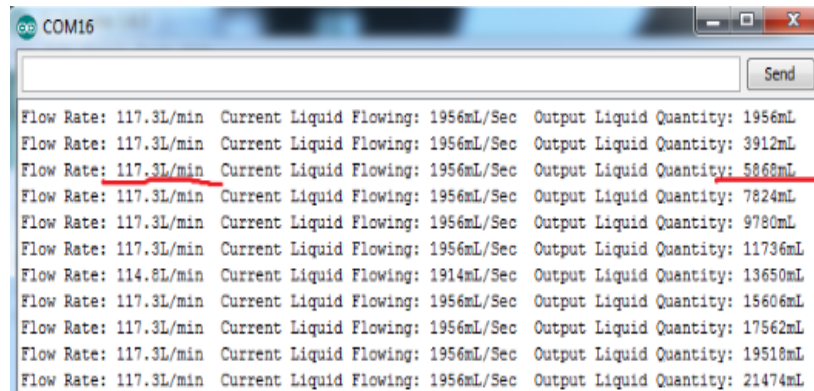
COM16		
LFlow Rate: 109.8L/min	Current Liquid Flowing: 1831mL/Sec	Output Liquid Quantity: 1831mL
Flow Rate: 109.8L/min	Current Liquid Flowing: 1831mL/Sec	Output Liquid Quantity: 3662mL
Flow Rate: <u>107.3L/min</u>	Current Liquid Flowing: 1789mL/Sec	Output Liquid Quantity: <u>5451mL</u>
Flow Rate: 107.3L/min	Current Liquid Flowing: 1789mL/Sec	Output Liquid Quantity: 7240mL
Flow Rate: 107.3L/min	Current Liquid Flowing: 1789mL/Sec	Output Liquid Quantity: 9029mL
Flow Rate: 109.8L/min	Current Liquid Flowing: 1831mL/Sec	Output Liquid Quantity: 10860mL

Gambar 4.14. Data hasil pengujian pada sisi isap

Pengambilan data secara manual dengan menggunakan gelas ukur sebanyak 5 liter. Jadi pengambilan data melalui percobaan arduino flow meter

sensor diatas dapat diambil data output liquid quantity (volume ) = 5451 mL dengan flow rate (debit air ) = 107,3 L/min.

- b. Data hasil pengujian debit air ( $Q_t$ ) , menggunakan flow meter sensor, pada sisi tekan dengan variasi jumlah sudu 4



Gambar 4.15. Data hasil pengujian pada sisi tekan

Pengambilan data secara manual dengan menggunakan gelas ukur sebanyak 5 liter. Jadi pengambilan data melalui percobaan arduino flow meter sensor diatas dapat diambil data output liquid quantity (volume ) = 5868 mL dengan flow rate (debit air ) = 117,3 L/min.

#### 4.3.2. Perhitungan Pada Jumlah Sudu 4.

Data survei yang diketahui:

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

$$\text{Panjang pipa isap } L_i = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa tekan } L_t = 180 \text{ cm} = 1.8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tekan pipa isap } h_i = 13 \text{ mm} = 0,013 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tekan pipa tekan } h_t = 15 \text{ mm} = 0,015 \text{ m}$$

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

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

Pipa yang digunakan adalah pipa plastic halus (pvc) dengan nilai

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

### 1. Debit Air

Dari hasil pengujian yang di dapat dari arduino flow meter sensor debit air, pada sisi isap dan tekan dengan variasi jumlah sudu 4 di dapat :

Pada sisi isap  $Q_i = 107,3 \text{ L/min}$   $\longrightarrow$  =  $0,00178 \text{ m}^3/\text{s}$

Pada sisi tekan  $Q_t = 117,3 \text{ L/min}$   $\longrightarrow$  =  $0,00195 \text{ m}^3/\text{s}$

### 2. Luas Penampang

Sebelum menghitung kecepatan aliran, terutama harus mengetahui luas penampang pipa dengan persamaan:

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

Dimana :

$d =$  Diameter pipa ( $0,038 \text{ m}$ . Data survei)

maka :

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

### 3. Kecepatan Aliran Pipa Isap

Setelah menghitung luas penampang maka kecepatan pada pipa isap dapat diketahui dengan persamaan

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

Dimana:

$Q_i =$  debit air pada sisi isap ( $0,00178 \text{ m}^3/\text{s}$ )

$$A = \text{Luas penampang (0,0011 m}^2\text{)}$$

Maka :

$$V_i = \frac{0,00178 \text{ m/s}}{0,0011 \text{ m}^2} = 1,6 \text{ m/s}$$

#### 4. Kecepatan Aliran Pada Pipa Tekan

Kecepatan pada pipa tekan didapat dari debit air pada sisi tekan dibagi dengan luas penampang.

$$V_t = \frac{Q_t}{A}$$

Dimana:

$$Q_t = \text{debit air pada sisi tekan (0,00195 m}^3\text{/s)}$$

$$A = \text{Luas penampang (0,0011 m}^2\text{)}$$

Maka :

$$V_t = \frac{0,00195 \text{ m}^3\text{/s}}{0,0011 \text{ m}^2} = 1,7 \text{ m/s}$$

#### 5. Tekanan Hidrostatik Pada Pipa Isap

Dari hasil pengujian pada serangkaian variasi jumlah sudu impeller 4 didapat tekanan di dalam pipa yang diukur dengan manometer U, tekanan pada sisi isap yang terukur adalah  $h_i = 13 \text{ mm} = 0,013 \text{ m}$ . (*Tabel Data hasil pengujian*)

$$P_i = \rho \cdot g \cdot h_i$$

Dimana :

$$\rho = \text{Masa Jenis fluida}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi}$$

$$h_i = \text{Perbedaan ketinggian air raksa pada manometer U sisi isap}$$

Maka :

$$P_i = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,013 \text{ m}$$
$$= 127,53 \text{ N/m}$$

## 6. Tekanan Pada Pipa Tekan

Pada sisi tekan tekanan yang terukur dengan manometer U adalah  $h_t = 15 \text{ mm} = 0,015 \text{ m}$ . (Tabel Data hasil pengujian).

$$P_t = \rho \cdot g \cdot h_t$$

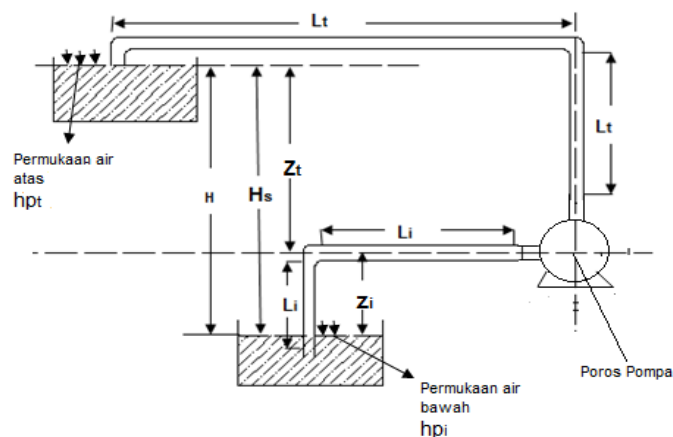
$$P_t = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,015 \text{ m}$$
$$= 147,15 \text{ N/m}$$

## 7. Nilai Kekasaran Relative

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

$$\varepsilon/D = \frac{0,002 \text{ mm}}{38 \text{ mm}} = 0,05$$

## 8. Perhitungan Head



Gambar 4.16. Head Pompa

Keterangan :

$Z_t$  = ketinggian fluida dari poros pompa ke permukaan air atas = (57 cm)

$Z_i$  = Ketinggian fluida dari poros ke permukaan air bawah (40 cm).

$L_t$  = Panjang pipa, Bagian pipa tekan = (122 cm)

$L_i$  = Panjang pipa, Bagian pipa isap = ( 80 cm)

#### a. Head Statis Total

Head statis total / potensial adalah 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 menjadi m.

