

ANALISIS PENGARUH JUMLAH SUDU POMPA SENTRIFUGAL TERHADAP EFISIENSI POMPA

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

**FARU ROZA
16 813 0086**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 6/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)6/6/23

ANALISIS PENGARUH JUMLAH SUDU POMPA SENTRIFUGAL TERHADAP EFISIENSI POMPA

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**FARU ROZA
16 813 0086**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 6/6/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)6/6/23

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI


Judul Skripsi : Analisis Pengaruh jumlah sudu pompa sentrifugal terhadap efisiensi pompa

Nama : Faru Roza


NPM : 168130086

Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Ir. H. Amirsyam Nasution, MT
Dosen Pembimbing I



Indra Hermawan S.T., M.T
Dosen Pembimbing II



Dr. Rahmadsyah, S.Kom, M.Kom
Dekan



Muhammad Idris, ST, M.T
Ka Prodi Teknik Mesin

Tanggal Lulus : 12 April 2023

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Faru Roza
NIM : 168130086
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
JenisKarya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pompa Sentrifugal Terhadap Efisiensi Pompa. Dengan Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 12 - APRIL 2023
Hormat Saya



Faru Roza
168130086

ABSTRAK

“Pengaruh jumlah sudu pompa sentrifugal terhadap efisiensi pompa”. Skripsi. Teknik Mesin S1. Fakultas Teknik Universitas Medan Area Saat ini pompa menjadi sarana yang sangat vital dalam dunia industri. Pompa sering di jumpai dan di butuhkan dalam kehidupan sehari-hari, baik di rumah tangga maupun industry. Saat ini hampir setiap perusahaan besar memiliki pompa, minimal satu buah pompa. Pengembangan-pengembangan modifikasi pompa untuk mencapai performa yang maksimal terus ditingkatkan. Performa pompa dapat ditingkatkan dengan inovasi pengembangan dari komponen-komponen dari pompa itu sendiri atau dengan melakukan modifikasi. Dan penulis disini mencoba mengganti sudu impeler dengan jumlah yang berbeda. Pada percobaan kali ini impeler yang digunakan adalah impeler dengan jumlah sudu 4, 5 dan 6 yang masing-masing akan dipasang dan dibandingkan hasilnya. Hasil penelitian ini menghasilkan efisiensi tertinggi ada pada jumlah sudu 6 yaitu 39,96% sedangkan terendah ada pada impeler dengan jumlah sudu 4 yaitu 15,44% .

Kata kunci: Pompa, Sentrifugal, Impeller, Efisiensi

ABSTRACT

"The effect of the number of centrifugal pump blades on pump efficiency". Thesis. Mechanical Engineering S1. Faculty of Engineering, University of Medan Area

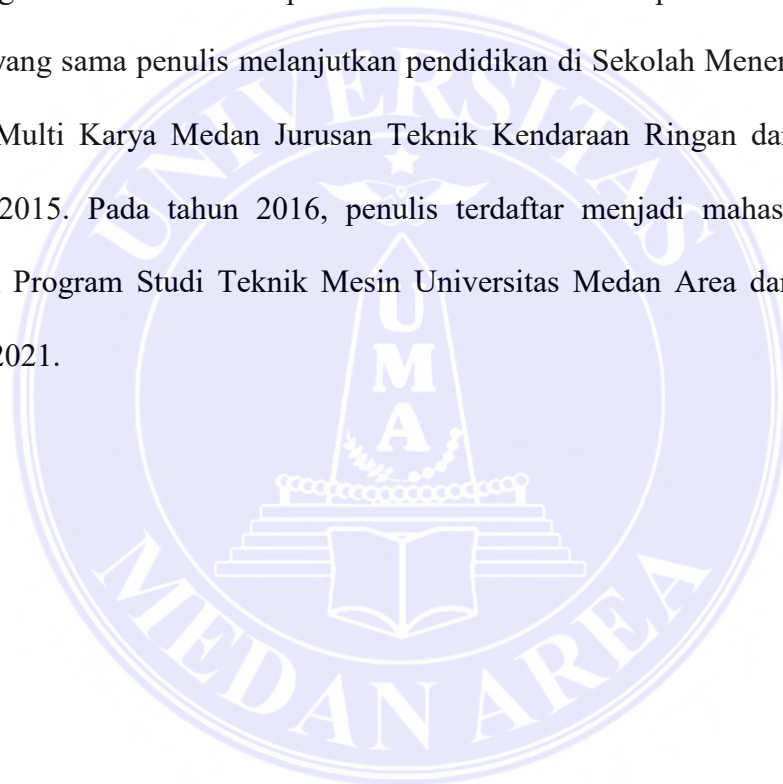
Currently, the pump is a very vital tool in the industrial world. Pumps are often encountered and needed in everyday life, both in households and industries. Currently, almost every big company has a pump, at least one pump. Pump modification developments to achieve maximum performance continue to be improved. Pump performance can be improved by developing innovative components of the pump itself or by modifying it. And the author here tries to replace the impeller blades with different amounts. In this experiment, the impeller used is an impeller with a number of blades of 4, 5 and 6, each of which will be installed and the results will be compared. The results of this study showed that the highest efficiency was at the number of blades 6, namely 39.96%, while the lowest was at the impeller with the number of blades 4, namely 15.44%.

Keywords: *Pump, Centrifugal, Impeller, Efficiency*

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Penulis bernama Faru Roza dilahirkan di Medan pada tanggal 25 April 1998. Penulis merupakan anak kedua dari 6 bersaudara, pasangan dari H. Darwin Tarigan dan, Budiarti. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 064988 Medan dan Tamat pada tahun 2009.

Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama SMP Yapena 45 Medan dan Tamat pada Tahun 2012. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Kejuruan SMK Multi Karya Medan Jurusan Teknik Kendaraan Ringan dan Tamat pada tahun 2015. Pada tahun 2016, penulis terdaftar menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2021.



KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan hidayah Nya maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Yang mana sudah menjadi kewajiban yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pompa Sentrifugal Terhadap Efisiensi Pompa”**

Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Ir. H. Amirsyam Nst, M.T., dan Indra Hermawan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam pembuatan tugas akhir ini. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua orang tua saya yaitu ayahanda H. Darwin Tarigan dan ibunda saya Budiarti yang sangat saya sayangi dan cintai, dimana telah banyak memberikan perhatian, Motivasi, nasihat, doa, dukungan moral dan material sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Selain itu penulis juga mengucapkan banyak terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Erwin Siregar, MBA selaku Ketua Yayasan Universitas Medan Area.
2. Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Rahmadsyah, S.Kom, M.kom., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

5. Bapak DR. Iswandi, ST., MT., Selaku Sekretaris Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
6. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Birokrasi Administrasi Fakultas Teknik.
7. Afrahul Zahra Tarigan ,Ditia Felisa, Faru Rozi Tarigan, Rendi Ramadhan Tarigan, Ramzi Fattah Alfariji Tarigan, Afifah Zahira Tarigan selaku Saudara Kandung yang memberikan dorongan semangat dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Sahabat ku dalam membuat alat Mhd. Ferdinansyah Ujung, Irfan Hadi, Rahmad Bobby Hasibuan, Zulfikar rivaldo, Recci Febian adiansyah, Arizal Fadly, Yayan Usmayadi, Dwi Hermawan, Syahrinal Efendi,yang telah memberikan bantuan materil, semangat, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Medan, 12 APRIL 2023
Hormat Saya



Faru Roza
168130086

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	6
LEMBAR PERNYATAAN	i
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iii
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DATAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	1
2.1. Pompa Sentrifugal.....	1
2.2. Komponen-Komponen Pompa Sentrifugal.....	6
2.2.1. <i>Relief valve</i>	6
2.2.2. <i>Casing Pompa Sentrifugal</i>	7
2.2.3. <i>Impeler Tertutup</i>	7
2.2.4. <i>Jenis Impeller Semi Terbuka</i>	8
2.2.5. <i>Cutting Impeler</i>	9
2.2.6. <i>Shaft Seal</i>	10
2.2.7. <i>House Bearing</i>	10
2.2.8. <i>Shaft</i>	11
2.3. Persamaan Persamaan Yang Bekerja Pada Pompa	11
2.3.1. <i>Debit air yang dihasilkan pompa</i>	11
2.3.2. <i>Kecepatan Aliran</i>	12
2.3.3. <i>Efisiensi</i>	12
2.3.4. <i>Head Kecepatan</i>	13
2.3.5. <i>Luas penampang</i>	13
2.3.6. <i>Daya Pompa(Np)</i>	13
2.3.7. <i>Head Kerugian (Head Loss)</i>	14
2.3.8. <i>Head Kerugian Mayor</i>	14
2.3.9. <i>Head Kerugian Minor</i>	15
2.3.10. <i>Head Total Pompa</i>	17
2.3.11. <i>Daya Hidrolik (Ph)</i>	18
2.3.12. <i>Persamaan Bernouli</i>	18
2.3.13. <i>Kecepatan Spesifik</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.1.1. <i>Tempat</i>	21
3.1.2. <i>Waktu</i>	21

3.2. Variabel Penelitian.....	22
3.2.1. Variabel Bebas (Independent Variabel).....	22
3.2.2. Variabel Terikat (Dependent Variabel).....	22
3.2.3. Variabel Kontrol (Control Variable).....	22
3.3. Alat dan Bahan.....	22
3.3.1. Alat.....	22
3.3.2. Bahan.....	26
3.4. Set-Up Alat	28
3.5. Metode Penelitian	30
3.5.1. Metode Studi Pustaka.....	30
3.5.2. Metode Studi Lapangan	30
3.5.3. Metode Pengolahan dan Analisa Data	30
3.6. Diagram Alir Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Sumber Data.....	32
4.2. Hasil Pengujian	32
4.3. Pengolahan Data	33
4.3.1. Perhitungan pada impeler dengan jumlah sudu 4	33
4.3.2. Perhitungan pada impeler dengan jumlah sudu 5	39
4.3.3. Perhitungan pada impeler dengan jumlah sudu 6	46
4.4. Analisis Perbandingan Grafik	52
4.4.1. Grafik perbandingan kapasitas pompa (Q)	52
4.4.2. Grafik perbandingan kecepatan aliran Vs dan Vd	53
4.4.3. Grafik perbandingan efisiensi pompa	54
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pompa Sentrifugal	6
Gambar 2.2. Desain Relief Valve	6
Gambar 2.3. Casing Pompa Sentrifugal	7
Gambar 2.4. Impeler Tertutup.....	8
Gambar 2.5. Open Impeler.....	9
Gambar 2.6. Cutting Impeler	9
Gambar 2.7. Shaft Seal.....	10
Gambar 2.8. House Bearing	11
Gambar 2.9. Shaft	11
Gambar 2.10. Diagram moody.....	16
Gambar 2.11.Kondisi Aliran Masuk dan Nilai Koefisien Kerugian.....	16
Gambar 2.12. Untuk menentukan nilai K	17
Gambar 3.1. Pompa sentrifugal.....	23
Gambar 3.2. Pressure Gauge.....	24
Gambar 3.3. Vacum gauge.....	25
Gambar 3.4. Gelas ukur	25
Gambar 3.5. Stopwach	26
Gambar 3.6. Pipa PVC	26
Gambar 3.7. Impeller 4 sudu.....	27
Gambar 3.8. Impeller 5 sudu.....	27
Gambar 3.9. Impeller 6, 5, 4 sudu.....	28
Gambar 3.10. Sketsa Gambar Pompa Sentrifugal.....	29
Gambar 3.11. Set up alat	29

Gambar 3.12. Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1. Impeller Jumlah Sudu 4, 5 dan 6.....	32
Gambar 4.2. Kurva kapasitas pompa (Q).....	52
Gambar 4.3. Kurva kecepatan aliran Vs dan Vd.....	53
Gambar 4.4. Kurva efisiensi pompa	54



DATAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel viskositas kinematik.....	20
Tabel 3.1. Jadwal penelitian.....	21
Tabel 3.2. Spesifikasi Pompa.....	23
Tabel 4.1. Hasil Pengujian.....	32



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan sarana yang sangat vital bagi kelangsungan hidup, baik itu manusia, binatang maupun tumbuhan. Kebutuhan akan pengairan tidak hanya untuk irigasi melainkan untuk pula menyediakan air baku, air bersih, air industri, tenaga listrik, pengelotoran kota perkebunan dan kegiatan kota lainnya yang membutuhkan air. Dengan bertambahnya jumlah penduduk mengakibatkan kebutuhan air juga bertambah. Sehingga pompa dibutuhkan dalam kehidupan manusia di berbagai bidang. Salah satunya dalam rumah tangga pompa banyak digunakan untuk memompakan air untuk kehidupan sehari-hari, dalam penyediaan air untuk masyarakat, pompa digunakan untuk mendistribusikan air kerumah rumah penduduk. [1]

Pompa sering di jumpai dan di butuhkan dalam kehidupan sehari-hari, baik di rumah tangga maupun industri. Pompa adalah perangkat mekanik untuk meningkatkan energi tekanan fluida. Secara umum pompa di gunakan sebagai pemindah fluida dari tekanan rendah ke tekanan tinggi atau sebagai penyirkulasi fluida kedalam sebuah system. Pompa dalam keseharian terdapat kendala dalam pendistribusian fluida ke semua system. [2]

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*). Perbedaan tekanan pada dua bagian tersebut di peroleh dari mekanisme perputaran impeller yang menjadikan bagian hisap vakum. Perbedaan pada tekanan sisi hisap inilah yang mampu membuat

cairan berpindah pompa sentrifugal adalah pompa yang umum digunakan dalam memenuhi kebutuhan air dalam kehidupan sehari-hari.