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

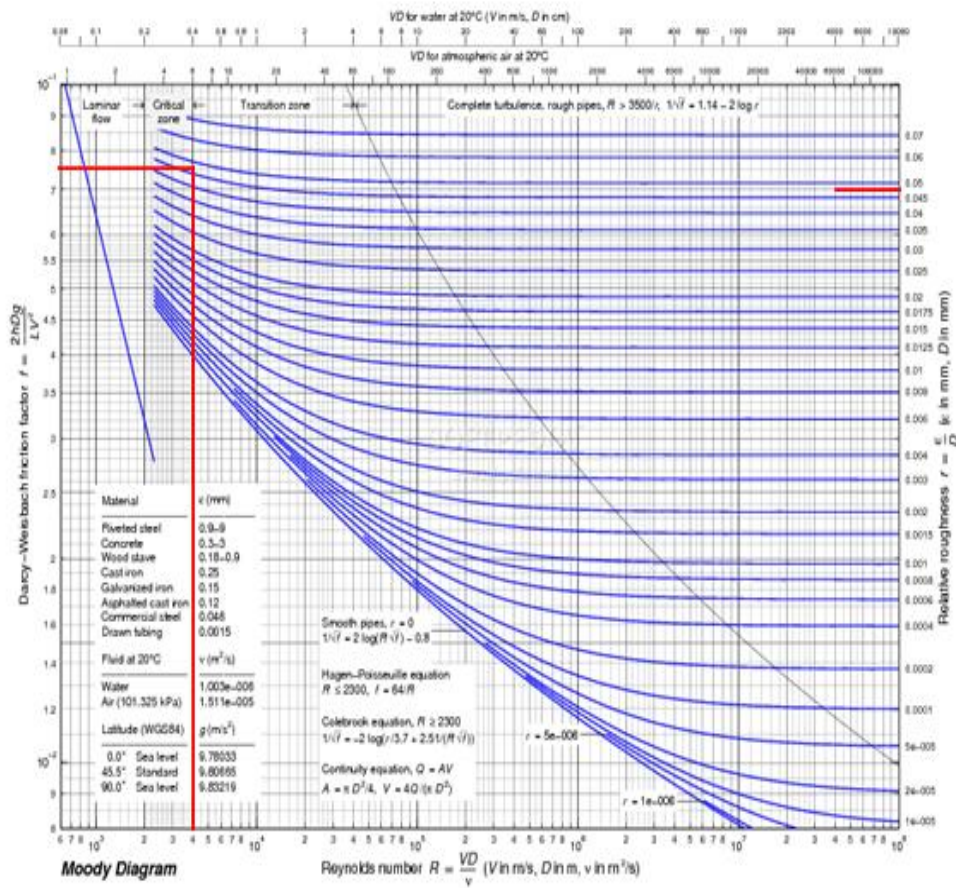
#### b. Head Kerugian Gesek Dalam Pipa Isap Dengan Bilangan Reynold

Dalam mencari koefisien gesek (f) terlebih dahulu mengetahui sifat aliran dengan menggunakan bilangan Reynold (Re):

$$\begin{aligned}Re_i &= \frac{V_i \cdot d}{\nu} \\ Re_i &= \frac{1,6 \text{ m/s} \cdot 0,038 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= \frac{0,060 \text{ m/s}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= 45906,65\end{aligned}$$

Pada  $Re_i > 4000$ , aliran pada pipa isap bersifat turbulen, dari bilangan reynold diatas yang diperoleh dengan perhitungan tersebut maka koefisen gesek dalam pipa dapat di tentukan dengan diagram moody.

Untuk menentukan faktor gesekan pada pipa isap menggunakan diagram moody harus diketahui  $\epsilon/d$ , telah diketahui  $\epsilon/d$  kekasaran relatif pada pipa yaitu: 0,05.



Gambar 4.17. Diagram moody menentukan faktor gesek pada pipa isap

Dari diagram moody diatas dapat dapat diketahui faktor gesekan pada pipa isap yaitu  $f : 0,075$ .

### 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  $f$  adalah faktor gesek pada pipa isap,  $L_i$  : 80 cm panjang pipa pada sisi tekan, (*diukur dengan meteran*),  $V_i$  : di dapat dari perhitungan Kecepatan pada sisi isap dan  $d$ : diameter pipa.

$$\begin{aligned} hf_1 &= f \frac{L_i \cdot V_i^2}{d \cdot 2g} \\ hf_1 &= 0,075 \frac{0,8 \text{ m} \cdot (1,6 \text{ m/s})^2}{0,038 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,075 \frac{2,04}{0,745} \\ &= 0,075 \times 2,73 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

### 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 1,129 didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian belokan pipa*) dan  $V_i$  di dapat dari perhitungan kecepatan pada sisi isap:

$$\begin{aligned} hl_1 &= n k_1 \frac{V_i^2}{2g} \\ hl_1 &= 1 \cdot 1,129 \frac{(1,6 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 1,129 \frac{2,56}{19,62} \\ &= 1,129 \times 0,130 \\ &= 0,14 \end{aligned}$$



### 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:

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

$$hl_2 = 1,97 \frac{(1,6 \text{ m/s})^2}{2,9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 1,97 \times 0,130$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

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

$$hl_i = hf_1 + hl_1 + hl_2$$

$$hl_i = 0,20 + 0,14 + 0,25 = 0,59 \text{ m}$$

### f. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan Dengan Bilangan Reynold

Dalam mencari koefisien gesek ( $f$ ) terlebih dahulu mengetahui sifat aliran dengan menggunakan bilangan reynold ( $Re_t$ ):  $V_i =$  didapat dari perhitungan kecepatan aliran pada sisi tekan.  $d =$  diameter pipa.  $\nu =$  didapat dari (*Lampiran tabel viskositas kinetik zat cair*)

$$Re_t = \frac{V_t \cdot d}{\nu}$$

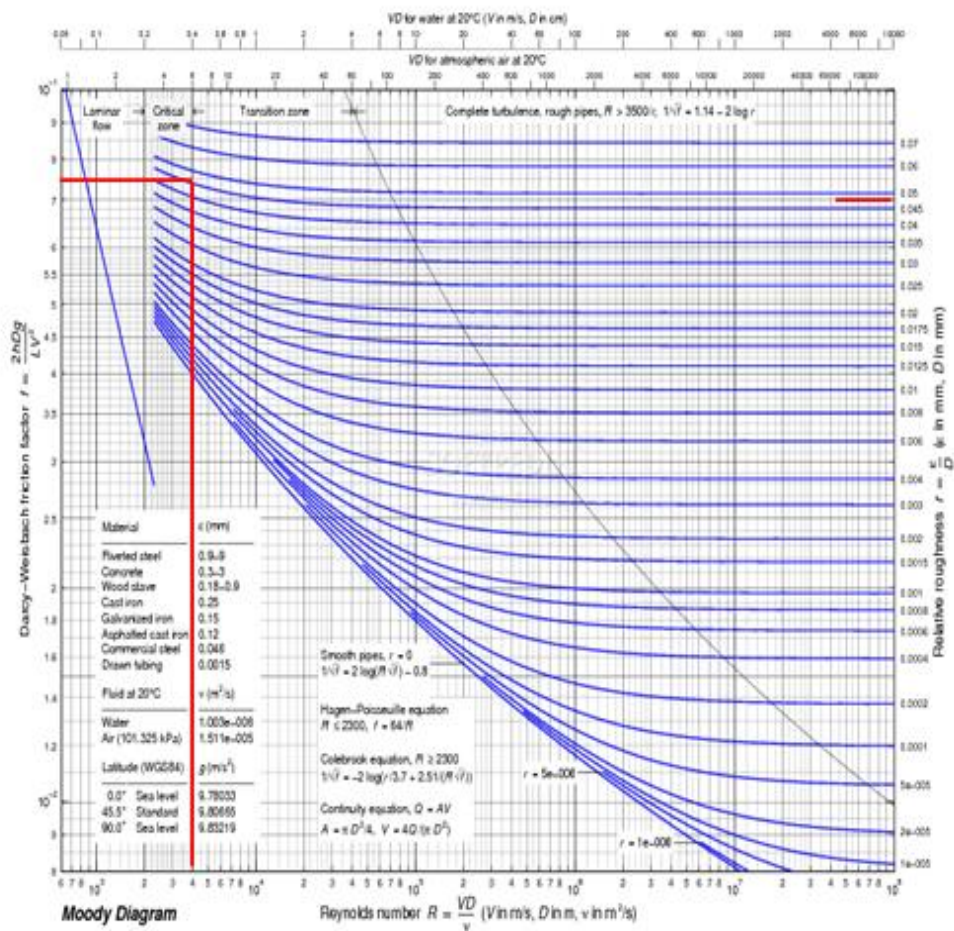
$$Re = \frac{1,7 \text{ m/s} \cdot 0,038 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$= \frac{0,064 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$= 48967$$

Pada  $Re_t > 4000$ , aliran pada pipa isap bersifat laminar, dari bilangan reynold diatas yang diperoleh dengan perhitungan tersebut maka koefisen gesek dalam pipa dapat di tentukan dengan diagram moody.

Untuk menentukan faktor gesekan pada pipa tekan menggunakan diagram moody harus diketahui  $\epsilon/d$ , telah diketahui  $\epsilon/d$  kekasaran relatif pada pipa yaitu: 0,05.



Gambar 4.18. Diagram moody menentukan faktor gesek pada pipa tekan

Dari diagram moody diatas dapat dapat diketahui faktor gesekan pada pipa tekan yaitu  $f : 0,075$ .

### **g. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan**

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  $f$  adalah faktor gesek pada pipa tekan,  $L_t : 1,22$  m panjang pipa pada sisi tekan (*Di ukur dengan meteran*),  $V_t$  : didapat dari perhitungan kecepatan aliran fluida pada sisi tekan. dan  $d$ : diameter pipa.

$$\begin{aligned} hf_2 &= f \frac{L_t \cdot V_t^2}{d \cdot 2g} \\ hf_2 &= 0,075 \frac{1,22 \text{ m} \cdot (1,7 \text{ m/s})^2}{0,038 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0,075 \frac{3,52}{0,745} \\ &= 0,075 \times 4,72 \\ &= 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

### **h. Kerugian Head Akibat Sambungan Elbow 90° Pada Pipa Tekan**

Kerugian head pada sambungan elbow 90° pada instalasi pipa tekan ada  $n : 2$  sambungan elbow dengan nilai  $k_2 = 1,129$  didapat dari (*Lampiran tabel faktor kerugian belokan pipa*) dan  $V_t$ : di dapat dari perhitungan kecepatan aliran fluida pada sisi tekan:

$$\begin{aligned} hl_2 &= n k_2 \frac{V_t^2}{2g} \\ hl_2 &= 2 \cdot 1,129 \frac{(1,7 \text{ m/s})^2}{2,9,81 \text{ m/s}^2} \end{aligned}$$

$$= 2,25 \frac{2,89}{19,62}$$

$$= 2,25 \times 0,14$$

$$= 0,31$$

Jadi kerugian head keseluruhan pada pipa tekan adalah  $hf_2$  head kerugian gesek pada pipa lurus tekan ditambah  $hl_2$  head kerugian akibat sambungan  $90^\circ$

$$hl_t = hf_2 + hl_2$$

$$hl_t = 0,35 + 0,31$$

$$= 0,66 \text{ m}$$

#### **i. Head Kerugian Keseluruhan Dari Pipa Tekan Dan Pipa Isap (hl)**

Jadi kerugian Berbagai kerugian head di pipa, katub, belokan dll.  $hl_t$  adalah kerugian keseluruhan pada pipa tekan di tambah kerugian keseluruhan pada pipa isap ( $hl_i$ ).

$$hl = hl_t + hl_i$$

$$hl = 0,66 + 0,59$$

$$= 1,25 \text{ m}$$

#### **j. Head Total Pompa**

Sebelum mencari head total pompa harus menentukan head kecepatan Keluar, dimana  $U_t$  = kecepatan pada sisi keluar dan  $d$  = diameter pipa

$$\frac{U_t^2}{2g} = \frac{(1,7\text{m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= \frac{2,89}{19,62}$$

$$= 0,14 \text{ m/s}$$

Nilai  $\Delta h_p$  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 sebagai berikut:

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

$$\begin{aligned} H &= 0,17 + 0 + 1,25 + 0,14 \\ &= 1,56 \text{ m} \end{aligned}$$

## 9. Daya Hidrolis

Nilai  $\gamma$  = berat jenis air, dan  $Q_t = 0,00195$  di ambil dari debit air pada sisi tekan.  $H = 1,56$  adalah head total pompa.

$$N_h = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q_t}{102}$$

$$N_h = \frac{1000 \cdot 1,56 \cdot 0,00195}{102}$$

$$= 0,029 \text{ kW}$$

## 10. Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Dimana  $N_h = 0,029$  kW diambil daya hidrolis, dan  $N_m = 0,40$  kW diambil dari (*Spesifikasi sebagai daya output pompa*), Maka:

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

$$\eta = \frac{0,029}{0,40} \times 100\%$$

$$= 7,25\%$$

## 11. 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 sebagai berikut.

$$N_p = \frac{\gamma \cdot Q_t \cdot H}{\eta \cdot 102}$$

$$N_p = \frac{1000 \cdot 0,00195 \cdot 1,56}{7,25 \cdot 102}$$

$$= \frac{3,04}{739,5}$$

$$= 0,0041 \text{ Kw}$$

## 12. Net Positive Suction Head (NPSH yang tersedia)

Besarnya NPSH dapat dihitung dengan persamaan berikut:

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

Dimana :

$h_{sv}$  = NPSH yang tersedia (m)

$P_a$  = Tekanan mutlak zat cair dalam tangki : 0 (kgf/m<sup>2</sup>) disebabkan karena tangki tidak berada pada ruangan terbuka, tidak memiliki tekanan.

$P_v$  = Tekanan Uap jenuh air Bersih Pada suhu 20°, Maka tekanan = (0,0237 kgf/cm<sup>2</sup>) = (237 kgf/m<sup>2</sup>) (*Lampiran Tabel tekanan uap jenuh air dalam satuan absolut*)

$\gamma$  = Berat zat cair persatuan volume : (0,9982 kgf/cm<sup>2</sup>) = ( 9,98 kgf/m<sup>2</sup>) (*Lampiran tabel Berat jenis zat cair satuan volume*).

$Z_i$  = Head isap statis 40 cm ( 0,4 m). (*Keterangan halaman 81*)

$h_{l_i}$  = Head Kerugian Pada sisi isap 0,59 m. (*Dari perhitungan pada hal 84*).

Maka :

$$h_{sv} = \frac{0}{9,98} + \frac{237}{9,98} - 0,4 - 0,59$$

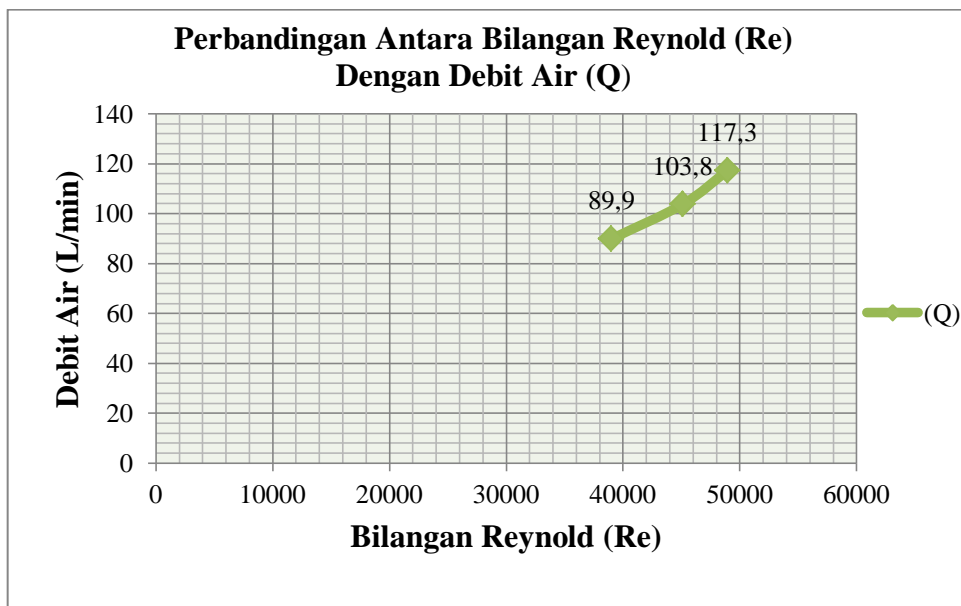
$$h_{sv} = 0 + 23,74 - 0,4 - 0,59$$

$$h_{sv} = 22,75 \text{ m}$$

#### 4.4. Pembahasan

##### 4.4.1. Grafik Perbandingan Bilangan Reynold Terhadap Debit Air

Dari eksperimen variasi jumlah sudu impeller didapat, grafik 4.19. perbandingan antara bilangan reynold dengan debit air, dimana bilangan reynold yang semakin tinggi maka debit air semakin tinggi.

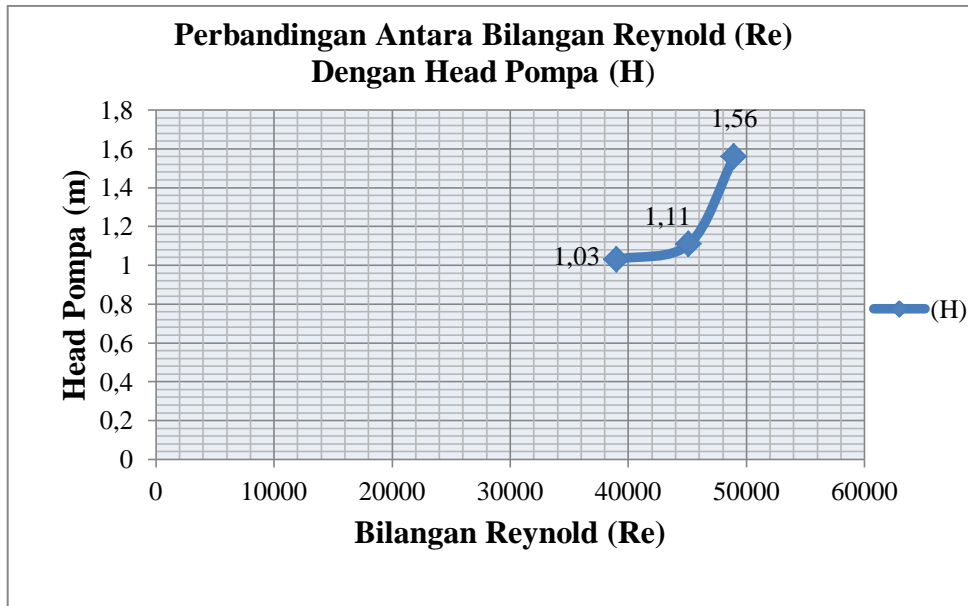


Gambar 4.19. Grafik Perbandingan Bilangan Reynold Terhadap Debit Air

##### 4.4.2. Grafik Perbandingan Bilangan Reynold Terhadap Head Pompa.

Pada gambar 4.20 dapat dilihat perbandingan antara bilangan reynold dengan head total pompa. Dimana apabila bilangan reynold semakin tinggi maka head total pompa akan semakin meningkat