Pompa sentrifugal pada dasarnya terdiri dari satu impeller atau lebih yang dilengkapi dengan sudu – sudu, yang dipasangkan pada poros yang berputar yang di selubungi oleh sebuah rumah (*casing*). Fluida memasuki impeller secara aksial di dekat poros dan memiliki energy potensial, yang di berikan padanya oleh sudu-sudu. Begitu fluida meninggalkan impeller pada kecepatan yang relative tinggi, fluida itu di kumpulkan dalam ‘*volute*’ atau suatu *diffuser* yang mentransformasikan energy kinetik menjadi tekanan.

Ini tentu saja diikuti oleh pengurangan kecepatan. Sesudah konversi diselesaikan, fluida di keluarkan dari mesin tersebut. Aksi sama untuk pompa-pompa dengan pengecualian bahwa volume gas adalah berkurang begitu gas-gas tersebut melewati blower, sementara volume fluida secara praktis adalah mesin-mesin berkecepatan kinerja pompa sentrifugal pada dasarnya di pengaruhi oleh desain *impeller* dan rumah pompa. Banyak faktor yang mempengaruhi desain impeller seperti sudut masuk dan sudut keluar impeller serta jumlah sudu dari impeller. [3]

Peneliti sebelumnya melakukan perhitungan efisiensi pada impeller pompa sentrifugal dari satu sudu sampai 4 sudu sehingga pada penelitian ini,peneliti menghitung efisiensi pompa sentrifugal dari 4 sudu,5 sudu, dan 6 sudu. Sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pompa Sentrifugal Terhadap Efisiensi Pompa**”

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka ditarik suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi pada jumlah sudu 4, 5, 6 pompa sentrifugal terhadap kapasitas ?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kecepatan aliran ?
3. Bagaimana pengaruh jumlah sudu impeller pada pompa sentrifugal terhadap efisiensi pompa ?

1.3. Batasan Masalah

Mengingat kompleksnya permasalahan yang berkaitan dengan pengaruh jumlah sudu pompa sentrifugal terhadap efisiensi pompa, maka harus dilakukan pembatasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini. Batasan masalah ini tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis hasil pengujian
2. Tidak membahas proses manufaktur pembuatan benda kerja
3. Penelitian ini menggunakan jenis pompa hisap

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh variasi sudu pompa terhadap kapasitas.
2. Menganalisis pengaruh variasi kecepatan aliran
3. Menganalisis pengaruh variasi jumlah sudu pompa sentrifugal terhadap efisiensi pompa.

1.5. Manfaat Penelitian

Laporan tugas akhir ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Manfaat bagi penulis untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan dan pengalaman agar mampu melakukan kegiatan yang sama kelak setelah bekerja atau terjun kelapangan.
2. Sebagai pengembangan pengetahuan mahasiswa dan refrensi tambahan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

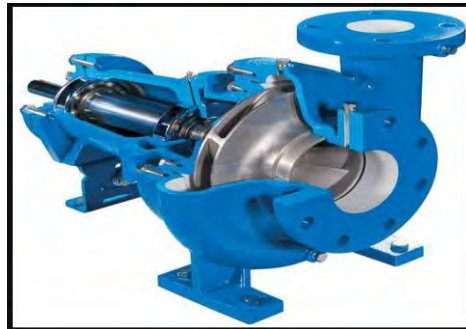
2.1. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal digunakan untuk mengangkut cairan dengan mengubah energi kinetik rotasi menjadi energi hidrodinamik aliran fluida. Energi rotasi biasanya berasal dari mesin atau motor listrik. Mereka adalah sub-kelas dari turbo *machinery* penyerap kerja aksisimetris dinamis. Cairan memasuki impeller pompa di sepanjang atau di dekat sumbu putar dan dipercepat oleh impeller.

Cara kerja pompa sentrifugal adalah cairan masuk ke impeller dengan arah aksial melalui mata impeller (impeller eye) bergerak ke arah radial di antaranya sudu-sudu dan meninggalkan impeller dengan kecepatan tinggi, zat cair tersebut akan keluar melalui saluran yang penampangnya semakin membesar (valute/diffuser) sehingga terjadi perubahan dari head kecepatan menjadi head tekanan. Oleh karena itu zat cair yang keluar dari flens pompa mempunyai head total yang lebih besar.

Penggunaan umum termasuk air, limbah, pertanian, minyak bumi dan pemompaan petrokimia. Pompa sentrifugal sering dipilih karena kemampuan laju alirannya yang tinggi, kompatibilitas larutan abrasif, potensi pencampuran, serta tekniknya yang relatif sederhana. Fungsi kebalikan dari pompa sentrifugal adalah turbin air yang mengubah energi potensial tekanan air menjadi energi putaran mekanik. Klasifikasi Pompa sentrifugal yang digunakan jenis pompa hisap yang memiliki kapasitas max 80L/menit dimana daya hisap yang dihasilkan 8 M dan

tinggi aliran 20 M menggunakan gulungan tembaga asli dan impeller yang di pakai terbuat dari kuningan seperti yang terlihat pada gambar 2.1.

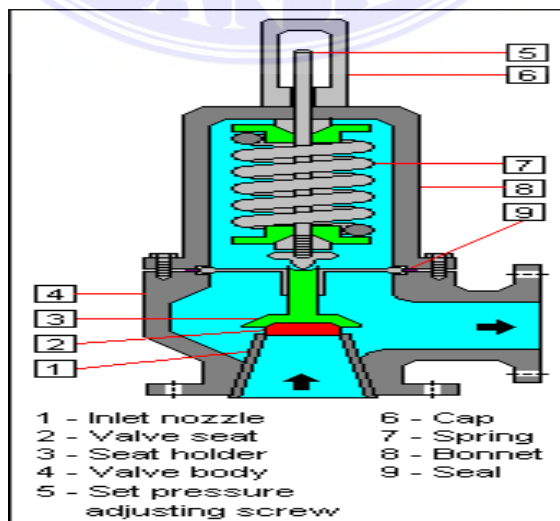


Gambar 2.1. Pompa Sentrifugal

2.2. Komponen-Komponen Pompa Sentrifugal

2.2.1. Relief valve

Relief valve ini akan membuka dan mengalirkan fluida kerja keluar sistem atau kembali ke inlet pompa pada saat tekanan kerja keluaran pompa naik di nilai tertentu. *Relief valve* pada gambar 2.2 yaitu menggunakan jenis *External System Bypass*, alat ini biasa nya di rancang dengan pelepas yang terletak dekat dengan outlet pompa. Dengan menggunakan tipe poppet, kontruksinya terdiri dari *valve spring* dan *adjusting screw beserta shim/nut*.