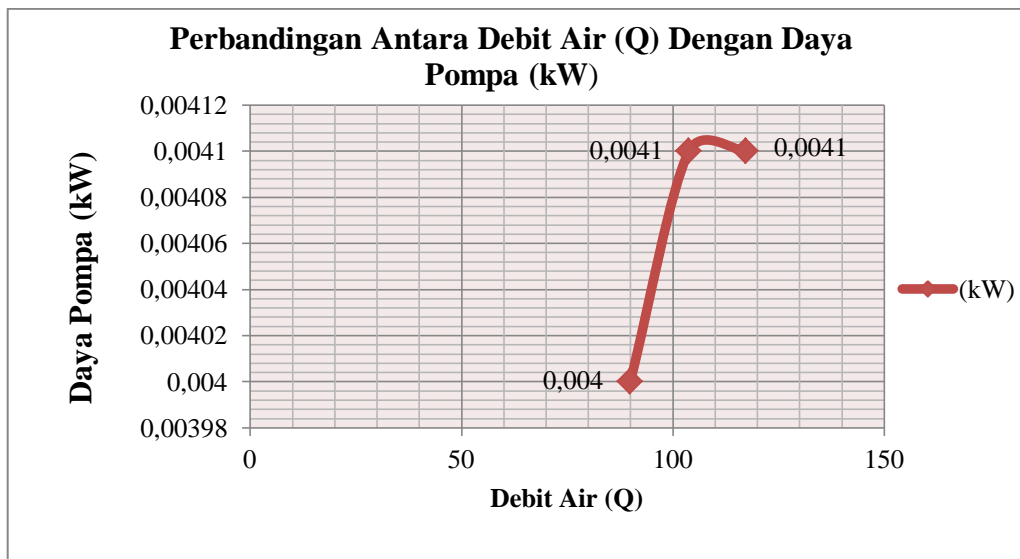




Gambar 4.20. Grafik Perbandingan Bilangan Reynold Terhadap Head Pompa

#### 4.4.3. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Daya Pompa

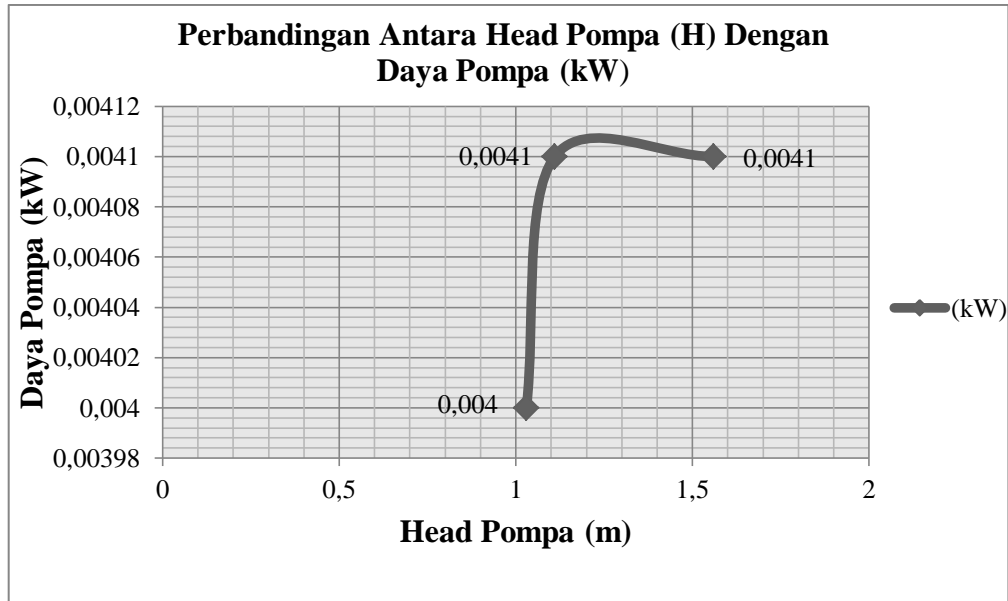
Dari gambar 4.21 dapat dilihat grafik perbandingan antara debit air terhadap daya pompa, dimana pada grafik dibawah dapat di ketahui bila debit air semakin tinggi maka daya pompa akan semakin tinggi.



Gambar 4.21. Grafik Perbandingan Debit Air terhadap Daya Pompa

#### 4.4.4. Grafik Perbandingan Head Pompa Dengan Daya Pompa

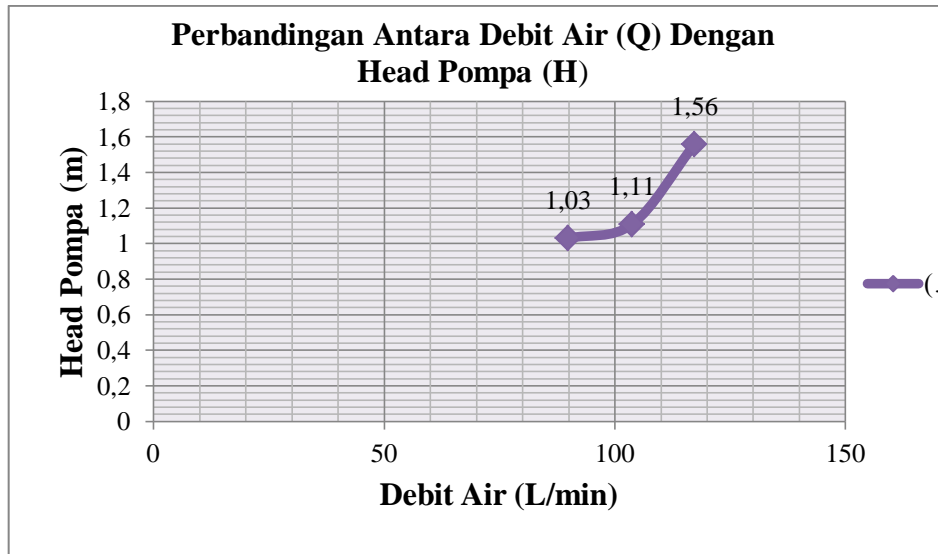
Dari gambar 4.22. dapat dilihat grafik perbandingan antara head pompa dengan daya pompa, dari grafik dibawah dapat dijelaskan jika head pompa semakin tinggi maka daya pompa akan semakin tinggi. Ini disebabkan karena beban impeller untuk melantingkan fluida semakin cepat.



Gambar 4.22. Grafik Perbandingan Head Pompa Terhadap Daya pompa

#### 4.4.5. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Head Pompa

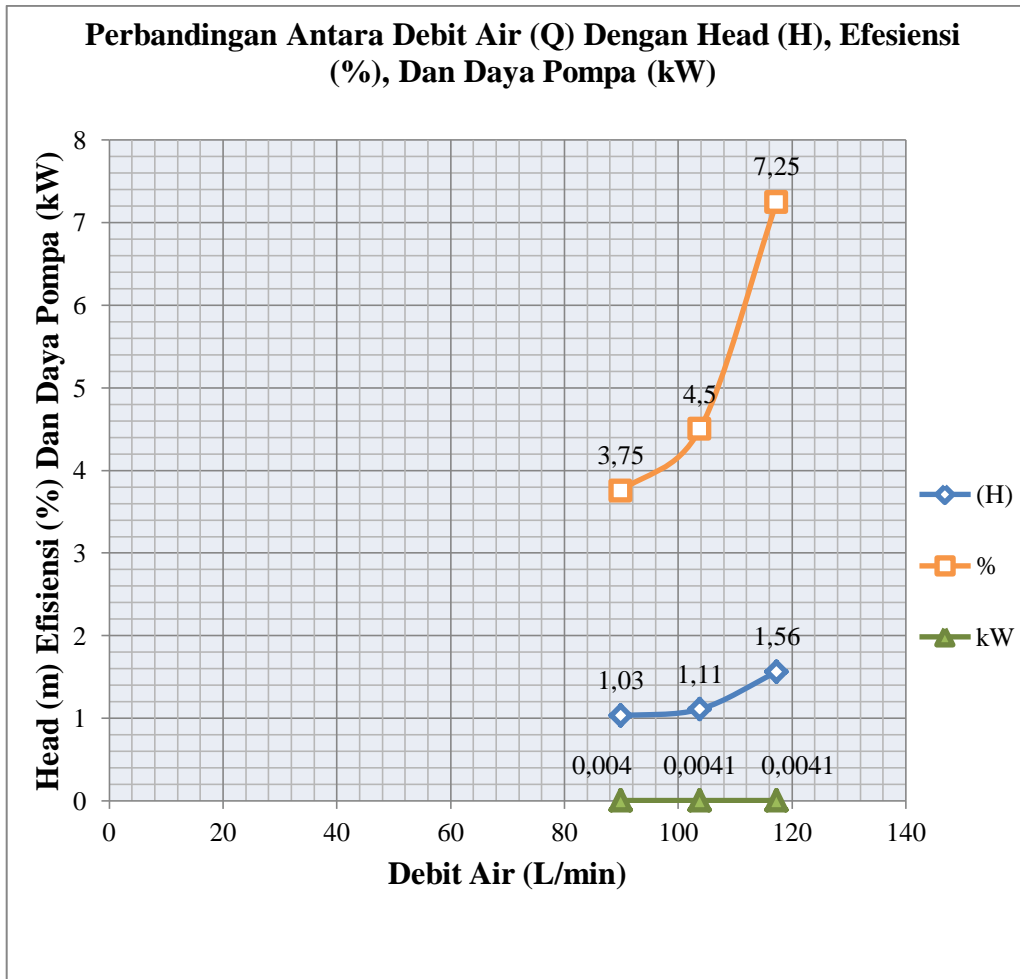
Dari gambar 4.23. dapat dilihat grafik perbandingan antara debit air terhadap head pompa, maka dari grafik di bawah dapat dijelaskan jika semakin tinggi debit air maka akan semakin tinggi head yang dihasilkan pompa.



Gambar 4.23. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Head Pompa

#### 4.4.6. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Daya, Head, Dan Efisiensi

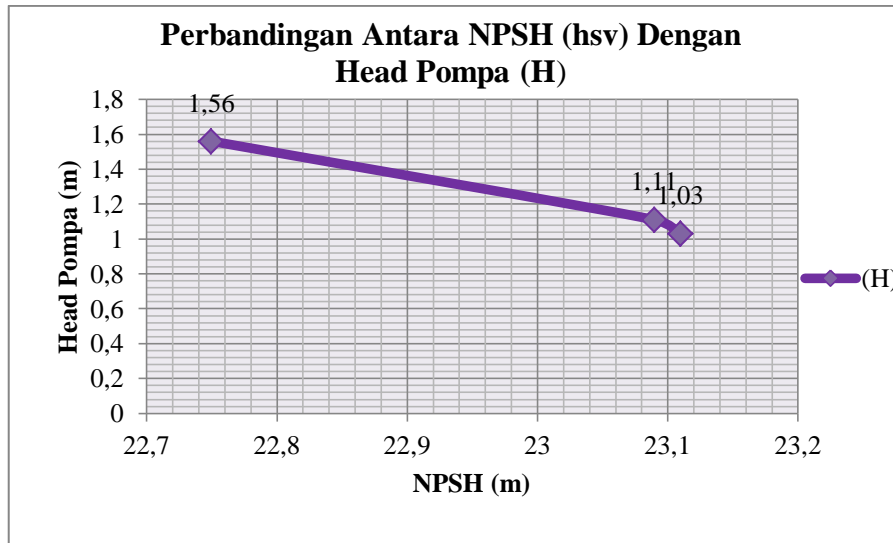
Dari Gambar 4.24. dapat dilihat grafik perbandingan antara debit air terhadap daya pompa, head pompa, dan efisiensi pompa. Dari gambar dibawah dapat dijelaskan jika debit air semakin tinggi maka daya pompa akan semakin tinggi, jika debit semakin tinggi maka efisiensi dan head pompa akan semakin tinggi.



Gambar 4.24. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap Daya, Efisiensi dan head

#### 4.4.7. Grafik Perbandingan NPSH Terhadap Head Pompa

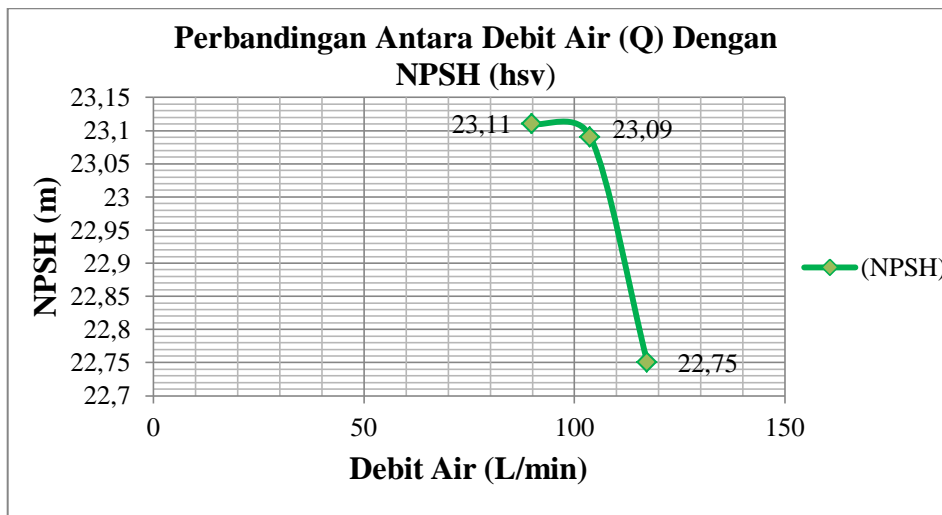
Dari Gambar 4.25. dapat dilihat grafik perbandingan antara NPSH terhadap head total pompa. Dari grafik di bawah dapat dijelaskan bahwa jika NPSH semakin rendah maka head pompa akan semakin tinggi. Begitu pula sebaliknya.



Gambar 4.25. Grafik Perbandingan NPSH Terhadap Head Total Pompa

#### 4.4.8. Grafik Perbandingan Debit Air Terhadap NPSH

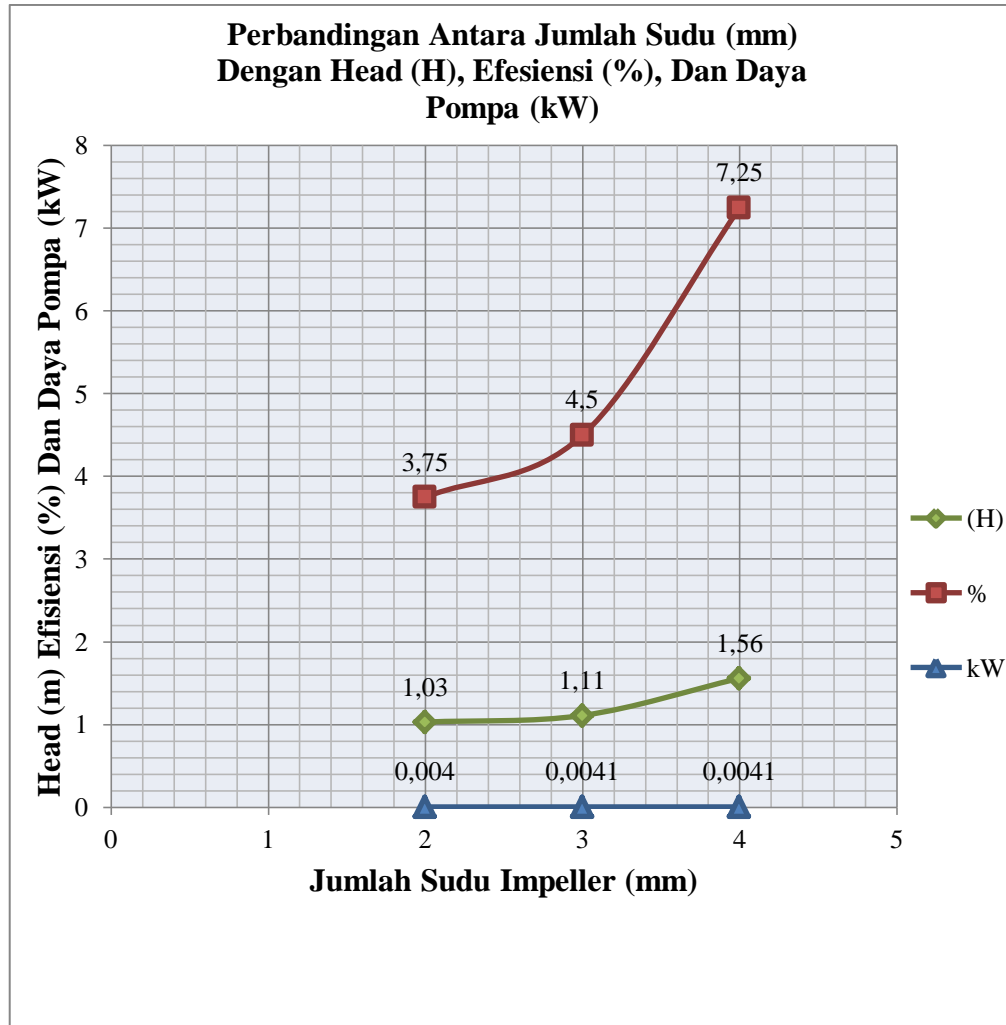
Dari gambar 4.26. dapat dijelaskan jika debit air semakin tinggi maka NPSH akan semakin menurun.