Gambar 2.2. Desain Relief Valve

2.2.2. Casing Pompa Sentrifugal

Casing pompa sentrifugal didesain berbentuk sebuah diffuser yang mengelilingi impeller pompa. Karakteristik casing pompa dapat dilihat pada gambar 2.3 yaitu casing pompa. Dimana fungsi casing adalah menurunkan kecepatan aliran (flow) fluida yang masuk kedalam pompa menuju sisi outlet pompa valute.



Gambar 2.3. Casing Pompa Sentrifugal

casing didesain membentuk corong yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kinetik menjadi tekanan. Casing juga memiliki perbedaan, untuk jenis ini menggunakan single stage memiliki satu impeller dan satu casing. [6]

2.2.3. Impeler Tertutup

Impeller pompa air adalah bagian pada pompa air yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang kemudian diteruskan pada daya pompa, dan akibat adanya efisiensi (timbul kerugian berupa gesekan cairan) karena perubahan arah aliran yang terdapat pada sudu-suduimpeller.[7]

Impeller ini termasuk dalam klasifikasi dalam beberapa jenis seperti uraian dibawah ini pada gambar 2.4. impeller yang digunakan jenis impeller *Closed*

Impeller, dengan jumlah sudu 4 memiliki satu lubang *suction* saja dan bahan yang digunakan adalah material yang tahan terhadap air seperti kuningan dan *stainless steel*, impeller ini pada umumnya digunakan pada pompa air bersih. Fungsi impeller untuk mentransfer energi dari putara motor menuju fluida yang di pompakan dengan jalan mengakslerasinya dari tengah impeller ke luar sisi impeller.



Gambar 2.4. Impeler Tertutup

2.2.4. Jenis Impeller Semi Terbuka

Dengan kondisinya yang terbuka atau semi terbuka, maka kemungkinan adanya sumbatan pun jauh berkurang. Fungsi impeller untuk mentransfer energi dari putara motor menuju fluida yang di pompakan dengan jalan mengakslerasinya dari tengah impeller ke luar sisi impeller.

Impeller ini diklasifikasikan dalam jenis *open impeller* memiliki jumlah sudu 6 dan menggunakan bahan material yang tahan terhadap air seperti kuningan dan *stainless steel* ini. Karena itu ada jenis impeller *open impeller* khususnya digunakan untuk mengaliri limbah pembuangan dan lumpur seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Open Impeler

2.2.5. *Cutting Impeler*

Impeller ini umumnya digunakan untuk pompa yang akan mengaliri berbagai macam sampah-sampah organik dan non organik dan untuk limbah-limbah. Biasanya ditemukan di gedung, hotel, limbahnya.[9]

Berdasarkan fungsinya di klasifikasikan jenis impeller ini memiliki 2 mata pisau dan 1 lubang poros material yang digunakan juga tahan air, jenis ini berbeda karena digunakan untuk mengaliri limbah, mata sudu yang berbentuk mata pisau itu bertujuan untuk memotong-motong sampah sehingga pompa tersebut tidak mudah rusak seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Cutting Impeler

2.2.6. *Shaft Seal*

Seal adalah perapat bagian pompa untuk memastikan tidak ada kebocoran dalam pompa dan antar komponen yang di sambungkannya. Dalam memperhatikan mechanical seal akan lebih efektif pada kondisi pompa air yang sedang anda jalankan. Dengan begitu pompa air tersebut apabila tidak terjadi kebocoran maka mechanical seal tersebut aman.

Klasifikasi dari seal ini memiliki beberapa bagian yaitu mekanikal ring per/pegas dan rumah per/pegas seperti terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Shaft Seal

2.2.7. *House Bearing*

Bearing atau bantalan berfungsi untuk menumpu atau menahan beban dari poros agar dapat berputar. Bearing juga berfungsi untuk memperlancar putaran poros dan menahan poros agar tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek dapat diperkecil. Sedangkan housing sendiri berasal dari Inggris yang artinya rumah. Klasifikasi bearing housing memiliki beberapa bagian yaitu memiliki satu lubang bearing, yang terhubung ke motor seperti terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. House Bearing

2.2.8. *Shaft*

Shaft (poros) merupakan komponen penghubung antara pompa dengan impeller untuk menyambungkan energi ke impeller untuk memutar impeller. Klasifikasi poros pompa *shaft* memiliki 2 lubang spi untuk impeller dan kipas motor, terlihat pada gambar 2.9. dimana *shaft* memiliki fungsi untuk menransmisikan putara dari sumber gerak, seperti motor listrik pompa.



Gambar 2.9. Shaft

2.3. Persamaan Persamaan Yang Bekerja Pada Pompa

2.3.1. Debit air yang dihasilkan pompa

Dengan menggunakan metode bucket, maka didapat volume air yang

dihasilkan pompa per satuan waktu. Debit digunakan untuk menghitung besar daya yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal. Debit air yang dihasilkan pompa dapat dihitung dengan persamaanberikut.

$$Q = \frac{v}{t} \dots\dots\dots \text{pers}(2. 1)$$

Dimana :

Q = kapasitas pompa (m^3/s)

v = Volume air (l)

t = Waktu (s)

2.3.2. Kecepatan Aliran

Untuk menentukan kecepatan aliran yang harus di ketahui adalah nilai dari kapasitas dan luas penampang pipa dengan menggunakan persamaan

$$V_s = \frac{Q}{A_s} \dots\dots\dots \text{pers}(2.2)$$

Dimana :

Q = kapasitas atau debit aliran (m^3/s)

A_s = Luas penampang (m^2)

2.3.3. Efisiensi

Ada beberapa definisi yang berhubungan dengan kerja pompa, yaitu:

- a. Efisiensi adalah perbandingan kerja berguna dengan kerja yang dibutuhkan mesin.

b. Daya rotor (motor penggerak) adalah jumlah energi yang masuk motor penggerak dikalikan efisiensi motor penggerak. Dirumuskan dengan persamaan:

$$np = \frac{ph}{ps} \dots\dots\dots \text{pers (2.3)}$$

Dimana :

ph = Daya Hidraulik (watt)

ps = Daya Listrik (watt)

2.3.4. *Head* Kecepatan

$$\frac{vd^2}{2.g} \dots\dots\dots \text{pers(2.4)}$$

Dimana :

H = Head (meter)

V_d = kecepatan fluida pada bagian discharge pompa. (m/s)

g = Percepatan Gravitasi (m/s)

2.3.5. **Luas penampang**

Untuk menentukan kecepatan aliran yang pertama harus di ketahui adalah luas penampang terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan

$$A_s = \frac{\pi}{4} D^2 \dots\dots\dots \text{pers.(2.5)}$$

Dimana :

A_s = Luas penampang (m²)

D² = Diameter pipa (m)

2.3.6. **Daya Pompa(Np)**

Daya pompa adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan poros

pompa.

$$N_p = T \cdot \omega \dots \dots \dots \text{pers (2.6)}$$

Dimana :

N_p = Daya Pompa (kW)

T= Momen Torsi (N.m)