Gambar 4.26. Grafik Perbandingan Antara Debit Air Terhadap NPSH

#### 4.4.9. Grafik Perbandingan Jumlah Sudu Terhadap Head, Efisiensi Dan Daya

Dilihat dari gambar 4.27 dapat dijelaskan bahwa, semakin banyak jumlah sudu maka daya, head dan efisiensi meningkat.



Gambar 2.27. Grafik Perbandingan Antara Jumlah Sudu Terhadap Daya, Head Dan Efisiensi

## 4.5. Perbedaan Segitiga Kecepatan Pada Impeller

### 4.5.1. Segitiga Kecepatan Pada Jumlah Sudu 2

Diketahui sisi Inlet :

$$U_1 = \frac{D_1 \pi \cdot n}{60} = \frac{0,038 \cdot 3,14 \cdot 2850}{60} = 5,6 \text{ m/s.}$$

$$V_1 = 1,02 \text{ m/s.}$$

$$\beta_1 = 15^\circ$$

$$W_1 = 57,61$$

$$V_{r1} = 51,61$$

Sisi Outlet :

$$U_2 = \frac{D_2 \pi \cdot n}{60} = \frac{0,12 \cdot 3,14 \cdot 2850}{60} = 17,8 \text{ m/s.}$$

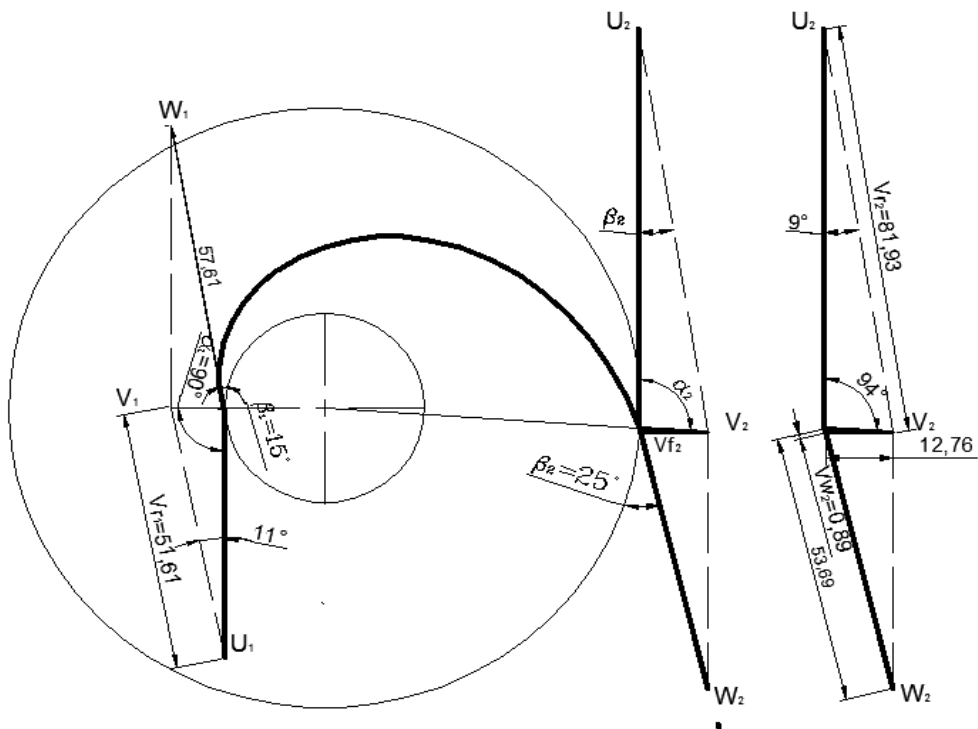
$$V_2 = 1,35 \text{ m/s.} \quad \alpha_2 = 94^\circ$$

$$W_2 = 53,69 \quad V_{f2} = 12,76$$

$$V_{w2} = 0,89$$

$$V_{r2} = 81,93$$

$V_{f1}$  dan  $V_{w1}$  tidak didapat, karena  $\alpha_1$  diambil  $90^\circ$



Gambar 4.28. Segitiga Kecepatan Impeller Pada Jumlah Sudu 2

Pada gambar 4.28 maka di dapat hasil untuk kecepatan relative pada sisi inlet

$W_1=57,61$  dan hasil untuk kecepatan relative pada sisi outlet  $W_2 = 53,69$ .

### 4.5.2. Segitiga Kecepatan Pada Jumlah Sudu 3

Diketahui sisi Inlet :

$$U_1 = \frac{D_1 \pi \cdot n}{60} = \frac{0,038 \cdot 3,14 \cdot 2850}{60} = 5,6 \text{ m/s.}$$

$$V_1 = 1,05 \text{ m/s.}$$

$$\beta_1 = 15^\circ$$

$$W_1 = 69,51$$

$$Vr_1 = 51$$

Sisi Outlet :

$$U_2 = \frac{D_2 \pi \cdot n}{60} = \frac{0,12 \cdot 3,14 \cdot 2850}{60} = 17,8 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = 1,78 \text{ m/s.}$$

$$\alpha_2 = 94^\circ$$

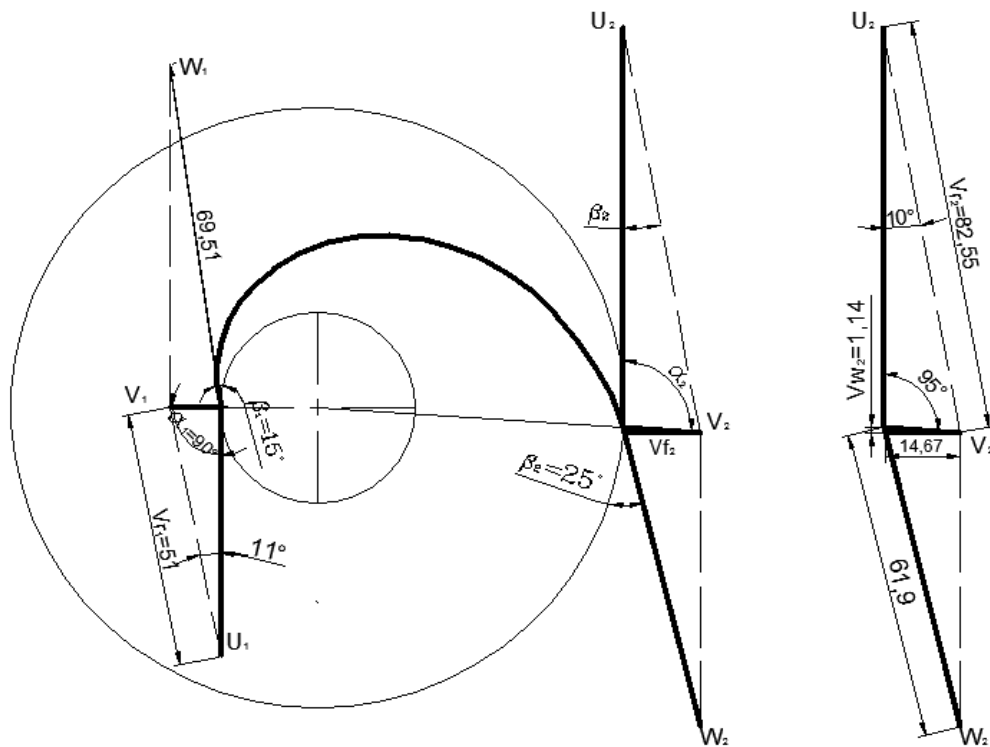
$$W_2 = 61,9$$

$$Vf_2 = 14,67$$

$$Vw_2 = 1,14$$

$$Vr_2 = 82,55$$

$Vf_1$  dan  $Vw_1$  tidak didapat, karena  $\alpha_1$  diambil  $90^\circ$



Gambar 4.29. Segitiga Kecepatan Impeller Pada Jumlah Sudu 3

Pada gambar 4.29 maka di dapat hasil untuk kecepatan relative pada sisi inlet

$W_1 = 69,51$  dan hasil untuk kecepatan relative pada sisi outlet  $W_2 = 61,9$



### 3. Segitiga Kecepatan Pada Jumlah Sudu 4

Diketahui sisi Inlet :

$$U_1 = \frac{D_1 \pi \cdot n}{60} = \frac{0,038 \cdot 3,14 \cdot 2850}{60} = 5,6 \text{ m/s.}$$

$$V_1 = 1,6 \text{ m/s.}$$

$$\beta_1 = 15^\circ$$

$$W_1 = 92,05$$

$$V_{r1} = 52,41$$

Sisi Outlet :

$$U_2 = \frac{D_2 \pi \cdot n}{60} = \frac{0,12 \cdot 3,14 \cdot 2850}{60} = 17,8 \text{ m/s.}$$

$$V_2 = 1,7 \text{ m/s.}$$

$$\alpha_2 = 94^\circ$$

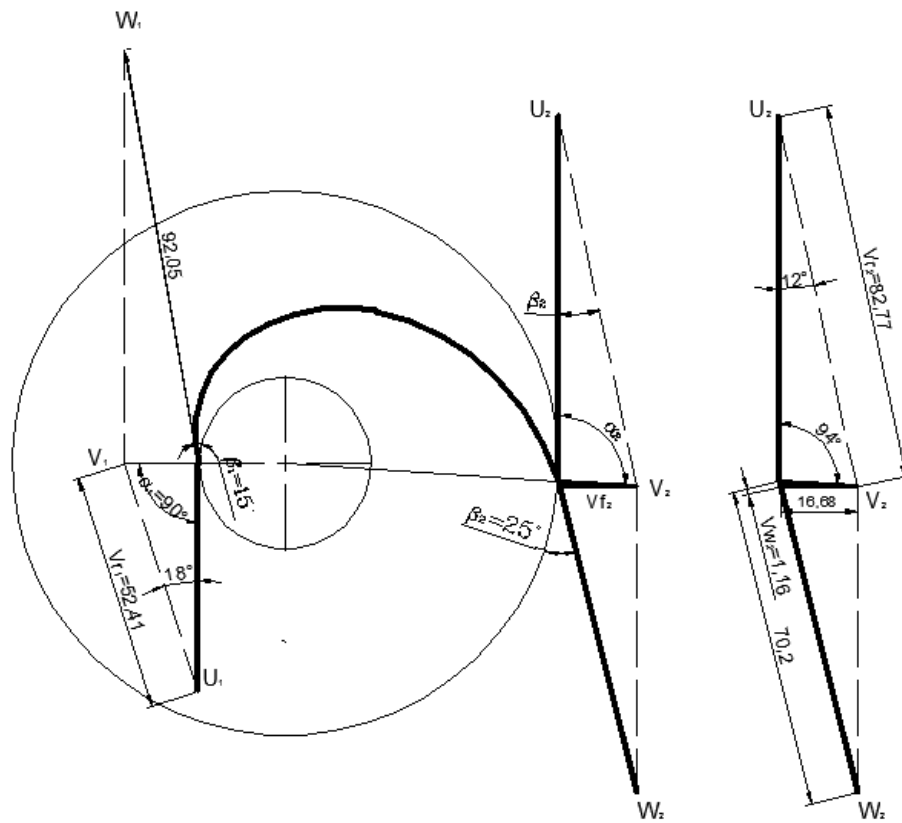
$$W_2 = 70,2$$

$$V_{f2} = 16,66$$

$$V_{w2} = 1,16$$

$$V_{r2} = 82,77$$

$V_{f1}$  dan  $V_{w1}$  tidak didapat, karena  $\alpha_1$  diambil  $90^\circ$



Gambar 4.30. Segitiga Kecepatan Impeller Pada Jumlah Sudu 4

Pada gambar 4.30 maka di dapat hasil untuk kecepatan relative pada sisi inlet

$W_1=92,05$  dan hasil untuk kecepatan relative pada sisi outlet  $W_2 = 70,2$ .

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1.KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh variasi jumlah sudu impeller 2, 3, dan 4 pada pompa sentrifugal terhadap debit, head, efisiensi, dan daya. Maka di dapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Jika jumlah sudu impeller bertambah maka debit aliran akan meningkat, ini disebabkan karena lengkungan pada sudu jaraknya semakin rapat sehingga fluida yang di lantingkan semakin cepat, begitu juga sebaliknya apabila jumlah sudu impeller semakin berkurang, maka akan semakin menurun pula debit aliran yang ke luar.
2. Semakin banyak jumlah sudu impeller maka head pompa akan semakin meningkat, ini di sebabkan karena jumlah lengkungan pada sudu impeller membuat fluida yang mengalir *discharge* semakin besar. Begitu pula sebaliknya dengan jumlah sudu impeller yang semakin sedikit.
3. Semakin banyak jumlah sudu maka efisiensi nya semakin meningkat. Seperti pada jumlah sudu 4 efisiensi nya 7,25 %. Ini disebabkan karena daya hidrolis pompa semakin tinggi,dimana peningkatan daya hidrolis disebabkan kapasitas debit air yang meningkat dan membuat head pompa semakin meningkat. Begitu pula sebaliknya jika jumlah sudu semakin sedikit maka akan semakin rendah pula efisiensi nya.

4. Jadi kesimpulan yang didapat dari eksperimen dan penelitian. Jumlah sudu yang lebih efektif yaitu jumlah sudu 4 dengan debit aliran 0,00195. Head yang di hasilkan 1,56 m dan efisiensinya 7,25 %. Dengan daya pompa yang dihasilkan 0,0041 kW.

## **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh variasi jumlah sudu impeller 2, 3, dan 4 pada pompa sentrifugal terhadap debit, head, efisiensi, dan daya. Maka di dapat saran sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan efisiensi yang maksimal sesuai dengan perencanaan, maka harus diperhatikan putaran penggerak mula pompa. Gunakan putaran penggerak mula sesuai dengan prosedur pompa yang telah direncanakan.
2. Memperbaiki dalam proses pengecoran, agar memperoleh hasil yang efektif.
3. Untuk penelitian selanjutnya, dapat memvariasikan jumlah sudu dengan putaran pompa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Autin H. Church. Zulkifli Harahap (1990). "Pompa Dan Blower Sentrifugal", Cetakan Pertama dan Kedua, Jakarta. Erlangga.
- Fritz dietzel, Dakso sriyono, (1993). "Turbin Pompa Dan Kompresor", Jakarta. Erlangga.
- <http://aya-snura.blogspot.co.id/2012/01/aliran-fluida-dalam-pipa.html>. (diakses 07-08-2017).
- [http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!@file\\_skripsi/Isi2589150105451.pdf](http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!@file_skripsi/Isi2589150105451.pdf) (diakses 13-08-2017)
- [https://id.wikibooks.org/wiki/Rumus-Rumus\\_Fisika\\_Lengkap/Mekanika\\_fluida](https://id.wikibooks.org/wiki/Rumus-Rumus_Fisika_Lengkap/Mekanika_fluida) (diakses 13-08-2017)
- <https://www.slideshare.net/rizkiramadhan58910/chapter-ii-52325810>. (diakses 17-07-2017)
- [http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/industrial-technology/2007/Artikel\\_20400341.pdf](http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/industrial-technology/2007/Artikel_20400341.pdf) (diakses 13-08-2017)
- Ir. Astu pudjanarsa MT, prof.ir.Djati Nursuhud MSME, (2006), "Mesin Konversi Energi", Yogyakarta. Andi offset.
- Sularso, Haruo Tahara,(2000). "Pompa & Kompresor, pemilihan, pemakaian dan pemeliharaan",cetakan ketujuh, jakarta. Pradnya Paramita
- Tri Yanto.(2016), "Perancangan Impeller Pompa Sentrifugal Dengan Kapasitas 58 Liter/Menit Head 70 m Dengan Putaran 2950 rpm Penggerak Motor Listrik",Tugas Akhir, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Uji Winarno.(2007), "Perancangan Impeller Dan Casing Volute Pompa Sentrifugal Aliran Radial Untuk Kebutuhan Rumah Tangga", Tugas Akhir, Teknik Mesin, Universitas Marcu Buana, Jakarta.