ω = Kecepatan Sudut= $2 \pi n/60 = 2 \cdot 3,14 \cdot n/60$

n = Putaran Poros (rpm)

2.3.7. Head Kerugian (Head Loss)

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

2.3.8. Head Kerugian Mayor

Kerugian dalam pipa atau bisa disebut *major losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh gesekan aliran sepanjang pipa. Untuk menghitung kerugian gesek dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$h_f = f \frac{L \cdot v^2}{D^2 \cdot g} \dots \dots \dots \text{pers(2.7)}$$

Dimana :

H_f = Kerugian gesek dalam pipa (m)

f = Koefisien kerugian gesek

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter dalam pipa (m)

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

2.3.9. Head Kerugian Minor

Kerugian minor adalah kerugian pada belokan, sambungan dan aksesoris lainnya, untuk menentukan besarnya minor head loss dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$H_m = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{pers (2.8)}$$

Dimana :

h_m = head minor losses

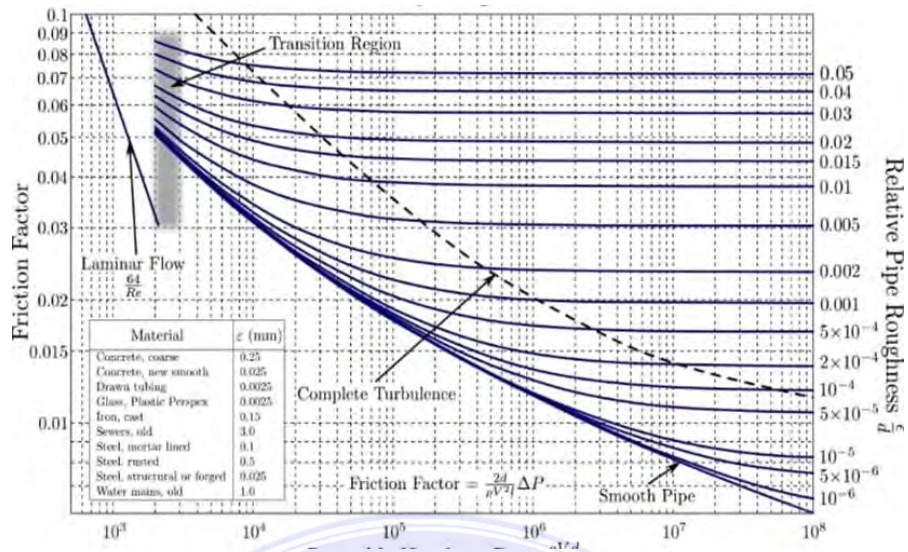
k = koefisien rugi

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

Ada beberapa nilai kerugian yang di akibatkan dari penambahan alat seperti pada tabel di bawah ini .

Untuk mencari nilai dari f dapat dilihat pada gambar 2.10 merupakan diagram moody, yang digunakan untuk nilai aliran turbulen misalkan untuk aliran di dalam pipa untuk $Re = 0 - 2300$ aliran Laminar kemudian $Re 2300 - 4000$ Transisi dan $Re 4000$ Turbulen.



Gambar 2.10. Diagram moody

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \dots\dots\dots \text{pers (2.9)}$$

Dimana:

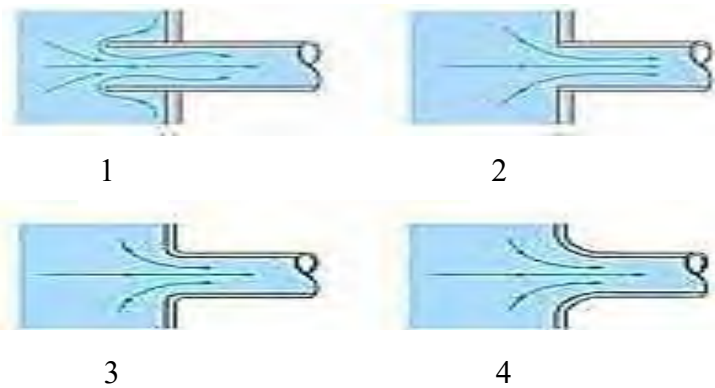
V= kecepatan aliran (m/s)

d = diameter pipa (m)

ν = viskositas air

a. Kerugian Head Ketika Aliran Keluar.

Untuk menentukan nilai Kerugian aliran masuk pipa dapat terlihat pada gambar 2.11. diklasifikasikan pada nomor 1 terlihat kondisi aliran masuk dengan nilai $K_L = 0,78$



Gambar 2.11.Kondisi Aliran Masuk dan Nilai Koefisien Kerugian

1. Reentrant, $K_L=0,78$
 2. Tepi Tajam $K_L =0,4-0,5$
 3. Sedikit dibulatkan $K_L =0,2-0,25$
 4. Dibulatkan, $K_L =0,05$
- b. Koefisien rugi pada belokan K_L

Untuk menenukan nilai kerugian pada satu buah elbow terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Untuk menentukan nilai K

2.3.10. Head Total Pompa

Head total pompa adalah dengan pertambahan energi fluida antara ujung sisi *inlet* dengan sisi *outlet*, head total juga berarti selisih head pada sisi *suction* dan pada sisi *discharge*.

Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang.

Ada beberapa macam head (energi) fluida dari sistem instalasi aliran, yaitu, head tekanan, head kecepatan Hal ini dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut

$$\text{Head total} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{V_d^2}{2g} \dots \text{pers (2.10)}$$

Dimana:

H = Head total pompa (m)

h_a = head statis total (m)

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

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

h_l = berbagai head kerugian di pipa, katup belokan, sambungan (m)

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

2.3.11. Daya Hidrolik (Ph)

Untuk menghitung daya yang di butuhkan untuk poros pompa (daya hidrolik) digunakan persamaan sebagai berikut

$$Ph = \rho \cdot H \cdot Q \cdot g \dots \text{pers (2.11)}$$

Ph = daya hidrolik (Watt)

H = Head pompa (m)

Q = Kapasitas (m^3/s)

g = gravitasi bumi ($9,81 m/s$)

2.3.12. Persamaan Bernoulli

Hukum Bernoulli menjelaskan tentang konsep dasar aliran fluida (zat cair dan gas) bahwa peningkatan kecepatan pada suatu aliran zat cair atau gas tersebut. Hukum Bernoulli sebetulnya dapat dikatakan sebagai bentuk khusus dari konsep dalam mekanika fluida secara umum, yang dapat dikenal dalam persamaan Bernoulli. Secara matematis persamaan Bernoulli adalah sebagai berikut

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H \dots\dots\dots \text{pers}(2.13)$$

Dimana ;

$P_{1,2}$ = Tekanan di penampang 1 dan 2 (N/m^2)

$V_{1,2}$ = Kecepatan di penampang 1 dan 2 (m/s^2)

$z_{1,2}$ = Tinggi pada permukaan 1 dan 2 (m)

$\gamma_{1,2}$ = Berat Jenis 1 dan 2 (N/m^3)

g = Gravitasi bumi ($9,81 m/s^2$)

2.3.13. Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik adalah suatu istilah yang di pakai untuk memberikan klasifikasi impeller yang berdasarkan prestasi proporsinya tanpa memperhatikan ukuran aktual dan kecepatan nya dimana impeller-impeller beroperasi karena kecepatan spesifik itu merupakan proporsi impeller.kecepatan dari impeller adalah konstan terhadap hal sederetan impeller-impeller yang mempunyai sudut-sudut dan proporsi yang sama atau untuk salah satu porsi impeller yang beroperasi pada sembarang kecepatan.

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots \text{pers (2.14)}$$

Dimana :

n = Putaran pompa (kg)

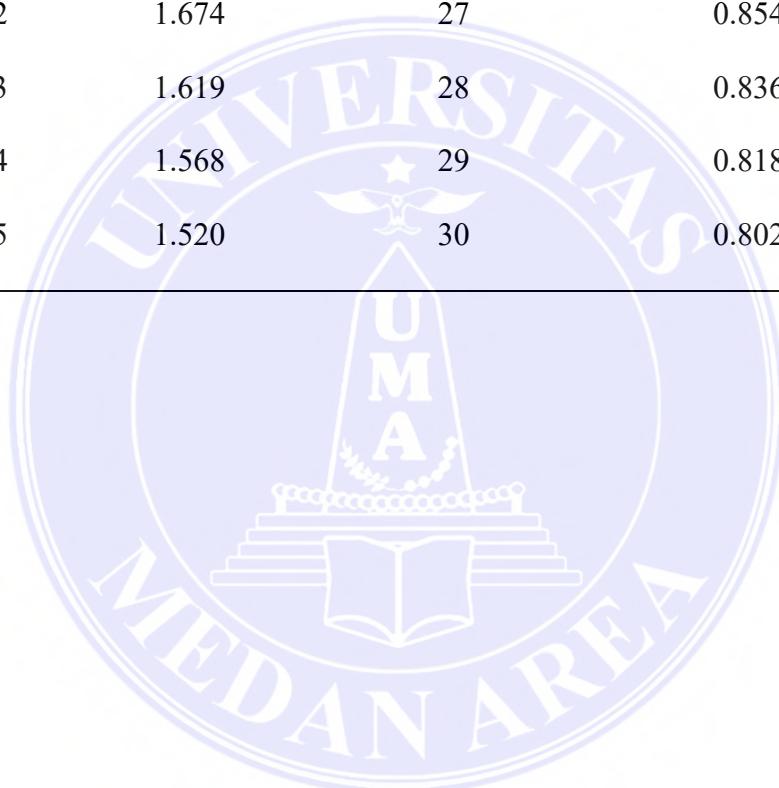
Q = Kapasitas Pompa (m^3/s)

H = Head Pompa (m)

Tabel nilai viskositas air pada tekanan atmosfer bias di lihat pad gambar di bawah ini :

Tabel 2.1. Tabel viskositas kinematik.

Temperatur (°C)	Viskositas Kinematik ν ($10^{-6} \times \text{m}^2/\text{s}$)	Temperatur (°C)	Viskositas Kinematik ν ($10^{-6} \times \text{m}^2/\text{s}$)
0	1.793	25	0.893
1	1.732	26	0.873
2	1.674	27	0.854
3	1.619	28	0.836
4	1.568	29	0.818
5	1.520	30	0.802



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat

Tempat penulis melakukan penelitian di Chevy Lestari Service jalan jermal 15 gang duyung medan.

3.1.2. Waktu

Penelitian ini dilakukan mulai 25 Juni – 3 Juli 2020, pengambilan data data dan uji dilakukan setiap hari. Berikut jadwal tugas akhir dari awal sampai selesai :

Tabel 3.1. Jadwal penelitian

Jadwal	2020			2020	2023
	Mei	Juni	Juli	Sep	Ags
Pengurusan Berkas					
Studi Literatur					
Pengambilan Judul					
Seminar Proposal Data					
Analisis Data					
Seminar Hasil					
Sidang Sarjana					

3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

3.2.1. Variabel Bebas (Independent Varibel)

Variabel bebas dalam penelitian Uji Eksperimen Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller 4 sudu, 5 sudu, 6 sudu dengan kecepatan putaran 2850 rpm.

3.2.2. Variabel Terikat (Dependent Variabel)

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tekanan input, tekanan output, efisiensi dan kapasitas pada pompa sentrifugal.

3.2.3. Variabel Kontrol (Control Variable)

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis fluida yaitu air.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Alat penelitian yang digunakan sebagai berikut:

a. Pompa sentrifugal

Pompa yg di gunakan adalah pompa sentrifugal dengan aliran radial dan impeller berjenis tertutup type SN 57667, pompa ini memiliki 1 poros dan motor, kemudian memiliki impeller dengan bahan terbuat dari kuningan terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Pompa sentrifugal

Penelitian ini menggunakan pompa sentrifugal dengan spesifik sebagai berikut:

Tabel 3.2. Spesifikasi Pompa

No	Komponen	Spesifikasi
1	<i>Merk</i>	Yamamax
2	<i>Type</i>	DB-175
3	Jenis Impeller	Tertutup
4	Kapasitas	80 L/min
5	Daya Hisap Maksimum	8 m
6	Tinggi Aliran	20 m
7	Putaran	2850rpm
8	Daya Keluaran	370 Watt
9	Tegangan	450 Volt

b. *Pressure gauge*

Alat ukur tekanan yang nantinya digunakan untuk mengukur tekanan air yang keluar dari pompa. Gambar 3.2 merupakan salah satu pressure gauge yang

terpasang pada pipa discharge dimana pressure guage menggunakan model payung drat kuning dan memiliki rentang antara 0 – 100 kg/cm²



Gambar 3.2. Pressure Gauge

c. Vacum gauge

Alat ukur pada sisi tekan yang nnti nya di gunakan untuk mengukur tekanan yang masuk ke dalam pipa suction. Gambar 3.3 merupakan salah satu vacum guage yang terpasang pada sisi suction merupakan vacuum guage dengan merek wiebrock dengan material case cr ome dan black steel connection brass yang memiliki rentang antara -76 cmHg + 0 (- 30 inHg + 0)



Gambar 3.3. Vacum gauge

d. Gelas Ukur

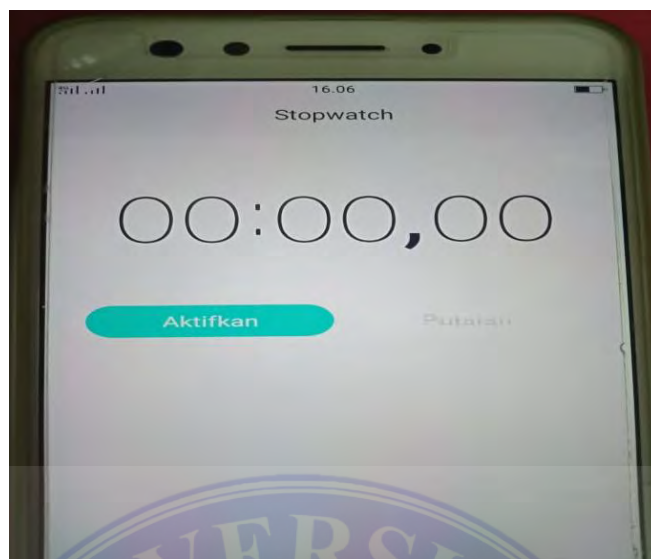
alat ini digunakan untuk digunakan untuk mengukur volume cairan
alat ini memiliki bentuk silinder dan setiap garis penanda adalah gelas ukur
mewakili jumlah cairan yang telah terukur dengan,terbuat dari bahan pelastik
tebal kapasitas 1000 ml diameter 13 cm dan tinggi 15 cm. Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Gelas ukur

e. Stopwatch.

Alat ukur yg di gunakan untuk mengukur lama nya waktu yg di perlukan
dalam melakukan kegiatan. Gambar 3.5 dengan bentuk genggam yang ringan
model digital.



Gambar 3.5. Stopwatch

3.3.2. Bahan

- a. Pipa yang digunakan adalah berbahan PVC dengan keterangan sebagai berikut.

Gambar 3.6.

- b. Diameter pipa *discharge* 0,0127 (m)
c. Diameter pipa *suction* 0,019 (m)
d. Panjang pipa *discharge* 0.50 (m)
e. Panjang pipa *suction* 0.50 (m)

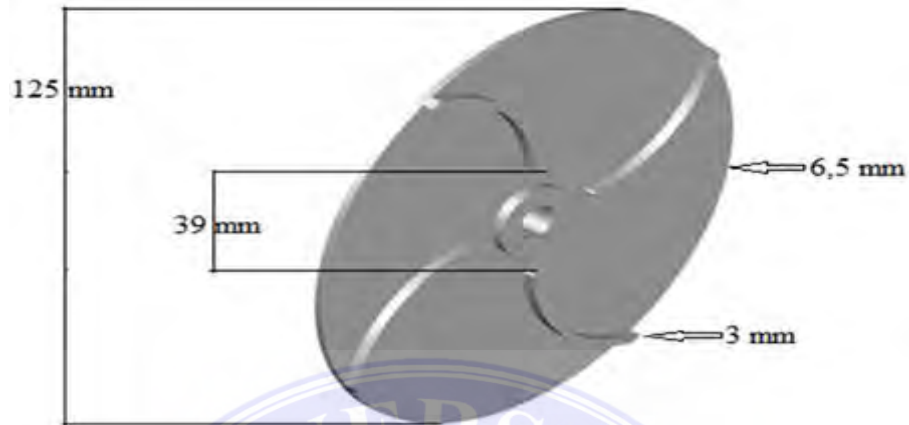


Gambar 3.6. Pipa PVC

- a. Impeller

Impeller yg digunakan pada penelitian ini ada tiga jenis yaitu; 4, 5 dan 6

Seperti design gambar 3.7 dan gambar 3.8 menggunakan bahan stainless steel. Gambar 3.9 dengan bahan kuningan.



Gambar 3.7. Impeller 4 sudu

Gambar 3.8 memperlihatkan bahwa impeler 5 sudu terpasang pada pompa sentrifugal terlihat pada gambar di bawah ini .



Gambar 3.8. Impeller 5 sudu

Gambar 3.9 memperlihatkan impeler dengan memiliki 6, 5 dan 4 sudu dengan menggunakan material pada sudu 6 menggunakan material kuningan, sudu 4 dan 5 menggunakan material stainless steel.



Gambar 3.9. Impeller 6, 5, 4 sudu

b. Air, berfungsi sebagai media utama untuk memindahkan air dari tempat terendah sampai ke tempat tertinggi menggunakan pompa.

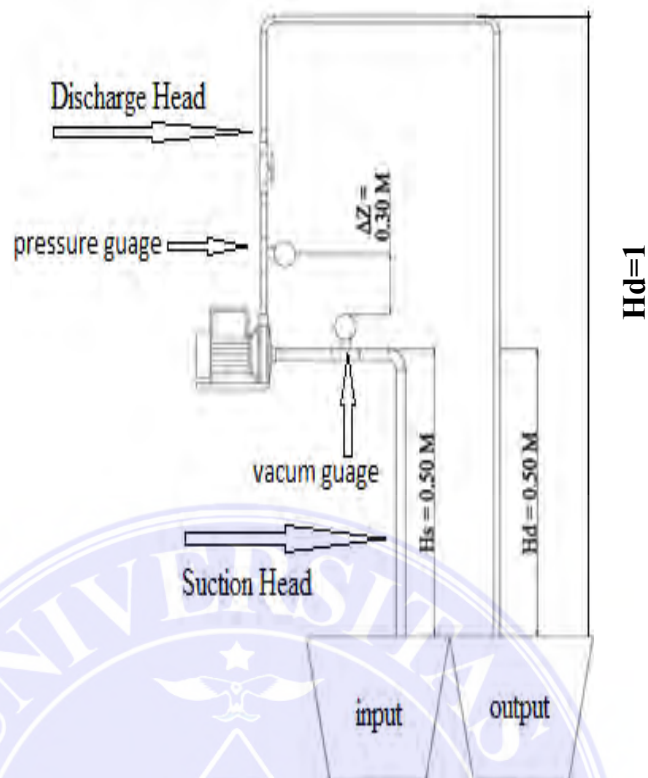
c. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah teknik eksperimen, yaitu mengumpulkan data dengan cara menguji atau mengukur objek yang diuji selanjutnya mencatat data-data yang diperlukan. Adapun beberapa parameter yang diuji adalah sebagai berikut yang selanjutnya dicatat hasil pengujiannya :

3.4. Set-Up Alat

Set-up alat adalah segala kegiatan yang perlu dilakukan terhadap mesin n sampai mesin tersebut bekerja dengan baik. Sebelum melakukan penelitian ini, terlebih dahulu peneliti memasang komponen-komponen yang terpisah. Cara pemasangan komponen sebagai berikut :

- a. Pemasangan pipa suction dan pipa discharge
- b. Pemasangan dudukan pompa
- c. Pemasangan impeller
- d. Pemasangan selang pada pipa discharge pada pompa sentrifugal.



Gambar 3.10. Sketsa Gambar Pompa Sentrifugal

Dimana gambar 3.10 terlihat pompa sentrifugal terpasang pada saat pengambilan data untuk mencari hasil dari penelitian skripsi.



Gambar 3.11. Set up alat

3.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan penulis untuk melakukan penelitian analisis pengaruh jumlah sudu pompa sentrifugal terhadap efisiensi pompa berikut adalah

3.5.1. Metode Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan membaca buku-buku penunjang lainnya mengenai pompa dan kompresor dasar.

3.5.2. Metode Studi Lapangan

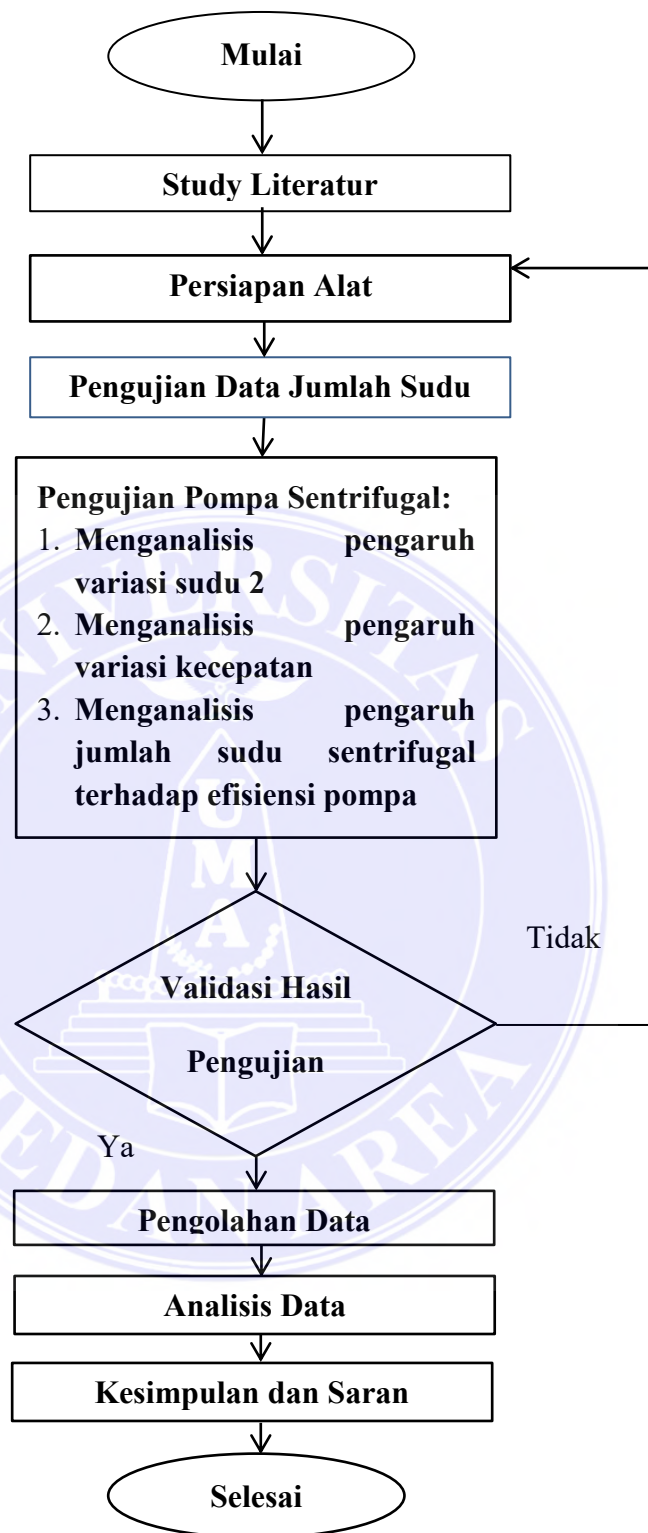
Metode ini dilakukan dengan pengamatan dan pengumpulan data yang diperlukan.

3.5.3. Metode Pengolahan dan Analisa Data

Metode ini dilakukan pengolahan data yang telah diperoleh penulis untuk menghitung nilai-nilai perbandingan jumlah sudu dan efisiensi pompa sentrifugal. Diagram alir dibawah ini menunjukkan langkah – langkah dalam menyelesaikan penelitian ini, sebagai berikut:

3.6. Diagram Alir Penelitian

Diagram dibawah ini menunjukkan langkah – langkah dalam menyelesaikan penelitian ini.



Gambar 3.12. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan terjadi penurunan terhadap kapasitas di karenakan jumlah sudu mempengaruhi debit air yang masuk melalui pipa suction

1. Pengaruh variasi sudu pompa terhadap Kapasitas debit air

$$\text{Sudu } 6 = 0,0005m^3/s$$

2. Dari nilai kapasitas yang di dapat sangat mempengaruhi, hal ini terjadi penurunan pada masing-masing sudu untuk kecepatan aliran suction dan discharge dengan nilai tertinggi 6 sudu $V_s = 1,7667 m/s$ dan $V_d = 3,9682 m/s$
3. Pada masing-masing sudu terjadi penurunan efisiensi pada masing-masing variasi sudu, semakin banyak jumlah sudu maka semakin besar daya hidraulik (Nh) karena efisiensi di pengaruhi oleh nilai daya hidraulik dan daya untuk efisiensi tertinggi pada jumlah Sudu 6 = 39,96 %

5.2. Saran

Dari kesimpulan di atas maka diperoleh 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. Untuk penelitian selanjutnya hendaknya menggunakan impeler dengan sudu lebih dari 6 dan berat impeler juga harus diketahui satu persatu

DAFTAR PUSTAKA

- Akhir, T. "JUMLAH SUDU DUA LOW-SPEED CENTRIFUGAL PUMP NUMBER BLADES TWO," 2011.
- Juniantoro, G. *Analisis Variasi Jumlah Sudu Impeller Terhadap Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal*. 2016.
- Kristiyono, A. E. and Gunarti, M. R. "TERHADAP KAPASITAS DAN EFISIENSI POMPA SENTRIFUGAL Oleh :," vol. 3, no. 1, pp. 26–34, 2018.
- Musyafa , A. A. and Siregar, I. H. "Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Pompa Sentrifugal," *Tek. Mesin, Univ. Negeri Surabaya*, vol. 03, pp. 136–144, 2015.
- Nasution, A. Nasution, M. and Rohim, M. "Analisa pengaruh sudut masuk terhadap jumlah sudu pada sudu pompa sentrifugal 1," vol. 4, no. 2, pp. 51–58, 2020.
- Okka, N. "Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 6, no. 1, 2014.
- Sholeh, M. "Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014 Yogyakarta, 15 November 2014 ISSN: 1979-911X," *Snast*, no. November, pp. 211–216, 2014.
- Sularso, "Pompa dan Kompresor," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2004 .
- S. Pendidikan *et al.*, "UJI EKSPERIMEN PENGARUH JUMLAH SUDU TORQUE FLOW IMPELLER TERHADAP KINERJA POMPA SENTRIFUGAL Erik Wahkidur Rohman Indra Herlamba Siregar Abstrak," pp. 145–151, 2010.