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 <sup>2</sup>	N / m <sup>2</sup>
0	0,632 x 10 <sup>-2</sup>	623
10	1,246 x 10 <sup>-2</sup>	1,230
20	<u>2,373 x 10<sup>-2</sup></u>	2,340
40	7,490 x 10 <sup>-2</sup>	7,400
60	20,300 x 10 <sup>-2</sup>	20,000
80	48,300 x 10 <sup>-2</sup>	47,400
100	1,03 x 10 <sup>-2</sup>	101,500

Mekanika Fluida - TEP 201

39

Lampiran tabel Berat jenis zat cair satuan volume

DAFTAR BERAT JENIS AIR

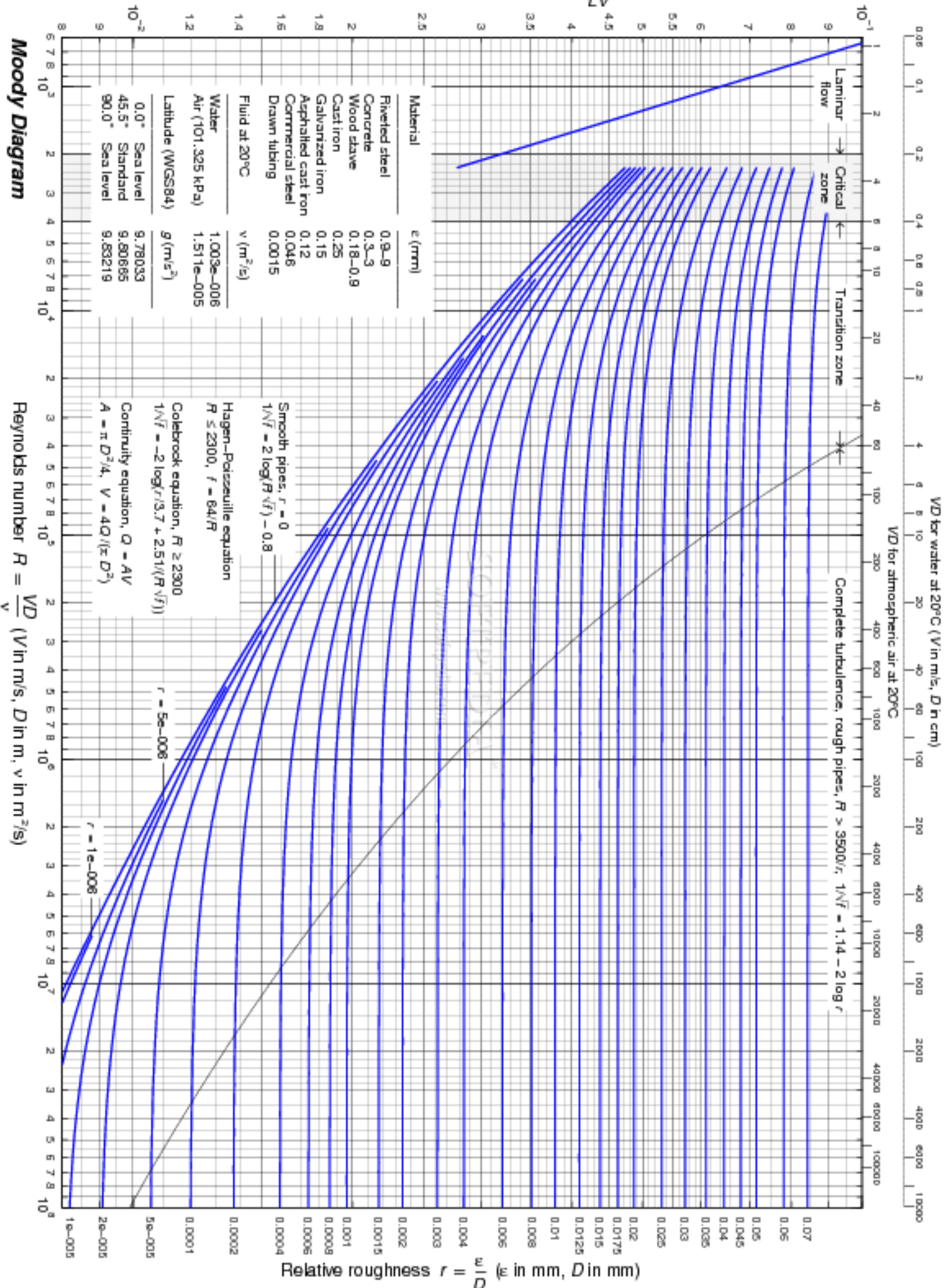
Temperatur (t°C)	Berat Jenis	Temperatur (t°C)	Berat Jenis
<u>20</u>	<u>0,9982</u>	30	0,9957
21	0,9980	31	0,9954
22	0,9978	32	0,9951
23	0,9976	33	0,9947
24	0,9973	34	0,9944
25	0,9971	35	0,9941
26	0,9968	36	0,9937
27	0,9965	37	0,9934
27,5	0,9964	38	0,9930
28	0,9963	39	0,9926
29	0,9960	40	0,9922

Lampiran Tabel Massa jenis air raksa

<b>Nama Zat</b>	<b><math>\rho</math> dalam <math>\text{kg/m}^3</math></b>	<b><math>\rho</math> dalam <math>\text{gr/cm}^3</math></b>
<b>Air (4°C)</b>	1.000 $\text{kg/m}^3$	1 $\text{gr/cm}^3$
<b>Alkohol</b>	800 $\text{kg/m}^3$	0,8 $\text{gr/cm}^3$
<b>Air Raksa</b>	13.600 $\text{kg/m}^3$	13,6 $\text{gr/cm}^3$
<b>Aluminium</b>	2.700 $\text{kg/m}^3$	2,7 $\text{gr/cm}^3$
<b>Besi</b>	7.900 $\text{kg/m}^3$	7,9 $\text{gr/cm}^3$
<b>Emas</b>	19.300 $\text{kg/m}^3$	19,3 $\text{gr/cm}^3$
<b>Kuningan</b>	8.400 $\text{kg/m}^3$	8,4 $\text{gr/cm}^3$
<b>Perak</b>	10.500 $\text{kg/m}^3$	10,5 $\text{gr/cm}^3$
<b>Platina</b>	21.450 $\text{kg/m}^3$	21,45 $\text{gr/cm}^3$
<b>Seng</b>	7.140 $\text{kg/m}^3$	7,14 $\text{gr/cm}^3$
<b>Udara (27°C)</b>	1,2 $\text{kg/m}^3$	0,0012 $\text{gr/cm}^3$
<b>Es</b>	920 $\text{kg/m}^3$	0,92 $\text{gr/cm}^3$



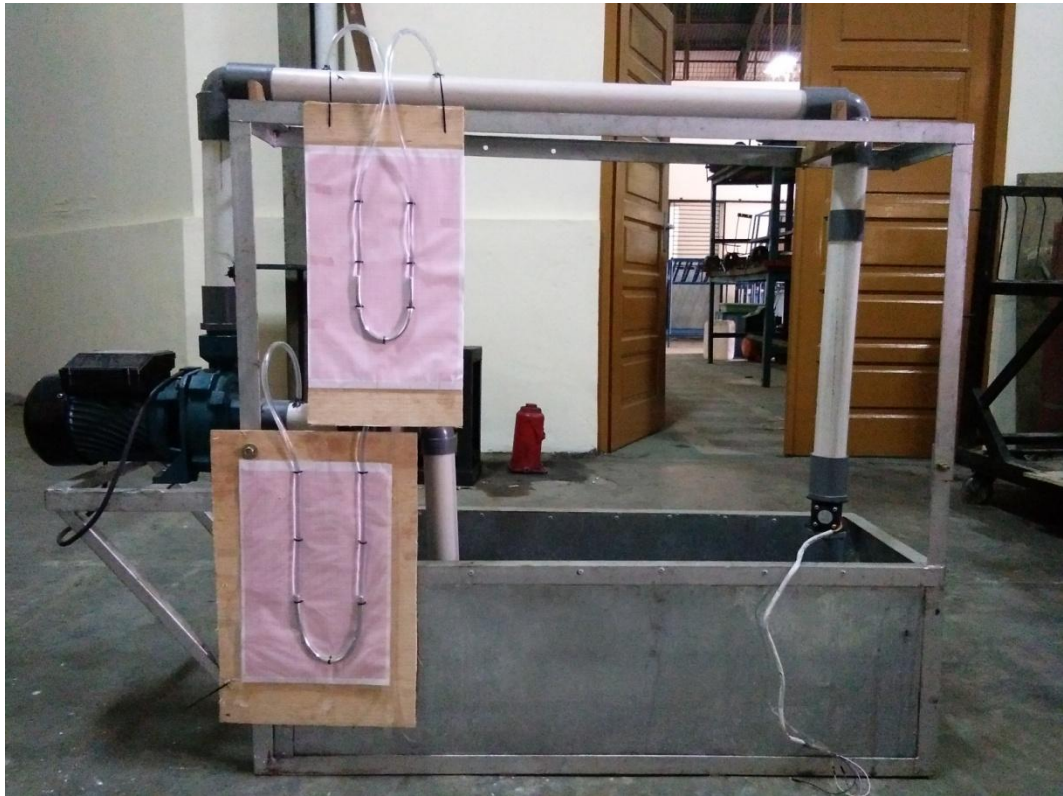
$$\text{Darcy-Weisbach friction factor } f = \frac{2hDg}{LV^2}$$



Gambar impeller dengan jumlah sudu 2, 3 dan 4.



Gambar instalasi untuk pengujian variasi jumlah sudu impeller



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA PRIBADI

Nama	: Reza Levi Sandi
NPM	: 1307230225
Tempat/ Tanggal Lahir	: Tasik Raja, 27 juni 1995
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Alamat	: Jl. Kelapa 4.Rispa 4 Lk. I Medan Johor
Nomor HP	: 085358024681
Email	: rezalevisandiezza@gmail.com
Nama Orang Tua	
Ayah	: Tajuddin Efendi
Ibu	: Indriati

### PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007	: SD N 118319 PT. Tasik Raja
2007-2010	: MTS N KUALUH HULU
2010-2013	: SMK N 2 KISARAN
2013-2017	: Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara