

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PUTARAN DAN JUMLAH SUDU TERHADAP KINERJA POMPA SENTRIFUGAL

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:
MIRZA PRASETYA WINATA
2107230192



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh :

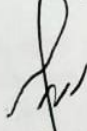
Nama : Mirza Prasetya Winata
NPM : 2107230192
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Putaran Dan Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 08 April 2026

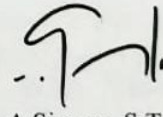
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



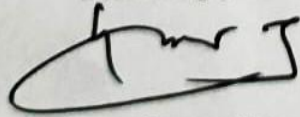
H. Muhanif, M. S.T., M. Sc

Dosen Penguji II



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Mirza Prasetya Winata
NPM : 2107230192
Tempat/Tanggal Lahir : Bulu Cina, 26 Mei 1993
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“PENGARUH VARIASI PUTARAN DAN JUMLAH SUDU TERHADAP KINERJA POMPA SENTRIFUGAL”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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

Medan, 08 April 2026


Mirza Prasetya Winata

ABSTRAK

Pompa sentrifugal merupakan salah satu mesin fluida yang banyak digunakan dalam sistem perpipaan dan industri. Kinerja pompa dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya kecepatan putar dan jumlah sudu impeler. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kecepatan putar dan jumlah sudu impeler terhadap kinerja pompa sentrifugal serta menentukan kondisi operasi yang optimal. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan variasi kecepatan putar 1418 rpm hingga 2868 rpm dan jumlah sudu impeler 3, 4, dan 5. Parameter yang dianalisis meliputi kapasitas, *head* total, daya hidrolis, daya listrik, dan efisiensi pompa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar menyebabkan kenaikan kapasitas, *head* total, dan daya hidrolis. Penambahan jumlah sudu juga meningkatkan *head* dan kapasitas, namun tidak selalu meningkatkan efisiensi akibat adanya kerugian energi (*losses*). Efisiensi tertinggi diperoleh pada putaran 2868 rpm sebesar 34,72% pada impeler 3 sudu. Selain itu, daya listrik tidak selalu meningkat seiring kenaikan kecepatan putar karena dipengaruhi oleh kondisi operasi dan sistem aliran. Dengan demikian, kondisi operasi optimal diperoleh pada putaran tinggi dengan mempertimbangkan keseimbangan antara *head*, kapasitas, dan efisiensi.

Kata kunci: pompa sentrifugal, kecepatan putar, jumlah sudu, efisiensi

ABSTRACT

Centrifugal pumps are widely used in piping systems and industrial applications. Pump performance is influenced by several factors, including rotational speed and the number of impeller blades. This study aims to analyze the effect of variations in rotational speed and the number of impeller blades on pump performance, as well as to determine the optimal operating condition. The research method used is experimental, with rotational speed variations from 1418 rpm to 2868 rpm and impeller blades of 3, 4, and 5. The parameters analyzed include capacity, total head, hydraulic power, electrical power, and pump efficiency. The results show that increasing rotational speed increases capacity, total head, and hydraulic power. Increasing the number of blades also increases head and capacity; however, it does not always increase efficiency due to energy losses. The highest efficiency was obtained at 2868 rpm, reaching 34.72% for the 3-blade impeller. In addition, electrical power does not always increase with higher rotational speed due to operating conditions and flow system characteristics. Therefore, optimal operating conditions are achieved at higher rotational speeds by considering the balance between head, capacity, and efficiency.

Keywords: centrifugal pumps, rotational speed, number of blades, efficiency

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul “Pengaruh Variasi Putaran Dan Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal”.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. selaku Ketua dan Bapak Marabdi Siregar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Dosen Teknik Mesin yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
6. Orang tua tercinta Bapak Sukemi dan Mamak Suriani yang telah merawat, membesarkan dan mendoakan anakmu sampai saat ini.
7. Istri dan anak anak tercinta Umma Siti Ririn Setianingsih dan Aya Sofya Winata serta M. El Barra Winata yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa terbaik.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Sukardi, S.T. yang telah memberikan semangat serta motivasi hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Sahabat-sahabat penulis: Rama Afrian, M.Dicky Pradana dan sahabat

seperjuangan lainnya yang tidak mungkin disebutkan namanya satu persatu.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 08 April 2026

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters and a horizontal line extending to the right.

Mirza Prasetya Winata

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	1
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	3
2.2 Pompa Sentrifugal	3
2.3 Impeler dan Pengaruh Jumlah Sudu	5
2.4 Parameter Kinerja Pompa Sentrifugal	5
2.4.1 Kapasitas Aliran	5
2.4.2 <i>Head</i> Total Pompa	6
2.4.3 Daya Hidrolis	8
2.4.4 Daya Listrik	8
2.4.5 Efisiensi Pompa dan Titik Kerja Optimum	9
2.5 Hukum Kesebangunan Pompa/Afinitas	9
2.6 Penentuan Putaran Pompa	10
2.7 Putaran Spesifik Pompa	11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.1.1 Tempat Penelitian	13
3.1.2 Waktu Penelitian	13
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	13
3.2.1 Bahan Penelitian	13
3.2.2 Alat Penelitian	15
3.3 Bagan Alir Penelitian	21
3.4 Rancangan Alat Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian	23
3.6 Variabel Penelitian	23
3.6.1 Variabel Bebas	23
3.6.2 Variabel Terikat	24
3.6.3 Variabel Kontrol	24
3.7 Identifikasi Impeler Standar	24
3.8 Pembuatan Variasi Sudu Impeler	25

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Pengujian	27
4.2	Data Hasil Perhitungan	28
4.2.1	Hasil Perhitungan Impeler dengan Jumlah Sudu 3	28
4.2.1.1	Kecepatan Putar (n) 2868 rpm	28
4.2.1.2	Kecepatan Putar (n) 2531 rpm	29
4.2.1.3	Kecepatan Putar (n) 2157 rpm	31
4.2.1.4	Kecepatan Putar (n) 1741 rpm	32
4.2.1.5	Kecepatan Putar (n) 1418 rpm	34
4.2.2	Hasil Perhitungan Impeler dengan Jumlah Sudu 4	35
4.2.2.1	Kecepatan Putar (n) 2868 rpm	35
4.2.2.2	Kecepatan Putar (n) 2531 rpm	37
4.2.2.3	Kecepatan Putar (n) 2157 rpm	38
4.2.2.4	Kecepatan Putar (n) 1741 rpm	40
4.2.2.5	Kecepatan Putar (n) 1418 rpm	41
4.2.3	Hasil Perhitungan Impeler dengan Jumlah Sudu 5	43
4.2.3.1	Kecepatan Putar (n) 2868 rpm	43
4.2.3.2	Kecepatan Putar (n) 2531 rpm	44
4.2.3.3	Kecepatan Putar (n) 2157 rpm	46
4.2.3.4	Kecepatan Putar (n) 1741 rpm	47
4.2.3.5	Kecepatan Putar (n) 1418 rpm	49
4.3	Karakteristik Kinerja Pompa	51
4.3.1	Hubungan antara Putaran (n) dan Head Total (H_t) pada berbagai jumlah sudu	51
4.3.2	Hubungan antara Putaran (n) dan Kapasitas (Q) pada berbagai jumlah sudu	52
4.3.3	Hubungan antara Putaran (n) dan Daya Hidrolis (Ph) pada berbagai jumlah sudu	53
4.3.4	Hubungan antara Putaran (n) dan Daya listrik (Pl) pada berbagai jumlah sudu	54
4.3.5	Hubungan antara Putaran (n) dan Efisiensi (η) pada berbagai jumlah sudu	55
4.4	Pengamatan Selama Pengujian	56

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57

DAFTAR PUSTAKA

Lampiran 1. Hasil Penelitian

Lampiran 2. Gambar Teknik

Lampiran 3. SK Pembimbing

Lampiran 4. Lembar Asistensi

Lampiran 5. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian

Lampiran 6. Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Putaran sinkron motor listrik	10
Tabel 3. 1 Waktu pelaksanaan pengujian	13
Tabel 3. 2 Geometri Impeler Standar	25
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian impeler sudu 3(standar),sudu 4 dan sudu 5	27
Tabel 4. 2 Data hasil perhitungan impeler sudu 3(standar),sudu 4 dan sudu 5	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pompa sentrifugal	4
Gambar 2. 2 Aliran fluida di dalam pompa sentrifugal	4
Gambar 2. 3 Kurva karakteristik pompa volut	4
Gambar 2. 4 Jenis-jenis impeler	5
Gambar 2. 5 Rotameter	6
Gambar 2. 6 Ilustrasi <i>Head</i> pompa	7
Gambar 2. 7 <i>ns</i> dan bentuk impeler	12
Gambar 3. 1 fluida uji	14
Gambar 3. 2 Filamen PLA+	14
Gambar 3. 3 Impeler uji dengan variasi jumlah sudu 3,4 dan 5	14
Gambar 3. 4 Pompa sentrifugal	15
Gambar 3. 5 Spesifikasi pompa	15
Gambar 3. 6 <i>Voltage Regulator</i>	15
Gambar 3. 7 <i>Digital Tachometer</i>	16
Gambar 3. 8 Wattmeter	16
Gambar 3. 9 Rotameter	17
Gambar 3. 10 Pipa PVC	18
Gambar 3. 11 Wadah penampung air	18
Gambar 3. 12 <i>Fitting</i> Pipa	18
Gambar 3. 13 <i>Pressure Gauge</i>	19
Gambar 3. 14 Software CAD Solidworks	19
Gambar 3. 15 Alat 3D Printer	20
Gambar 3. 16 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3. 17 Rancangan alat penelitian	22
Gambar 4. 1 Putaran (n) vs <i>Head</i> Total (H)	51
Gambar 4. 2 Putaran (n) vs Debit (Q)	52
Gambar 4. 3 Putaran (n) vs Daya Hidrolis (Ph)	53
Gambar 4. 4 Putaran (n) vs Daya listrik (Pl)	54
Gambar 4. 5 Putaran (n) vs efisiensi (η)	55

DAFTAR NOTASI

Q	= Debit aliran (m^3/s)
H_t	= <i>Head</i> total pompa (m)
P_d	= Tekanan pada sisi <i>discharge</i> (N/m^2 atau P_a)
P_s	= Tekanan pada sisi <i>suction</i> (N/m^2 atau P_a)
v_d	= Kecepatan fluida sisi <i>discharge</i> (m/s)
v_s	= Kecepatan fluida sisi <i>suction</i> (m/s)
z_d	= Ketinggian pada titik <i>discharge</i> (m)
z_s	= Ketinggian pada titik <i>suction</i> (m)
h_l	= Berbagai kerugian <i>head</i> di pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)
g	= Percepatan gravitasi (m/s^2)
ρ	= Massa jenis fluida (kg/m^3)
P_h	= Daya hidrolis (kw atau Hp)
γ	= Berat jenis fluida (N/m^3)
P_l	= daya listrik (Watt)
V	= Tegangan listrik (Volt)
I	= Arus Listrik (Ampere)
$\cos \varphi$	= Faktor daya
η_p	= Efisiensi pompa (%)
D	= Diameter impeler (m)
P	= Daya poros pompa (kw)
n	= Putaran pompa (rpm)
N_s	= Putaran sinkron motor (rpm)
f	= Frekuensi listrik (Hz)
P	= Jumlah kutub stator (pole)
N_p	= kecepatan putaran pompa (rpm)
d_m	= diameter poros motor (m)
N_m	= kecepatan putaran motor (rpm)
d_p	= diameter poros pompa (m)
n_s	= Putaran spesifik

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa sentrifugal merupakan salah satu mesin fluida yang banyak digunakan dalam sistem industri dan perpipaan untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lain, serta memiliki desain sederhana, biaya perawatan rendah, dan mampu menangani debit fluida yang besar.

Menurut (Sularso & Tahara, 2000), kinerja pompa sangat dipengaruhi oleh kecepatan putar dan karakteristik impeler. Berdasarkan hukum afinitas, perubahan kecepatan putar akan mempengaruhi kapasitas aliran, *head*, dan daya. Selain itu, jumlah sudu impeler dan sudut sudu juga berpengaruh terhadap pola aliran fluida dan *losses* dalam pompa. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa parameter tersebut berpengaruh terhadap kinerja pompa, namun dilakukan pada variasi kondisi yang berbeda. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi putaran dan jumlah sudu terhadap kinerja pompa sentrifugal.

Kinerja pompa yang diteliti mencakup *head* total, kapasitas aliran, daya pompa, dan efisiensi pompa yang dianalisis melalui pengujian eksperimental.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putar terhadap *head* total, kapasitas, daya dan efisiensi pompa sentrifugal?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah sudu impeler terhadap *head* total, kapasitas, daya dan efisiensi pompa sentrifugal?
3. Kombinasi kecepatan putar dan jumlah sudu impeler mana yang menghasilkan kinerja pompa sentrifugal optimal?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini, ruang lingkup dibatasi pada beberapa aspek berikut:

1. Pengujian kecepatan putar ditentukan dengan cara menjalankan putaran maksimal dan minimal pada impeler 3 sudu standar, kemudian dibagi

menjadi lima variasi *rpm*, yaitu 2868 *rpm*, 2531 *rpm*, 2157 *rpm*, 1741 *rpm* dan 1418 *rpm* . Variasi *rpm* ini jugalah yang nanti akan digunakan pada impeler 4 sudu dan impeler 5 sudu.

2. Penelitian ini menggunakan tiga variasi impeler yang memiliki sudut keluar yang sama 21° dan jumlah sudu impeler yang berbeda yaitu impeler 3 sudu (standart), 4 sudu dan 5 sudu.
3. Tidak memperhitungkan *losses*.
4. Parameter kinerja yang dianalisis meliputi *head* total, debit, daya dan efisiensi pompa.
5. Pengujian dilakukan dalam skala prototipe dan menggunakan air bersih pada tekanan atmosfer dengan kondisi ruangan, yaitu sekitar 25°C dengan toleransi $\pm 2^\circ\text{C}$.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi kecepatan putar terhadap *head* total, kapasitas, daya dan efisiensi pompa sentrifugal.
2. Menganalisis pengaruh variasi jumlah sudu impeler terhadap *head* total, kapasitas, daya dan efisiensi pompa sentrifugal.
3. Menentukan kombinasi kecepatan putar dan jumlah sudu impeler yang paling optimal terhadap performa pompa.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan data percobaan yang dapat menjadi acuan dalam memahami pengaruh kecepatan putar dan jumlah sudu terhadap kinerja pompa sentrifugal.
2. Menjadi referensi bagi peneliti dan praktisi dalam memilih pengaturan impeler yang sesuai berdasarkan hubungan antara putaran dan jumlah sudu.
3. Memberikan rekomendasi kombinasi putaran dan jumlah sudu yang paling optimal untuk mendukung perancangan dan pengoperasian pompa di industri.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja pompa sentrifugal, berbagai penelitian telah dilakukan. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar motor dapat meningkatkan efisiensi dan daya motor, dengan efisiensi tertinggi sebesar 14,1% yang dicapai pada debit 35 liter/menit dan kecepatan putar 2730 rpm. (Siti zahara Nuryanti dan Ratih Diah Andayani, 2019).

Penelitian lainnya oleh (Chakraborty et al., 2012) menggunakan pendekatan numerik dengan metode CFD untuk menganalisis variasi jumlah sudu impeler dan kecepatan putar yang berfokus pada efisiensi pompa. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar menyebabkan kenaikan *head* dan efisiensi pompa, serta *head* juga meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sudu impeler.

Selain itu, desain sudu impeler memiliki peran penting dalam meningkatkan tekanan fluida melalui variasi kecepatan dan gaya yang ditransfer oleh impeler yang berputar di dalam casing. Faktor utama yang memengaruhi efisiensi adalah desain impeler, termasuk jumlah sudunya. (Iskandar et al., 2021).

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, diketahui bahwa peningkatan kecepatan putar dan variasi jumlah sudu impeler berpengaruh terhadap kinerja pompa sentrifugal dan umumnya menunjukkan kesesuaian dengan teori yang ada. Namun, penelitian tersebut dilakukan pada kondisi dan variasi parameter yang berbeda, sehingga masih diperlukan pengujian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar dan jumlah sudu impeler terhadap kinerja pompa.

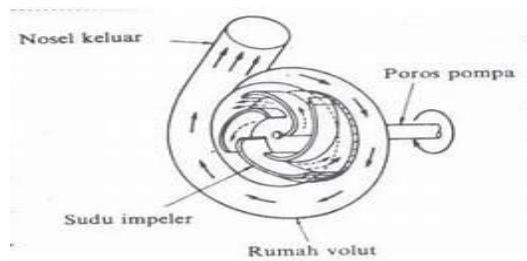
2.2 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan perangkat mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan fluida inkompresibel (yang tidak dapat dimampatkan) dari satu lokasi ke lokasi lainnya, baik dari tempat dengan ketinggian rendah ke tempat tinggi atau dari tekanan rendah ke tekanan tinggi. (Siregar & Damanik, 2020).



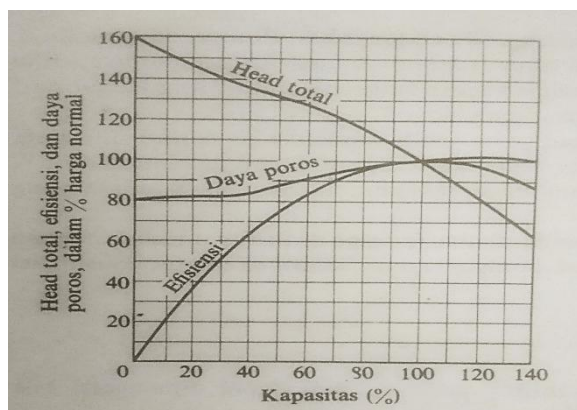
Gambar 2. 1 Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal bekerja dengan memanfaatkan gaya sentrifugal untuk mengubah energi mekanik menjadi energi kinetik pada fluida. Fluida bergerak dari pusat Impeler ke bagian luar, sehingga tekanan meningkat.



Gambar 2. 2 Aliran fluida di dalam pompa sentrifugal
(Sumber: Sularso, 1985, *Pompa dan Kompresor*, hal. 4)

Karakteristik pompa sentrifugal dapat digambarkan dalam kurva karakteristik yang menggambarkan hubungan antara besarnya *head* total, daya poros dan efisiensi pompa terhadap kapasitas seperti yang terlihat pada gambar berikut ini:

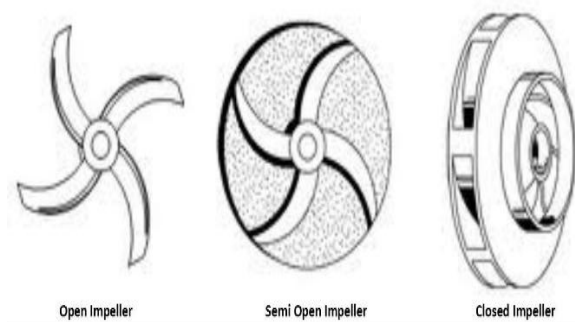


Gambar 2. 3 Kurva karakteristik pompa volut
(Sumber: Sularso, 1985, *Pompa dan Kompresor*, hal. 10)

2.3 Impeler dan Pengaruh Jumlah Sudu

Impeler merupakan komponen utama dalam pompa sentrifugal yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dengan memberikan energi kinetik. Jenis impeler yang umum digunakan meliputi:

1. Impeler Tertutup (*Closed Impeler*): Memiliki cakram di kedua sisi sudu, efisiensi lebih tinggi tetapi lebih sulit dalam perawatan.
2. Impeler Setengah Terbuka (*Semi-Open Impeler*): Kombinasi antara impeler tertutup dan terbuka, digunakan untuk fluida dengan viskositas tinggi.
3. Impeler Terbuka (*Open Impeler*): Tidak memiliki cakram penutup, cocok untuk fluida dengan partikel besar, tetapi efisiensinya lebih rendah.



Gambar 2. 4 Jenis-jenis impeler

Jumlah sudu impeler dapat mempengaruhi pola aliran pada fluida, slip aliran, serta kerugian hidrolis di dalam pompa.

Pada buku (Stepanoff Alexey J, 1948) menyatakan bahwa jumlah sudu yang terlalu sedikit menyebabkan slip aliran, sedangkan jumlah sudu yang terlalu banyak dapat meningkatkan kerugian akibat gesekan. Oleh karena itu, diperlukan jumlah sudu yang optimal untuk memperoleh kinerja pompa yang efisien.

2.4 Parameter Kinerja Pompa Sentrifugal

2.4.1 Kapasitas Aliran

Kapasitas aliran (Q) adalah jumlah volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang per satuan waktu. Parameter ini menunjukkan seberapa banyak fluida yang mengalir dalam sistem seperti pipa atau pompa.

Dalam sistem yang ideal, kapasitas dianggap konstan sesuai dengan hukum kontinuitas. Namun dalam kenyataannya, kapasitas bisa berubah karena pengaruh

luas penampang, gesekan, belokan, katup, dan perbedaan ketinggian yang menyebabkan kehilangan energi.

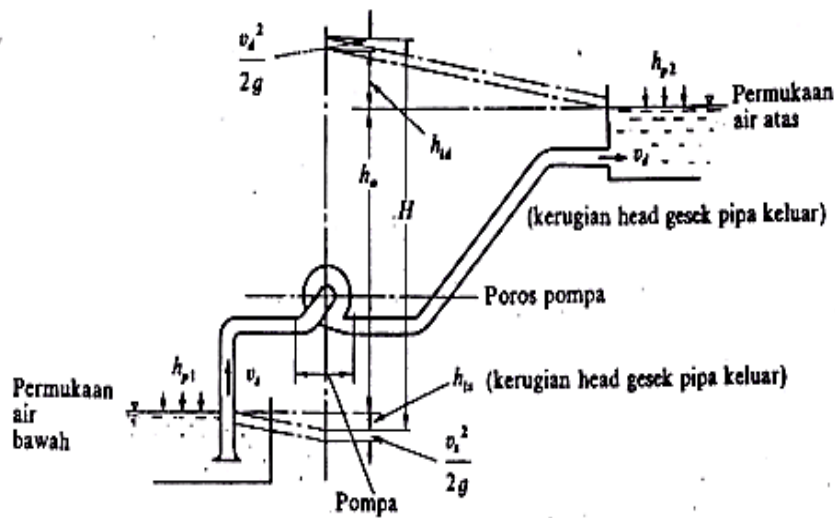
Dalam penelitian ini pengukuran kapasitas langsung menggunakan rotameter yang dipasang secara vertikal pada sisi *discharge* pompa. Rotameter terdiri dari tabung transparan berbentuk kerucut dan sebuah pelampung di dalamnya. Prinsip kerjanya adalah ketika fluida mengalir dari bawah ke atas, pelampung terdorong hingga mencapai posisi seimbang antara gaya dorong fluida dan gaya gravitasi. Ketinggian pelampung pada tabung kemudian menunjukkan besarnya debit aliran yang dapat dibaca langsung pada skala yang tertera dalam satuan GPM atau LPM di rotameter.



Gambar 2. 5 Rotameter

2.4.2 *Head* Total Pompa

Sebelum memilih pompa, penting untuk menentukan kapasitas aliran dan *head* yang dibutuhkan. *Head* merupakan energi untuk mendorong fluida dalam sistem yang biasanya diukur dalam satuan panjang. Nilainya bisa berbeda di setiap bagian sistem, tetapi dalam kenyataannya selalu ada kehilangan energi selama proses aliran. *Head* total pompa yang dibutuhkan untuk memenuhi kapasitas aliran ditentukan oleh karakteristik instalasi yang digunakan.



Gambar 2. 6 Ilustrasi *Head* pompa

(Sumber: Sularso, 1985, *Pompa dan Kompresor*, hal. 27)

Seperti diperlihatkan pada gambar 2.6, *head* total pompa dapat ditulis sebagai berikut:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s) + h_l \quad (2.1)$$

Catatan :

Dikarenakan pada penelitian ini tidak memperhitungkan *losses*, persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s) \quad (2.2)$$

Dimana:

$H_t =$ *Head* total pompa (m)

$\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} =$ Tekanan antara sisi *discharge* dan *suction* (N/m^2 atau P_d)

$\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} =$ Kecepatan fluida antara sisi *discharge* dan *suction* (m/s)

$z_d - z_s =$ Perbedaan ketinggian antara titik *discharge* dan *suction* (m)

$h_l =$ Berbagai kerugian *head* di pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m),

$h_l = h_{l1} + h_{l2}$

$\rho_{air} =$ Massa jenis fluida (kg/m^3)

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

2.4.3 Daya Hidrolis

Energi yang secara efektif diterima oleh air dari pompa per satuan waktu akibat perbedaan tekanan dan ketinggian, serta laju aliran fluida disebut daya hidrolis, yang dapat ditulis sebagai berikut :

1. Jika nilai berat jenis fluida yang diketahui:

$$P_h = \gamma Q H_t \quad (2.3)$$

Atau,

2. Jika nilai massa jenis fluida dan percepatan gravitasi yang diketahui:

$$P_h = \rho_{air} g Q H_t \quad (2.4)$$

Dimana :

P_h = Daya hidrolis (*Kw atau Hp*)

γ = Berat jenis fluida (N/m^3)

ρ_{air} = Massa jenis fluida (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

Q = Debit aliran (m^3/min atau m^3/s)

H_t = *Head* total pompa (m)

2.4.4 Daya Listrik

Daya listrik adalah laju aliran energi listrik yang digunakan atau dihasilkan dalam suatu rangkaian. Secara umum, daya listrik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_l = V \cdot I \quad (2.5)$$

Dimana:

P_l = daya listrik (*Watt*)

V = Tegangan listrik (*Volt*)

I = Arus Listrik (*Ampere*)

Untuk sistem arus bolak balik (*AC*) yang memperhitungkan faktor daya ($\cos \varphi$) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_l = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2.6)$$

Dimana: $\cos \varphi$ = Faktor daya

Pada penelitian ini, daya listrik (P_l) diukur langsung menggunakan wattmeter yang ditunjukkan pada gambar 3.8.

2.4.5 Efisiensi Pompa dan Titik Kerja Optimum

Efisiensi pompa merupakan perbandingan antara daya hidrolis yang dihasilkan pompa dengan daya yang diserap oleh pompa. Setiap pompa sentrifugal memiliki titik kerja tertentu di mana efisiensi mencapai nilai maksimum.

Menurut (Gulich, 2020) titik kerja optimum pompa merupakan kondisi operasi di mana efisiensi pompa mencapai nilai maksimum. Pada kondisi ini, aliran fluida di dalam pompa berlangsung lebih stabil dan kerugian energi relatif kecil, sehingga pemanfaatan daya menjadi lebih efektif. Persamaan efisiensi pompa adalah:

$$\eta_p = \frac{P_h}{P_l} \times 100 \% \quad (2.7)$$

Dimana:

P_h = Daya hidrolis (*Kw* atau *Hp*)

P_l = Daya listrik (*Watt*)

η_p = Efisiensi pompa (%)

2.5 Hukum Kesebangunan Pompa/Afinitas

Menurut (Sularso & Tahara, 2000) apabila terdapat dua pompa sentrifugal yang geometris sebangun dan dioperasikan pada kondisi aliran yang sebangun, maka berlaku hubungan kesebangunan antara debit, head, dan daya sebagaimana dinyatakan dalam hukum kesebangunan pompa sebagai berikut:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.8)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \quad (2.9)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3} \quad (2.10)$$

Dimana: Q = Kapasitas aliran (m^3/s)

H = *Head* total pompa (m)

P = Daya poros pompa (kw)

n = Putaran pompa (rpm)

Dalam penelitian ini, Hukum ini digunakan sebagai dasar teoritis dalam menganalisis hubungan antara kecepatan putar dengan debit, head, dan daya pompa pada hasil penelitian.

2.6 Penentuan Putaran Pompa

Dalam menentukan putaran pompa, terlebih dahulu ditentukan putaran motor penggerak dan hubungan antar motor penggerak dan pompa. Motor penggerak yang menggunakan motor listrik. Jadi, besarnya putaran motor listrik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} \quad (2.11)$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Dimana:

N_s = Putaran sinkron motor (*rpm*)

f = Frekuensi listrik (*Hz*)

P = Jumlah kutub stator (*pole*)

Berikut ini adalah tabel hubungan putaran motor dengan jumlah kutub dengan besar frekuensi untuk indonesia 50 Hz:

Tabel 2. 1 Putaran sinkron motor listrik

Jumlah Kutub (P)	Putaran Sinkron Motor (<i>rpm</i>)
2	3000
4	1500
6	1000
8	750
10	600
12	500

(Sumber: Sularso & Haruo Tahara, 1985, *Pompa dan Kompresor*, hal. 50)

Dan untuk menentukan putaran pompa yaitu:

a. Jika hubungan motor penggerak dan pompa seporos

$$n_p = N_m - (N_m \times \text{Slip}) \quad (2.12)$$

Faktor slip diijinkan = (1% – 2%)

b. Jika hubungan motor penggerak dan pompa tidak seporos

Maksudnya, poros motor terhubung dengan poros pompa menggunakan:

- Roda gigi
- Sambungan Rantai /Sabuk

Misalnya dengan sambungan rantai/sabuk, persamaannya yaitu:

$$N_p = N_m \times \frac{d_m}{d_p} \quad (2.13)$$

Dimana:

N_p = kecepatan putaran pompa (*rpm*)

d_m = diameter poros motor (*m*)

N_m = kecepatan putaran motor (*rpm*)

d_p = diameter poros pompa (*m*)

2.7 Putaran Spesifik Pompa

Putaran spesifik (n_s) adalah besaran yang dapat digunakan untuk pemilihan jenis pompa, dan harganya dapat ditentukan sesuai persamaan:

$$n_s = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (2.14)$$

Dimana:

n = Putaran pompa (*rpm*)

n_s = Putaran spesifik

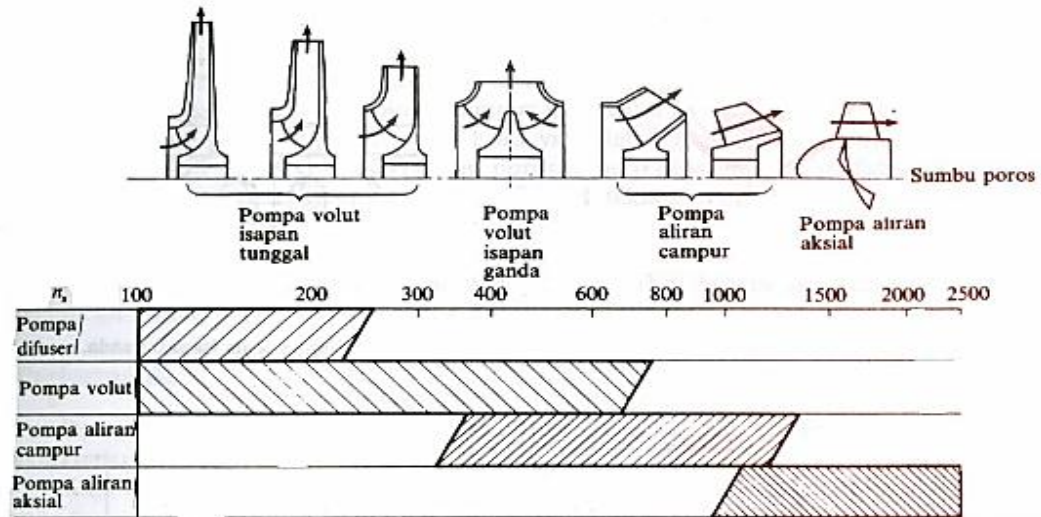
Q = Kapasitas/debit aliran (m^3 /menit)

H = *Head* total (*m*)

Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa pompa dengan *head* total yang tinggi dan kapasitas aliran yang kecil cenderung mempunyai harga n_s yang kecil. Sebaliknya dengan *head* total yang rendah dan kapasitas aliran yang besar, harga n_s pompa akan menjadi besar. Selanjutnya, apabila kapasitas aliran dan *head* total tetap sama, harga n_s akan berubah jika putaran n berubah. Dalam hal ini n_s akan bertambah besar jika putaran n menjadi lebih tinggi. Gambar 2.7 memperlihatkan harga n_s dalam hubungannya dengan bentuk impeler yang bersangkutan. Di sini juga diperlihatkan jenis pompa yang sesuai dengan harga n_s yang ada. Jika harga n_s kecil, impeler akan berjenis sentrifugal (*radial*). Lebar

saluran di dalam impeler akan bertambah besar jika harga n_s bertambah besar. Bila n_s bertambah lebih lanjut, maka akan dicapai bentuk aliran campur.

Di sini aliran melalui impeler akan mempunyai arah diagonal (menyudut) terhadap sumbu poros. Jika n_s diperbesar lagi maka aliran akan berarah aksial atau sejajar dengan sumbu poros.



Gambar 2. 7 n_s dan bentuk impeler

(Sumber: Sularso & Haruo Tahara, 1985, *Pompa dan Kompresor*, hal. 7)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Berikut ini adalah tempat dan waktu penelitian yang dilakukan pada pengaruh variasi putaran dan jumlah sudu terhadap kinerja pompa sentrifugal.

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan di rumah peneliti di Kompleks Bumi Miraj Permai Jl. H Hasan Umar dusun 2 desa selemak, Hampanan perak, Deli Serdang, Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing, dan terlihat pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Waktu pelaksanaan pengujian

No	Kegiatan	Bulan (2024-2026)												
		10	5	6	7	8	9	10	11	12	04			
1	Pengajuan Judul	■												
2	Studi Literatur		■											
3	Pembuatan Proposal		■											
4	Seminar Proposal			■										
5	Persiapan Bahan			■	■									
6	Pembuatan Alat				■	■								
7	Pengujian Alat					■								
8	Analisa data							■						
9	Penyusunan Laporan								■					
10	Bimbingan dan Perbaikan		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11	Seminar hasil										■			
12	Ujian Tugas Akhir												■	

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Berikut ini adalah bahan yang digunakan dalam penelitian :

1. Air sebagai fluida uji

Fluida yang digunakan ialah air bersih dengan suhu ruangan $\pm 25^{\circ}\text{C}$ untuk menguji kinerja pompa.



Gambar 3. 1 fluida uji

2. Filamen PLA+

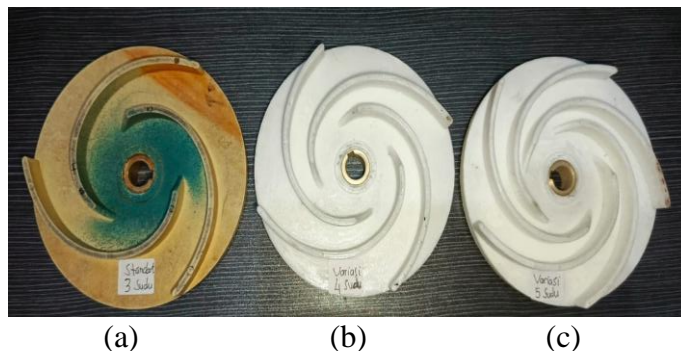
Filamen PLA+ dipilih sebagai material pencetakan variasi impeler karena mudah dicetak dengan 3D printer dan memiliki biaya ekonomis, sehingga mendukung penelitian eksperimental.



Gambar 3. 2 Filamen PLA+

3. Impeler Uji

Impeler yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 variasi jumlah sudu impeler dengan sudut keluar sudu (β_2) yang sama yaitu 21° dari impeler standar pompa yang berjumlah (a) 3 sudu, serta variasi sudu impeler yang berjumlah (b) 4 sudu dan (c) 5 sudu yang dibuat menggunakan filamen PLA+ melalui proses 3D Printing. Sedangkan material impeler standar pompa diduga terbuat dari *Noryl/PPO* atau *Polypropylene*.



Gambar 3. 3 Impeler uji dengan variasi jumlah sudu 3,4 dan 5

3.2.2 Alat Penelitian

Berikut ini adalah bahan yang digunakan dalam penelitian :

1. Pompa Sentrifugal

Digunakan sebagai alat uji coba variasi putaran dan jumlah sudu yang telah di variasikan dan untuk memompakan air dari sisi isap ke sisi keluar. Dalam pengujian ini menggunakan pompa sentrifugal berdaya motor 1.5 Hp.



Gambar 3. 4 Pompa sentrifugal

Spesifikasi teknis dari pompa sentrifugal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5

SAN-EI® SE-401A	
POMPA AIR	
Tegangan: 220V	Tinggi Dorong : 9 M
Frekuensi: 50 HZ	Tinggi Total Maks:17 M
Daya Masukan:1100 W	Pipa:1-1/2"x1-1/2"
Daya Keluaran:400 W	Kelas Insulasi Lilitan:B
Kapasitas Air: 340 L/min	Kapasitor: 20 µF/450V
Tinggi Hisap Maks: 8 M	Suhu Cairan Maks:35°C

KAN 5N1
KOMITE AKREDITASI
NABORPAL
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI,
INFORMATIKA DAN KOMUNIKASI
LSP-013-2011
NRP 113-027-192989

NEGARA PRODUKSI : INDONESIA

Gambar 3. 5 Spesifikasi pompa

2. Voltage Regulator

Merupakan alat untuk mengatur dan menstabilkan tegangan listrik sehingga dapat mengendalikan variasi putaran motor pompa sentrifugal.



Gambar 3. 6 Voltage Regulator

3. Digital Tachometer

Digital tachometer adalah alat ukur elektronik yang digunakan untuk mengetahui kecepatan putaran (*rpm – revolutions per minute*) suatu poros atau benda berputar.



Gambar 3. 7 *Digital Tachometer*

Spesifikasi *Digital Tachometer*:

- Layar: LCD 16 mm
- Ketepatan: $\pm(0.05\%+5)$
- Jarak efektif: 50 mm - 500 mm
- Ukuran : 157 mm×64 mm×31 mm
- Konsumsi daya: < 40 mA
- Rentang pengukuran: Kecepatan fotolistrik (Non - kontak) 10 – 99999 *rpm*
- Resolusi kecepatan : 0,1 *rpm* (untuk rentang 2,5 – 999,99 *rpm*)
1 *rpm* (untuk rentang di atas 1000 *rpm*)

4. Wattmeter

Merupakan alat ukur listrik yang berfungsi mengukur besarnya daya aktif yang dikonsumsi beban, dalam hal ini motor penggerak pompa, dengan hasil pengukuran ditampilkan dalam satuan Watt (*W*) atau kilowatt (*Kw*). Prinsip kerjanya didasarkan pada interaksi antara gulungan arus dan gulungan tegangan.



Gambar 3. 8 Wattmeter

Spesifikasi Wattmeter:

- Konsumsi daya sendiri: 0,5 W
- Tegangan operasi: 230 V AC, 50 Hz
- Arus maksimum: 16 A
- Rentang frekuensi: 0 – 9999 Hz
- Rentang waktu pengukuran: 0 detik – 9999 hari
- Rentang energi (kWh): 0,000 – 9999 kWh
- Rentang biaya listrik: 0,00 – 9999 (Cost/kWh)
- Rentang tegangan terukur: 0 – 250 V
- Rentang daya terukur: 0 – 3680 W
- Rentang arus terukur: 0,000 – 16,000 A
- Jenis colokan: 2-pin EU plug
- Dilengkapi indikator fungsi

5. Rotameter

Rotameter digunakan untuk mengukur debit aliran fluida dalam penelitian ini.

Berikut rotameter yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 3. 9 Rotameter

Spesifikasi Rotameter:

- Rentang pengukuran debit: 0 – 350 liter/menit
- Diameter pipa: 1½ inci
- Material tabung: kaca akrilik transparan (*acrylic tube*)
- Indikator: pelampung (*float*) berbahan stainless steel

6. Pipa PVC

Penelitian ini menggunakan pipa PVC berukuran 1 ½ inci sebagai jalur utama perpipaan untuk menyalurkan fluida dari pompa sentrifugal.



Gambar 3. 10 Pipa PVC

7. Wadah Penampung Air

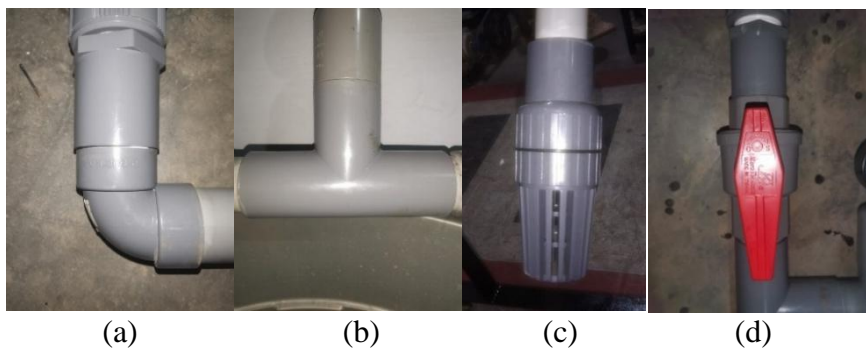
Wadah ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan sekaligus sirkulasi fluida kerja selama proses penelitian, serta digunakan sebagai reservoir yang menjamin ketersediaan fluida pada sistem perpipaan pompa sentrifugal.



Gambar 3. 11 Wadah penampung air

8. *Fitting* Pipa

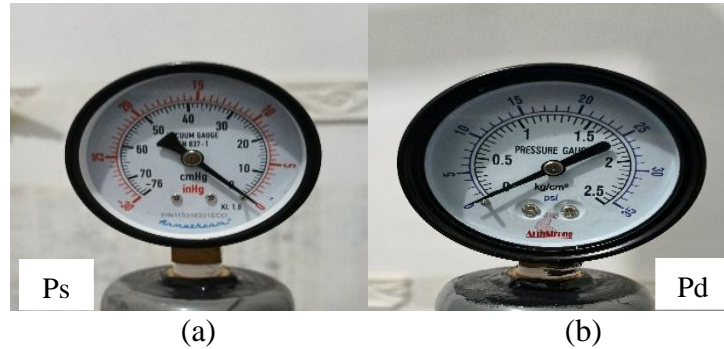
Dalam sistem perpipaan, fitting digunakan untuk menyambung pipa, mengubah arah, dan mengatur aliran. Beberapa komponen yang dipakai antara lain (a) elbow, (b) *tee*, (c) *foot valve*, serta (d) katup (*valve*) agar aliran fluida sesuai dengan keperluan penelitian.



Gambar 3. 12 *Fitting* Pipa

9. Alat Ukur Tekanan

Alat ukur berupa *vacuum pressure gauge* (a) dan *pressure gauge* (b) dipakai untuk mengetahui tekanan negatif fluida di sisi hisap/suction pompa (a) dan tekanan positif fluida di sisi tekan/discharge pompa (b).



Gambar 3. 13 Alat Ukur Tekanan

Spesifikasi *Vacuum Gauge* dan *Pressure Gauge*

a. *Vacuum Pressure Gauge*

- Skala ukur: -30 sampai 0 inHg (-76 cmHg sampai 0)
- Diameter dial: 2,5 inci
- Jenis: *Bourdon tube gauge*

b. *Pressure Gauge*

- Skala ukur: $0 - 2,5$ kg/cm² ($0 - 35$ psi)
- Diameter dial: 2,5 inci
- Jenis: *Bourdon tube gauge*

10. SolidWorks

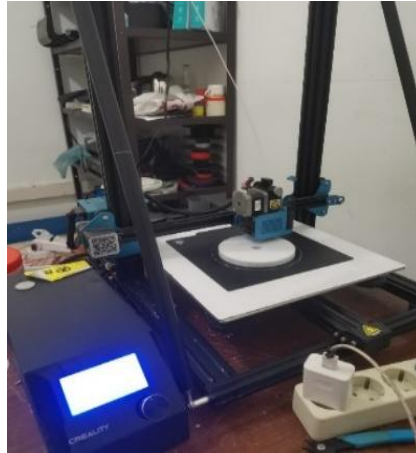
SolidWorks merupakan software CAD parametrik yang dapat digunakan untuk mendesain dan memodelkan objek 2D dan 3D. Dalam penelitian ini, perangkat lunak tersebut digunakan untuk membuat desain impeler berdasarkan parameter hasil perhitungan rancangan.



Gambar 3. 14 Software CAD Solidworks

11. 3D Printer

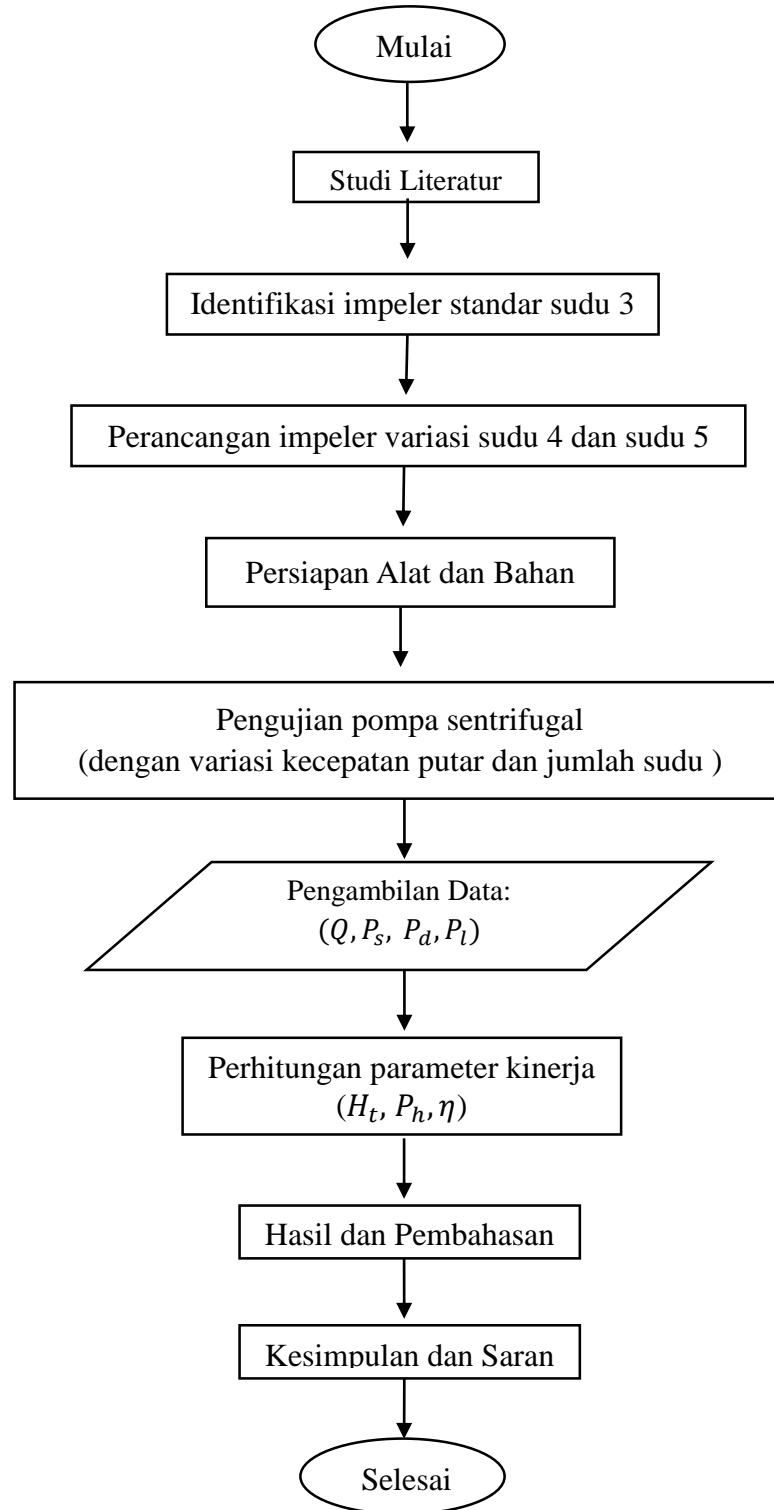
Alat 3D printer digunakan untuk mencetak variasi jumlah sudu impeler berbahan PLA+ sesuai desain CAD, sehingga hasilnya siap dipakai dalam pengujian kinerja pompa.



Gambar 3. 15 Alat 3D Printer

3.3 Bagan Alir Penelitian

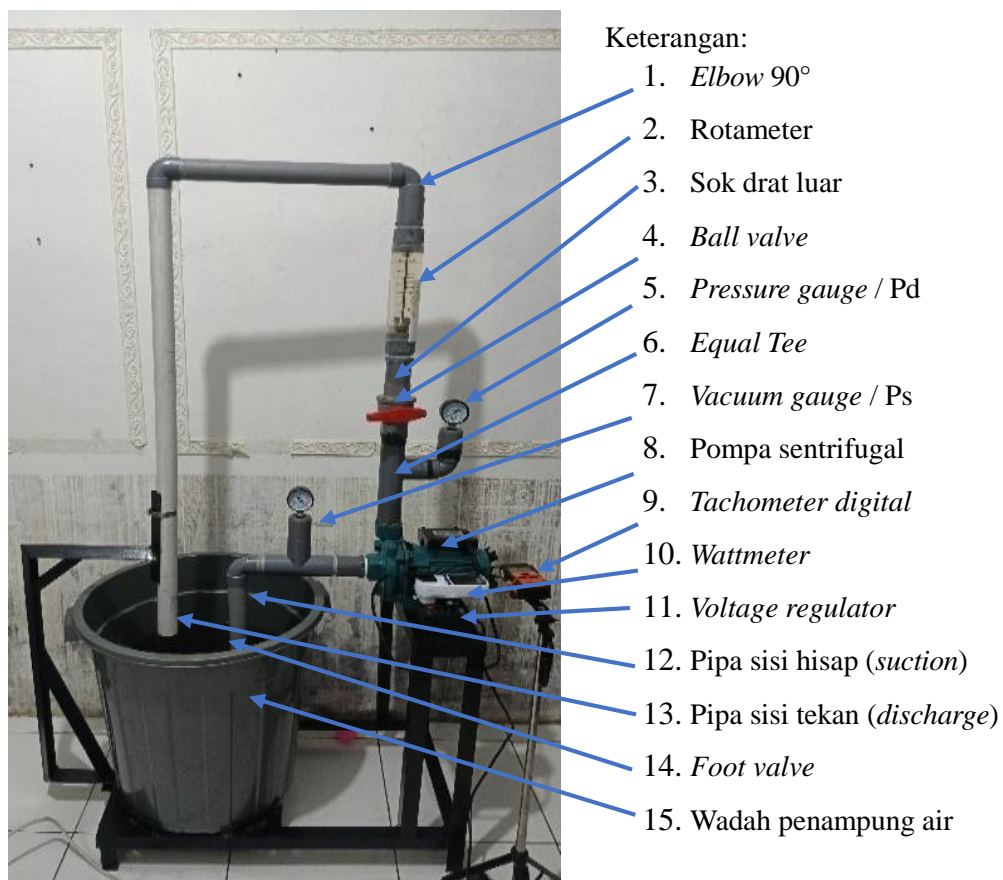
Berikut ini adalah bagan alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar skematik di bawah ini :



Gambar 3. 16 Diagram Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Rancangan alat penelitian ini dibuat untuk menganalisis pengaruh variasi putaran dan jumlah sudu terhadap kinerja pompa sentrifugal. Sistem pengujian dirancang sederhana dengan menjaga beberapa kondisi tetap, yaitu penggunaan fluida berupa air bersih pada tekanan atmosfer dan pipa dengan diameter yang sama. Karena fokus penelitian ini adalah kinerja pompa, sementara sistem perpipaan dibuat tetap pada seluruh variasi pengujian, maka kerugian tekanan (*losses*) pada pipa dianggap konstan dan telah tercakup dalam nilai head aktual yang terukur.



Gambar 3. 17 Rancangan alat penelitian

Impeler yang digunakan terdiri dari 3 variasi jumlah sudu yaitu 3 sudu (standar), 4 sudu dan 5 sudu serta tidak merubah nilai sudut keluar sudu (β_2) yaitu 21° dan nilai parameter lainnya dari impeler standar yang telah ditunjukkan pada gambar 3.3.

3.5 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa prosedur yang dilakukan, yaitu:

1. Mengidentifikasi bentuk serta dimensi impeler standar sebagai referensi awal.
2. Merancang dan membuat impeler variasi jumlah sudu 4 dan 5 tanpa merubah nilai parameter dari impeler standar.
3. Mempersiapkan serta merakit alat dan bahan untuk sistem pengujian pompa.
4. Menentukan kecepatan putar dengan cara menjalankan putaran maksimal dan minimal pada impeler 3 sudu (standar), kemudian dibagi menjadi lima variasi *rpm*, yaitu 2868 *rpm*, 2531 *rpm*, 2157 *rpm*, 1741 *rpm* dan 1418 *rpm*. Variasi *rpm* ini jugalah yang akan digunakan pada impeler 4 sudu dan impeler 5 sudu.
5. Mencatat hasil pengujian berupa debit, tekanan *suction*, tekanan *discharge* dan daya listrik pada setiap variasi pengujian.
6. Menghitung parameter kinerja pompa: *head* total, daya hidrolis, dan efisiensi berdasarkan hasil pengujian.
7. Menjelaskan dan membandingkan data dengan membuat grafik berbasis kecepatan putar (n) $n-H$, $n-Q$, $n-P_h$, $n-P_l$, $n-\eta$ untuk tiap impeler.
8. Menarik kesimpulan dari hasil pembahasan dan memberikan saran.

3.6 Variabel Penelitian

Berdasarkan hubungannya, variabel digolongkan menjadi tiga jenis yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol yang memastikan hasil penelitian tetap valid.

3.6.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel penelitian yang nilainya ditentukan atau diatur untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel terikat. Dalam penelitian ini, variabel bebasnya yaitu:

1. Kecepatan putar pompa (*rpm*)
2. Impeler uji dengan variasi jumlah sudu impeler

3.6.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas dan digunakan untuk mengukur dampak dari perubahan variabel tersebut. Dalam penelitian ini, variabel terikatnya yaitu:

1. *Head* total (H_t)
2. Kapasitas aliran (Q)
3. Daya hidrolisis (P_h)
4. Daya listrik (P_l)
5. Efisiensi pompa (η)

3.6.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dipertahankan tetap selama penelitian untuk memastikan bahwa pengaruh yang diamati hanya berasal dari variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel kontrolnya yaitu:

1. Pompa sentrifugal
2. Jenis fluida yang digunakan air
3. Diameter pipa

3.7 Identifikasi Impeler Standar

Identifikasi geometri impeler standar dilakukan untuk menentukan parameter utama sudu, yaitu sudut masuk (β_1) dan sudut keluar (β_2). Data tersebut dijadikan acuan dalam perancangan variasi impeler, di mana perubahan hanya dilakukan pada jumlah sudu, sedangkan parameter lainnya tetap dipertahankan. Proses identifikasi dilakukan dengan metode *tangent arcs*, yaitu membentuk garis lengkung (*arc*) yang saling menyinggung (*tangent*) pada titik-titik tertentu untuk memperoleh profil sudu impeler dengan bantuan ceplakan (*tracing*) sudu melalui tahapan berikut:

1. Sudu impeler diolesi tinta lalu dibuat ceplakan pada kertas untuk memperoleh bentuk aslinya.
2. Selanjutnya, buat lingkaran konsentris dari radius masuk (R_1) hingga radius keluar (R_2) berdasarkan ceplakan tersebut.
3. Melakukan pendekatan jalur sudu menggunakan metode *tangent arcs*, yaitu melukis busur lingkaran dengan jari-jari tertentu (ρ) pada tiap lingkaran konsentris sehingga terbentuk kurva sudu.

4. Data jari-jari busur (ρ) disusun dalam tabel untuk memudahkan verifikasi.
5. Bentuk sudu yang diperoleh digambar ulang dengan perangkat lunak CAD (SolidWorks) dan dibandingkan dengan ceplakan asli guna memastikan kesesuaian bentuk.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa impeler standar memiliki sudut masuk (β_1) sebesar 12° dan sudut keluar (β_2) sebesar 21° . Dalam penelitian ini, perubahan hanya dilakukan pada jumlah sudu, sedangkan parameter lainnya tetap dipertahankan sama pada semua impeler uji dengan variasi jumlah sudu 3, 4 dan 5. Bukti berupa ceplakan sudu dan hasil pemodelan SolidWorks ditampilkan pada Lampiran 1 Gambar 1–3.

3.8 Pembuatan Variasi Sudu Impeler

Pembuatan variasi sudu impeler dilakukan untuk menghasilkan jumlah sudu yang berbeda dari impeler standar, sehingga dapat dianalisis pengaruhnya terhadap kinerja pompa sentrifugal. Acuan utama pembuatan adalah hasil identifikasi impeler standar yang mencakup diameter dalam (mata impeler), diameter luar, serta sudut masuk dan sudut keluar sudu.

Data dasar geometri impeler standar ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Geometri Impeler Standar

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Diameter dalam impeler	D_1	42,10	mm
Diameter luar impeler	D_2	120	mm
Sudut masuk sudu	β_1	12	$^\circ$
Sudut keluar sudu	β_2	21	$^\circ$

Berdasarkan data tersebut, variasi jumlah sudu dibuat tanpa mengubah parameter lain. Pembuatan variasi jumlah sudu impeler dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Tahap awal dilakukan dengan menggambar jalur sudu menggunakan metode *tangent arcs* yang menyinggung garis radial pada bagian inlet dan outlet sesuai dengan sudut masuk dan sudut keluar yang telah ditentukan.

Selanjutnya, jalur sudu tersebut diperbanyak secara merata mengelilingi pusat impeler menggunakan fitur *circular pattern* untuk memperoleh jumlah sudu sesuai dengan variasi yang diinginkan.

Penggunaan fitur *circular pattern* memberikan keuntungan dalam menjaga keseragaman sudu, mempercepat proses permodelan, serta meminimalkan kesalahan geometri akibat penggambaran manual. Berdasarkan proses tersebut, diperoleh tiga model impeler uji, yaitu impeler standar dengan jumlah sudu 3, serta dua impeler variasi dengan jumlah sudu 4 dan 5.

Model impeler yang sudah divariasikan selanjutnya dijadikan acuan dalam proses pencetakan menggunakan 3D printer dengan material filamen PLA+. Gambar teknik detail dari hasil perancangan variasi sudu impeler dapat dilihat pada Lampiran 2.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan pada tiga variasi impeler dengan jumlah sudu 3(standar), sudu 4 dan sudu 5 pada kondisi kecepatan putar (2868 rpm, 2531 rpm, 2157 rpm, 1741 rpm dan 1418 rpm). Dari setiap kondisi kecepatan putar dan variasi impeler, data pengujian diperoleh secara aktual menggunakan alat ukur masing-masing meliputi tekanan hisap (P_s), tekanan buang (P_d), kapasitas aktual (Q), serta parameter kelistrikan berupa tegangan (V_l), arus (I), dan daya listrik (P_l). Data ini kemudian menjadi dasar dalam perhitungan head total, daya hidrolis(P_h), dan efisiensi pompa pada tahap berikutnya. Hasil pengujian impeler dengan jumlah sudu 3(standar), sudu 4 dan sudu 5 ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data hasil pengujian impeler sudu 3(standar),sudu 4 dan sudu 5

N (rpm)	Sudu	Q (LPM)	P_s (cmHg)	P_d (psi)	P_l (Watt)	V_l (V)	I (A)
2868	3	210	-36	4	860,5	219,1	4,588
	4	220	-39	4	965	218,8	4,493
	5	230	-42	4,3	1069	221,1	4,926
2531	3	180	-28	3,2	925,8	216	6,814
	4	190	-30	3,2	1057	215,6	7,299
	5	200	-34	3,9	1150	220,8	7,405
2157	3	150	-21	2,8	921,5	215,5	7,478
	4	160	-23	3	1073	218,6	8,154
	5	170	-25	3	1133	219,4	8,175
1741	3	125	-15	2	843,1	214,2	7,573
	4	130	-16	2	951,9	220,2	7,953
	5	137	-17	2,2	1068	216,9	8,702
1418	3	70	-7	3	660,2	217,2	6,845
	4	76	-8	3	808,3	221,4	7,700
	5	85	-8	3	851,8	217,2	7,763

Hasil pengujian pada ketiga variasi impeler dengan jumlah sudu 3, 4, dan 5 menunjukkan adanya perbedaan nilai kapasitas aliran (Q), tekanan hisap (P_s), tekanan buang (P_d), serta daya listrik (P_l) yang terukur. Selain itu, nilai tegangan (V_l) dan arus listrik (I) juga bervariasi pada setiap kondisi putaran (n). Perbedaan ini mengindikasikan adanya pengaruh variasi jumlah sudu impeler terhadap karakteristik kinerja pompa, yang akan dianalisis lebih lanjut pada sub bab 4.2.

4.2 Data Hasil Perhitungan

Berdasarkan data hasil pengujian pada masing-masing variasi impeler, dilakukan perhitungan parameter kinerja pompa yang meliputi *head* total (H_t), daya hidrolis (P_h), dan efisiensi pompa (η). Perhitungan dilakukan untuk lima kondisi kecepatan putar (2868 rpm, 2531 rpm, 2157 rpm, 1741 rpm, 1418 rpm) pada setiap variasi jumlah sudu 3, 4 dan 5.

4.2.1 Hasil Perhitungan Impeler dengan Jumlah Sudu 3

4.2.1.1 Kecepatan Putar (n) 2868 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 210 \text{ LPM}$$

$$P_s = -36 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 4 \text{ psi}$$

$$P_l = 860,5 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

- Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ } 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

- Konversi satuan:

- Debit Aliran (Q):

$$Q = 210 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,0035 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-36 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -47996,0604 \text{ N/m}^2$$

- Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 4 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 27579,04 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. Head Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. Head Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada head kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan head total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{27579,04 \text{ N/m}^2 - (-47996,0604 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 8,73 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,0035 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,73 \text{ m} = 298,74 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{298,74 \text{ watt}}{860,5 \text{ watt}} \cdot 100\% = 34,72 \%$$

4.2.1.2 Kecepatan Putar (n) 2531 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 180 \text{ LPM}$$

$$P_s = -28 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 3,2 \text{ psi}$$

$$P_l = 925,8 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

- Asumsi:

$$\rho_{air} 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

- Konversi satuan:

- Debit Aliran (Q):

$$Q = 180 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-28 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -37330,2692 \text{ N/m}^2$$

- Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 3,2 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 22063,232 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada *head* kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{22063,232 \text{ N/m}^2 - (-37330,2692 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 7,07 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,003 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 7,07 \text{ m} = 207,52 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{207,52 \text{ watt}}{925,8 \text{ watt}} \cdot 100\% = 22,42 \%$$

4.2.1.3 Kecepatan Putar (n) 2157 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 150 \text{ LPM}$$

$$P_s = -21 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 2,8 \text{ psi}$$

$$P_l = 921,5 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

• Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ 25}^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

• Konversi satuan:

• Debit Aliran (Q):

$$Q = 150 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,0025 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-21 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -27997,7019 \text{ N/m}^2$$

• Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 2,8 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 19305,328 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. Head Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. Head Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada head kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan head total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{19305,328 \text{ N/m}^2 - (-27997,7019 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 5,84 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,0025 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 5,84 \text{ m} = 142,71 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{142,71 \text{ watt}}{921,5 \text{ watt}} \cdot 100\% = 15,49\%$$

4.2.1.4 Kecepatan Putar (n) 1741 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 125 \text{ LPM}$$

$$P_s = -15 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 2 \text{ psi}$$

$$P_l = 843,1 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

- Asumsi:

$$\rho_{air} 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

- Konversi satuan:

- Debit Aliran (Q):

$$Q = 125 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,002083333 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-15 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -19998,3585 \text{ N/m}^2$$

- Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 2 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 13789,52 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada *head* kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{13789,52 \text{ N/m}^2 - (-19998,3585 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 4,45 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,002083333 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,45 \text{ m} = 90,77 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{90,77 \text{ watt}}{843,1 \text{ watt}} \cdot 100\% = 10,77 \%$$

4.2.1.5 Kecepatan Putar (n) 1418 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 70 \text{ LPM}$$

$$P_s = -7 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 3 \text{ psi}$$

$$P_l = 660,2 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

• Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ 25}^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

• Konversi satuan:

• Debit Aliran (Q):

$$Q = 70 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,001166667 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-7 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -9332,5673 \text{ N/m}^2$$

• Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 3 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 20684,28 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada *head* kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{20684,28 \text{ N/m}^2 - (-9332,5673 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 4,07 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,001166667 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,07 \text{ m} = 46,43 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{46,43 \text{ watt}}{660,2 \text{ watt}} \cdot 100\% = 7,03 \%$$

4.2.2 Hasil Perhitungan Impeler dengan Jumlah Sudu 4

4.2.2.1 Kecepatan Putar (n) 2868 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 220 \text{ LPM}$$

$$P_s = -39 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 4 \text{ psi}$$

$$P_l = 965 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

- Asumsi:

$$\rho_{air} 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

- Konversi satuan:

- Debit Aliran (Q):

$$Q = 220 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,003666667 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-39 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -51995,7321 \text{ N/m}^2$$

- Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 4 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 27579,04 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada *head* kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{27579,04 \text{ N/m}^2 - (-51995,7321 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 9,14 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,003666667 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 9,14 \text{ m} = 327,64 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{327,64 \text{ watt}}{965 \text{ watt}} \cdot 100\% = 33,95 \%$$

4.2.2.2 Kecepatan Putar (n) 2531 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 190 \text{ LPM}$$

$$P_s = -30 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 3,2 \text{ psi}$$

$$P_l = 1057 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

• Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ 25}^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

• Konversi satuan:

• Debit Aliran (Q):

$$Q = 190 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,003166667 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Tekanan Suction (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-30 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -39996,717 \text{ N/m}^2$$

• Tekanan Discharge (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 3,2 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 22063,232 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada *head* kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{22063,232 \text{ N/m}^2 - (-39996,717 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 7,35 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,003166667 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 7,35 \text{ m} = 227,49 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{227,49 \text{ watt}}{1057 \text{ watt}} \cdot 100\% = 21,52 \%$$

4.2.2.3 Kecepatan Putar (n) 2157 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 160 \text{ LPM}$$

$$P_s = -23 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 3 \text{ psi}$$

$$P_l = 1073 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

- Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ } 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

- Konversi satuan:

- Debit Aliran (Q):

$$Q = 160 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,002666667 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-23 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -30664,1497 \text{ N/m}^2$$

- Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 3 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 20684,28 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada *head* kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{20684,28 \text{ N/m}^2 - (-30664,1497 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 6,25 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,002666667 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 6,25 \text{ m} = 163,01 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{163,01 \text{ watt}}{1073 \text{ watt}} \cdot 100\% = 15,19 \%$$

4.2.2.4 Kecepatan Putar (n) 1741 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 130 \text{ LPM}$$

$$P_s = -16 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 2 \text{ psi}$$

$$P_l = 951,9 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

• Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ } 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

• Konversi satuan:

• Debit Aliran (Q):

$$Q = 130 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,002166667 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-16 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -21331,5824 \text{ N/m}^2$$

• Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 2 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 13789,52 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. Head Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. Head Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada head kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan head total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{13789,52 \text{ N/m}^2 - (-21331,5824 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 4,59 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,002166667 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,59 \text{ m} = 97,29 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{97,29 \text{ watt}}{951,9 \text{ watt}} \cdot 100\% = 10,22 \%$$

4.2.2.5 Kecepatan Putar (n) 1418 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 76 \text{ LPM}$$

$$P_s = -8 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 3 \text{ psi}$$

$$P_l = 808,3 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

- Asumsi:

$$\rho_{air} 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

- Konversi satuan:

- Debit Aliran (Q):

$$Q = 76 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,001266667 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-8 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -10665,7912 \text{ N/m}^2$$

- Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 3 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 20684,28 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada *head* kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{20684,28 \text{ N/m}^2 - (-10665,7912 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 4,21 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,001266667 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,21 \text{ m} = 52,10 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{52,10 \text{ watt}}{808,3 \text{ watt}} \cdot 100\% = 6,45 \%$$

4.2.3 Hasil Perhitungan Impeler dengan Jumlah Sudu 5

4.2.3.1 Kecepatan Putar (n) 2868 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 230 \text{ LPM}$$

$$P_s = -42 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 4,3 \text{ psi}$$

$$P_l = 1069 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

• Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ 25}^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

• Konversi satuan:

• Debit Aliran (Q):

$$Q = 230 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,003833333 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-42 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -55995,4038 \text{ N/m}^2$$

• Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 4,3 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 29647,468 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. Head Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. Head Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada head kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{29647,468 \text{ N/m}^2 - (-55995,4038 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 9,76 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,003833333 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 9,76 \text{ m} = 365,79 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{365,79 \text{ watt}}{1069 \text{ watt}} \cdot 100\% = 34,22 \%$$

4.2.3.2 Kecepatan Putar (n) 2531 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 200 \text{ LPM}$$

$$P_s = -34 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 3,9 \text{ psi}$$

$$P_l = 1150 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

- Asumsi:

$$\rho_{air} 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

- Konversi satuan:

- Debit Aliran (Q):

$$Q = 200 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,003333333 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-34 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -45329,6126 \text{ N/m}^2$$

- Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 3,9 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 26889,564 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada head kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan head total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{26889,564 \text{ N/m}^2 - (-45329,6126 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 8,38 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,003333333 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,38 \text{ m} = 273,33 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{273,33 \text{ watt}}{1150 \text{ watt}} \cdot 100\% = 23,77\%$$

4.2.3.3 Kecepatan Putar (n) 2157 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 170 \text{ LPM}$$

$$P_s = -25 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 3 \text{ psi}$$

$$P_l = 1133 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

• Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ } 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

• Konversi satuan:

• Debit Aliran (Q):

$$Q = 170 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,002833333 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-25 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -33330,5975 \text{ N/m}^2$$

• Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 3 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 20684,28 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada head kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{20684,28 \text{ N/m}^2 - (-33330,5975 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 6,52 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,002833333 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 6,52 \text{ m} = 180,75 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{180,75 \text{ watt}}{1133 \text{ watt}} \cdot 100\% = 15,95\%$$

4.2.3.4 Kecepatan Putar (n) 1741 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 137 \text{ LPM}$$

$$P_s = -17 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 2,2 \text{ psi}$$

$$P_l = 1068 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

• Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ 25}^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

- Konversi satuan:
- Debit Aliran (Q):

$$Q = 137 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,002283333 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-17 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -22664,8063 \text{ N/m}^2$$

- Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 2,2 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 15168,472 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada head kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{15168,472 \text{ N/m}^2 - (-22664,8063 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 4,87 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,002283333 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,87 \text{ m} = 108,72 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{108,72 \text{ watt}}{1068 \text{ watt}} \cdot 100\% = 10,18 \%$$

4.2.3.5 Kecepatan Putar (n) 1418 rpm

Diketahui data pengujian:

$$Q = 85 \text{ LPM}$$

$$P_s = -8 \text{ cmHg}$$

$$P_d = 3 \text{ psi}$$

$$P_l = 851,8 \text{ watt}$$

$$z_s = 0,36 \text{ m}$$

$$z_d = 1,36 \text{ m}$$

• Asumsi:

$$\rho_{air} \text{ } 25^\circ\text{C} = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

• Konversi satuan:

• Debit Aliran (Q):

$$Q = 85 \text{ LPM} \cdot \frac{1}{1000 \text{ m}^3} \cdot \frac{1}{60 \text{ s}} = 0,001416667 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Tekanan *Suction* (P_s):

$$1 \text{ cmHg} = 1333,2239 \text{ N/m}^2$$

$$P_s = (-8 \text{ cmHg} \cdot 1333,2239 \text{ N/m}^2) = -10665,7912 \text{ N/m}^2$$

• Tekanan *Discharge* (P_d):

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 3 \text{ psi} \cdot 6894,76 \text{ N/m}^2 = 20684,28 \text{ N/m}^2$$

Ditanya:

1. *Head* Total (H_t)
2. Daya Hidrolis (P_h)
3. Efisiensi pompa (η_p)

Jawaban:

1. *Head* Total (H_t)

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + (z_d - z_s)$$

Pada *head* kecepatan $v_d^2 = v_s^2 = 0$, dikarenakan diameter pipa sisi *suction* dan *discharge* sama, maka dianggap sama atau tak bernilai. Persamaan *head* total menjadi:

$$H_t = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho_{air} g} \right) + (z_d - z_s)$$

$$H_t = \left(\frac{20684,28 \text{ N/m}^2 - (-10665,7912 \text{ N/m}^2)}{997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \right) + (1,36 \text{ m} - 0,36 \text{ m})$$

$$H_t = 4,21 \text{ m}$$

2. Daya Hidrolis (P_h):

$$P_h = \rho_{air} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

$$P_h = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,001416667 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,21 \text{ m} = 58,27 \text{ watt}$$

3. Efisiensi pompa (η_{pompa}):

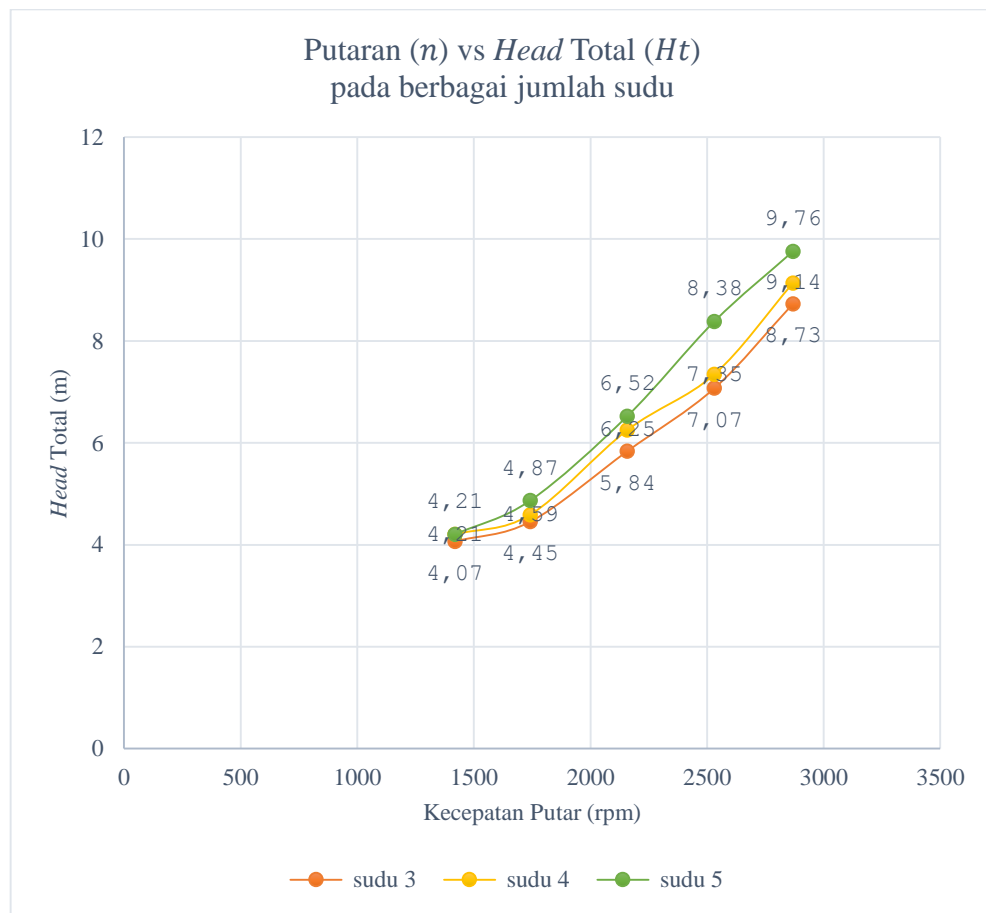
$$\eta_{pompa} = \frac{P_h}{P_l} \cdot 100\% = \frac{58,27 \text{ watt}}{851,8 \text{ watt}} \cdot 100\% = 6,84 \%$$

Tabel 4. 2 Data hasil perhitungan impeler sudu 3(standar),sudu 4 dan sudu 5

n (rpm)	Sudu	Q (LPM)	H_t (m)	P_h (watt)	P_l (watt)	η (%)
2868	3	210	8,73	298,75	860,5	34,72
	4	220	9,14	327,64	965	33,95
	5	230	9,76	365,79	1069	34,22
2531	3	180	7,07	207,52	925,8	22,42
	4	190	7,35	227,50	1057	21,52
	5	200	8,38	273,33	1150	23,77
2157	3	150	5,84	142,71	921,5	15,49
	4	160	6,25	163,01	1073	15,19
	5	170	6,52	180,75	1133	15,95
1741	3	125	4,45	87,50	843,1	10,38
	4	130	4,59	97,29	951,9	10,22
	5	137	4,87	103,71	1068	9,71
1418	3	70	4,07	46,43	660,2	7,03
	4	76	4,21	52,10	808,3	6,45
	5	85	4,21	58,27	851,8	6,84

4.3 Karakteristik Kinerja Pompa

4.3.1 Hubungan antara Putaran (n) dan Head Total (H_t) pada berbagai jumlah sudu



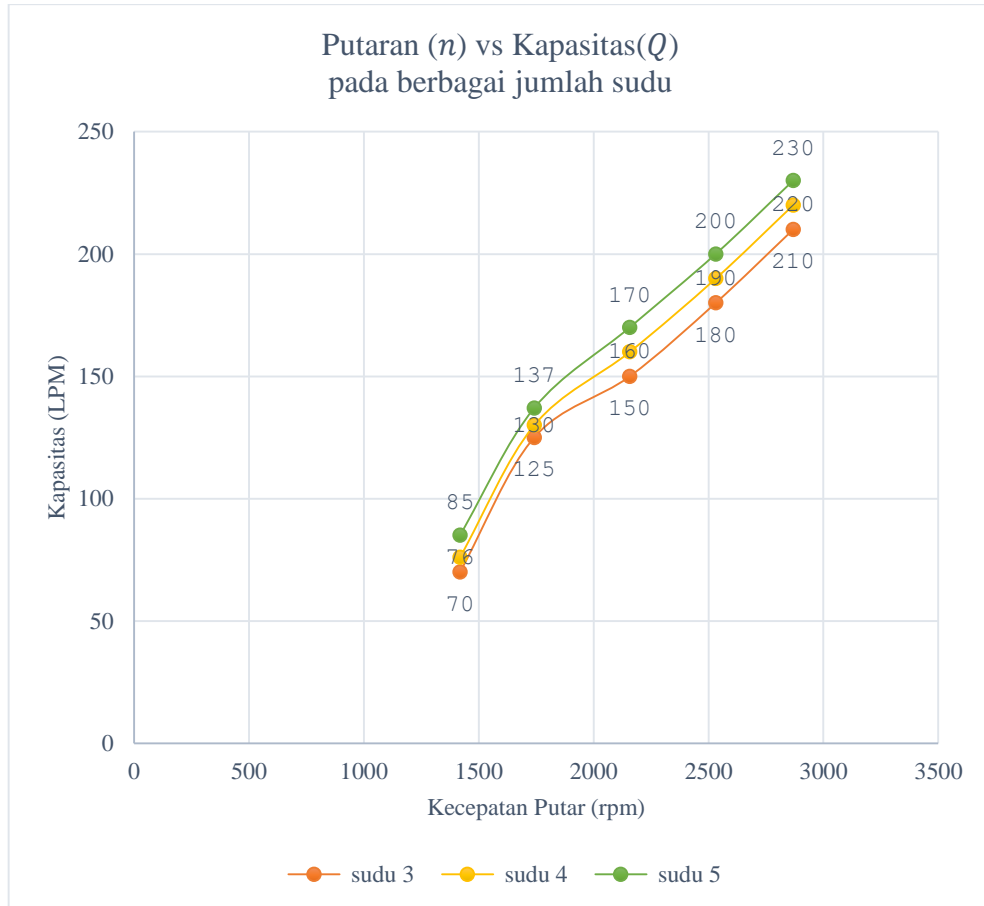
Gambar 4. 1 Putaran (n) vs Head Total (H_t)

Berdasarkan grafik hasil pengujian, dapat dilihat bahwa *head* total meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putar pompa pada setiap jumlah sudunya. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar menyebabkan energi yang diberikan oleh impeler kepada fluida semakin besar, sehingga tekanan yang dihasilkan pompa juga meningkat. Pada penelitian (Siti zahara Nuryanti, Ratih Diah Andayani, 2019), *head* total meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putar pompa, dimana pada kecepatan maksimum 2730 rpm menghasilkan *head* total 10,8 m. Sedangkan pada penelitian ini *head* maksimum sebesar 9,76 m untuk jumlah sudu 5.

Hal ini sejalan dengan penjelasan (Karassik et al., 2001) yang menyatakan bahwa pada pompa sentrifugal, peningkatan kecepatan putar impeler akan meningkatkan energi spesifik fluida, sehingga *head* pompa yang dihasilkan

cenderung meningkat. Dan diperkuat juga dalam (Sularso & Tahara, 2000) bahwa peningkatan kecepatan putar berbanding lurus dengan kenaikan *head* pompa sesuai hukum afinitas.

4.3.2 Hubungan antara Putaran (n) dan Kapasitas (Q) pada berbagai jumlah sudu



Gambar 4. 2 Putaran (n) vs Kapasitas (Q)

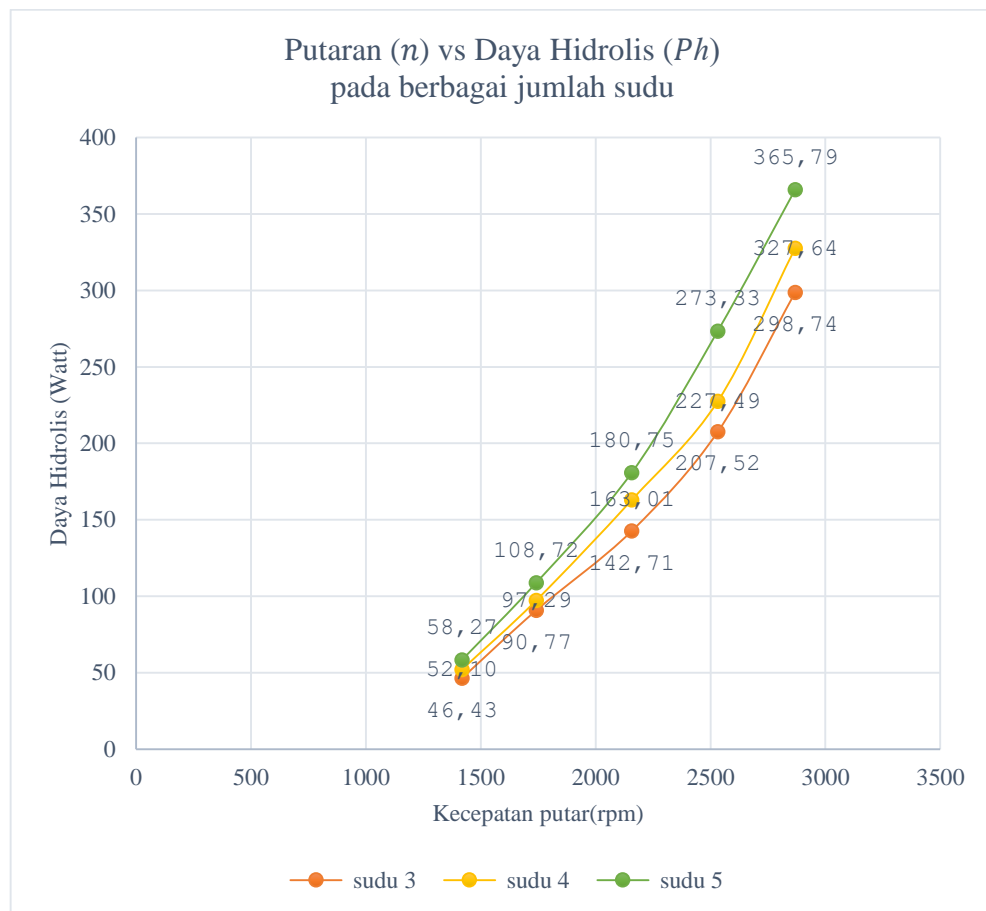
Berdasarkan grafik hasil pengujian, dapat dilihat bahwa kapasitas aliran meningkat ketika kecepatan putar pompa dinaikkan. Kondisi ini terjadi karena fluida terdorong keluar dari impeler dengan kecepatan yang lebih tinggi, sehingga laju aliran yang dihasilkan pompa semakin besar. Dan penggunaan jumlah sudu yang lebih banyak (5 sudu) menghasilkan kapasitas yang lebih besar dibandingkan 3 dan 4 sudu pada putaran yang sama karena luas arah aliran yang lebih optimal.

Pada penelitian (Siti zahara Nuryanti, Ratih Diah Andayani, 2019), kapasitas meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putar pompa, dimana pada

kecepatan maksimum 2730 rpm menghasilkan debit 40 Lpm. Sedangkan pada penelitian ini kapasitas maksimum sebesar 230 Lpm untuk jumlah sudu 5.

Menurut (Karassik et al., 2001), pada pompa sentrifugal dengan diameter impeler tetap, kapasitas aliran berbanding lurus dengan kecepatan putar pompa.

4.3.3 Hubungan antara Putaran (n) dan Daya Hidrolis (P_h) pada berbagai jumlah sudu



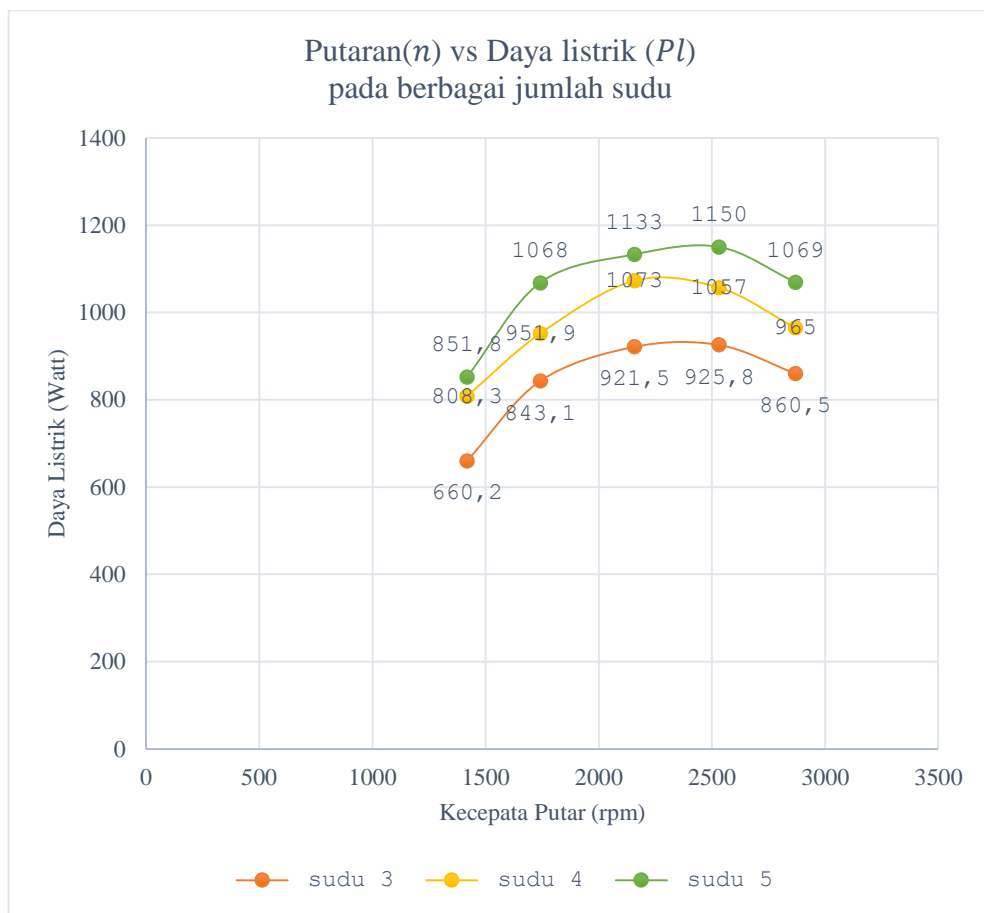
Gambar 4. 3 Putaran (n) vs Daya Hidrolis (P_h)

Berdasarkan grafik hasil pengujian, dapat dilihat bahwa daya hidrolis pompa meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putar. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kapasitas aliran dan *head* total yang dihasilkan pompa, sehingga energi yang disalurkan ke fluida juga semakin besar. Dan penambahan jumlah sudu juga menyebabkan peningkatan daya poros karena luas permukaan gesek antara fluida dan sudu yang semakin besar. Pada penelitian (Siti zahara Nuryanti, Ratih Diah Andayani, 2019), daya hidrolis meningkat seiring dengan bertambahnya

kecepatan putar pompa, dimana pada kecepatan maksimum 2730 rpm menghasilkan daya hidrolis sebesar 64,9 watt. Sedangkan pada penelitian ini daya hidrolis maksimum sebesar 365,79 watt untuk jumlah sudu 5.

Peningkatan daya hidrolis pada grafik sejalan dengan teori yang dikemukakan (Gülich, 2020), bahwa daya hidrolis pompa dipengaruhi oleh kapasitas aliran dan *head* total yang dihasilkan.

4.3.4 Hubungan antara Putaran (n) dan Daya listrik (P_l) pada berbagai jumlah sudu



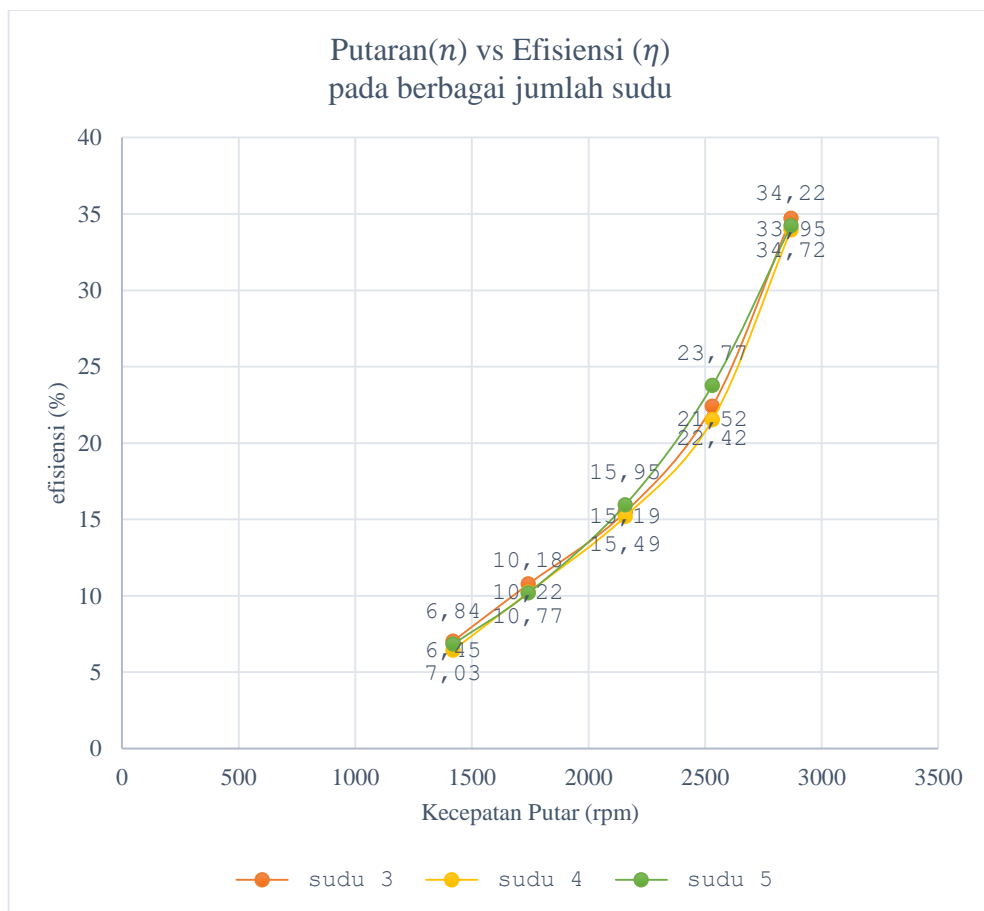
Gambar 4. 4 Putaran (n) vs Daya listrik (P_l)

Berdasarkan grafik hasil pengujian, dapat dilihat bahwa daya listrik pompa tidak selalu meningkat dengan bertambahnya kecepatan putar, bahkan pada kondisi tertentu mengalami penurunan. Kondisi ini menunjukkan adanya penyimpangan dari teori ideal hukum afinitas.

Pada penelitian (Siti zahara Nuryanti, Ratih Diah Andayani, 2019), daya listrik meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan putar pompa, dimana pada kecepatan maksimum 2730 rpm daya yang diperlukan sebesar 474,2 watt. Sedangkan pada penelitian ini, pada kecepatan maksimum daya listrik menurun pada semua impeler uji. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karakteristik pompa pada kondisi nyata sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi dan sistem aliran, sehingga tidak selalu mengikuti hubungan teoritis secara sempurna.

Hal ini sejalan dengan penelitian (Derakhshan & Nourbakhsh, 2008) yang menunjukkan bahwa performa pompa dapat mengalami perubahan akibat variasi kondisi aliran.

4.3.5 Hubungan antara Putaran (n) dan efisiensi (η) pada berbagai jumlah sudu



Gambar 4. 5 Putaran (n) vs efisiensi (η)

Berdasarkan grafik hasil pengujian, dapat dilihat bahwa efisiensi pompa meningkat seiring bertambahnya kecepatan putar pada semua variasi sudu. Nilai

tertinggi diperoleh pada 2868 rpm, yaitu 34,72% (3 sudu), 33,95% (4 sudu), dan 34,22% (5 sudu). Hal ini menunjukkan pompa bekerja mendekati kondisi optimal, sesuai teori (Gülich, 2020) bahwa efisiensi pompa akan meningkat hingga mencapai titik maksimum (*best efficiency point* / BEP), kemudian menurun setelah melewati titik tersebut. Karena pada penelitian ini efisiensi masih meningkat, maka pompa belum mencapai BEP.

Meskipun jumlah sudu lebih banyak menghasilkan *head* dan kapasitas lebih tinggi, efisiensi maksimum justru terjadi pada 3 sudu. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya *losses* akibat gesekan dan turbulensi pada sudu yang lebih banyak (Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, 2009).

4.4 Pengamatan Selama Pengujian

1. Dikarenakan impeler uji milik rekan peneliti mengalami patahan pada salah satu sudunya disaat dilakukan pengujian. Maka untuk menjaga agar impeler uji tidak patah juga, seluruh permukaan impeler uji dilapisi menggunakan lem cepat (*cyanoacrylate*). Setelah dilakukan pengujian, impeler masih dalam kondisi baik.
2. Selama pengujian, bushing kuningan (*hub insert*) pada impeler cetakan dari 3D printing mengalami pergesaran keluar yang mengakibatkan posisi impeler sedikit maju dan dapat berakibat terjadinya gesekan dengan dinding rumah pompa (*volute*). Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan penambahan ring tipis dengan diameter luar sama dengan diameter hub impeler agar dapat menahan impeler saat pengujian. Penambahan ring tipis ini dilakukan pada semua impeler uji termasuk impeler standar agar hasil pengujian tidak mengalami perbedaan yang signifikan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian variasi putaran (*rpm*) dan jumlah sudu impeler (3, 4, dan 5 sudu) terhadap kinerja pompa sentrifugal, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan kecepatan putar menyebabkan kenaikan *head*, kapasitas, dan daya hidrolis pada semua variasi jumlah sudu. Penambahan jumlah sudu juga meningkatkan *head* dan kapasitas, namun dapat menambah kerugian energi.
2. Kombinasi kecepatan putar dan jumlah sudu berpengaruh terhadap kinerja pompa, dimana impeler 5 sudu menghasilkan *head* dan kapasitas tertinggi, sedangkan efisiensi tertinggi diperoleh pada impeler 3 sudu.
3. Kondisi terbaik diperoleh pada putaran tinggi dengan mempertimbangkan keseimbangan antara *head*, kapasitas, dan efisiensi, karena tidak semua parameter mencapai nilai maksimum secara bersamaan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian variasi putaran (*rpm*) dan jumlah sudu impeler (3, 4, dan 5 sudu) terhadap kinerja pompa sentrifugal, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

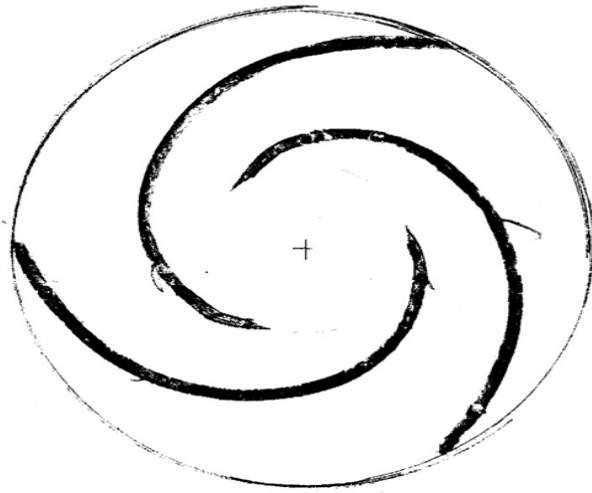
1. Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan desain impeler (jumlah, bentuk, dan sudut sudu) untuk meningkatkan efisiensi.
2. Perlu penggunaan material impeler dan sistem pemasangan yang lebih baik agar hasil pengujian lebih akurat.
3. Disarankan melakukan pengujian hingga mencapai titik efisiensi maksimum (BEP) serta menggunakan metode numerik sebagai pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

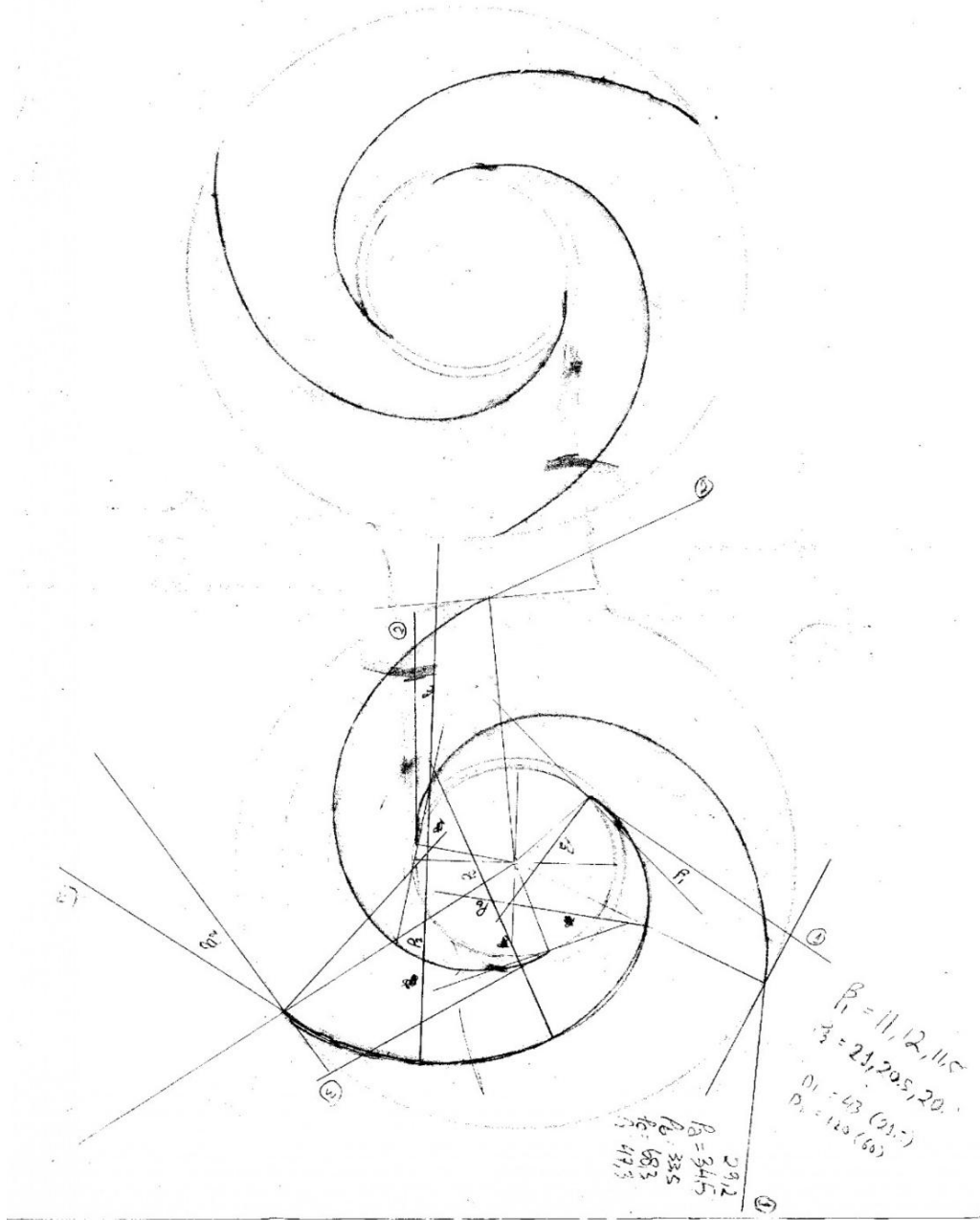
- Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, W. W. H. (2009). *Fundamentals of Fluid Mechanics, Sixth Edition* (Sixth). Don Fowley.
- Chakraborty, S., Pandey, K. M., & Roy, B. (2012). *Numerical Analysis on Effects of Blade Number Variations on Performance of Centrifugal Pumps with Various Rotational Speeds*. <http://inpressco.com/category/ijcet>
- Derakhshan, S., & Nourbakhsh, A. (2008). *Experimental study of characteristic curves of centrifugal pumps working as turbines in different specific speeds*. 32, 800–807. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2007.10.004>
- Firmansyah, R., & Suhendra, B. (2018). Analisis Pengaruh Bentuk Impeler terhadap Performa Pompa Sentrifugal Double Suction Type Venus 1-900.1. In *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* (Vol. 6, Issue 2). <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>
- Gulich, J. F. (2020). *Centrifugal Pumps* (Fourth). Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-14788-4>
- Isametova, M., & Abilezova, G. (2022). *Study of the influence of the design of a centrifugal wheel on the pressure characteristics of a multistage pump*. 01006, 4–7.
- Iskandar, Y., Nazaruddin, N., & Arif, Z. (2021). Pengaruh Jumlah Sudu Impeller Terhadap Debit Air yang Dihasilkan Pompa Sentrifugal. *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy*, 5(1), 78–90. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4472>
- Karassik, I. J., Messina, J. P., Fraser, W. H., & Karassik, I. J. (2001). *Pump Handbook*.
- Mustakim. (2015). *Pengaruh Kecepatan Sudut Terhadap Efisiensi Pompa Sentrifugal Jenis Tunggal*. 4(2), 79–83.
- Musyafa, A. A., & Siregar, I. H. (2015). *Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Pompa Sentrifugal*.
- Putro, W. D. (2010). Pengujian Kinerja Pompa Sentrifugal Menggunakan Kontrol Inventer. *Ilmiah Semesta Teknika*, 13(1), 21–30.
- Rohman, E. W., & Siregar, I. H. (2015). Uji Eksperimen Pengaruh Jumlah Sudu Torque Flow Impeller Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal. *Teknik Mesin*, 03(03), 145–152.
- Siregar, M. A., & Damanik, W. S. (2020). Pengaruh Variasi Sudut Keluar Impeler Terhadap Performance Pompa Sentrifugal. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 166–174. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5278>
- Siti zahara Nuryanti, Ratih Diah Andayani, N. (2019). Analisa Performansi Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Kecepatan Putaran Mesin Dan Debit Aliran. *Teknik*, 6 No.2.
- Stepanoff Alexey J. (1948). *Centrifugal and Axial Flow Pumps*.
- Sularso, & Tahara, H. (2000). *Pompa & Kompresor*. 26–27.
- TBS Nikosai, P., & Arief S, I. (2015). Optimasi Desain Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD. *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 4, 6–11.

Lampiran 1.

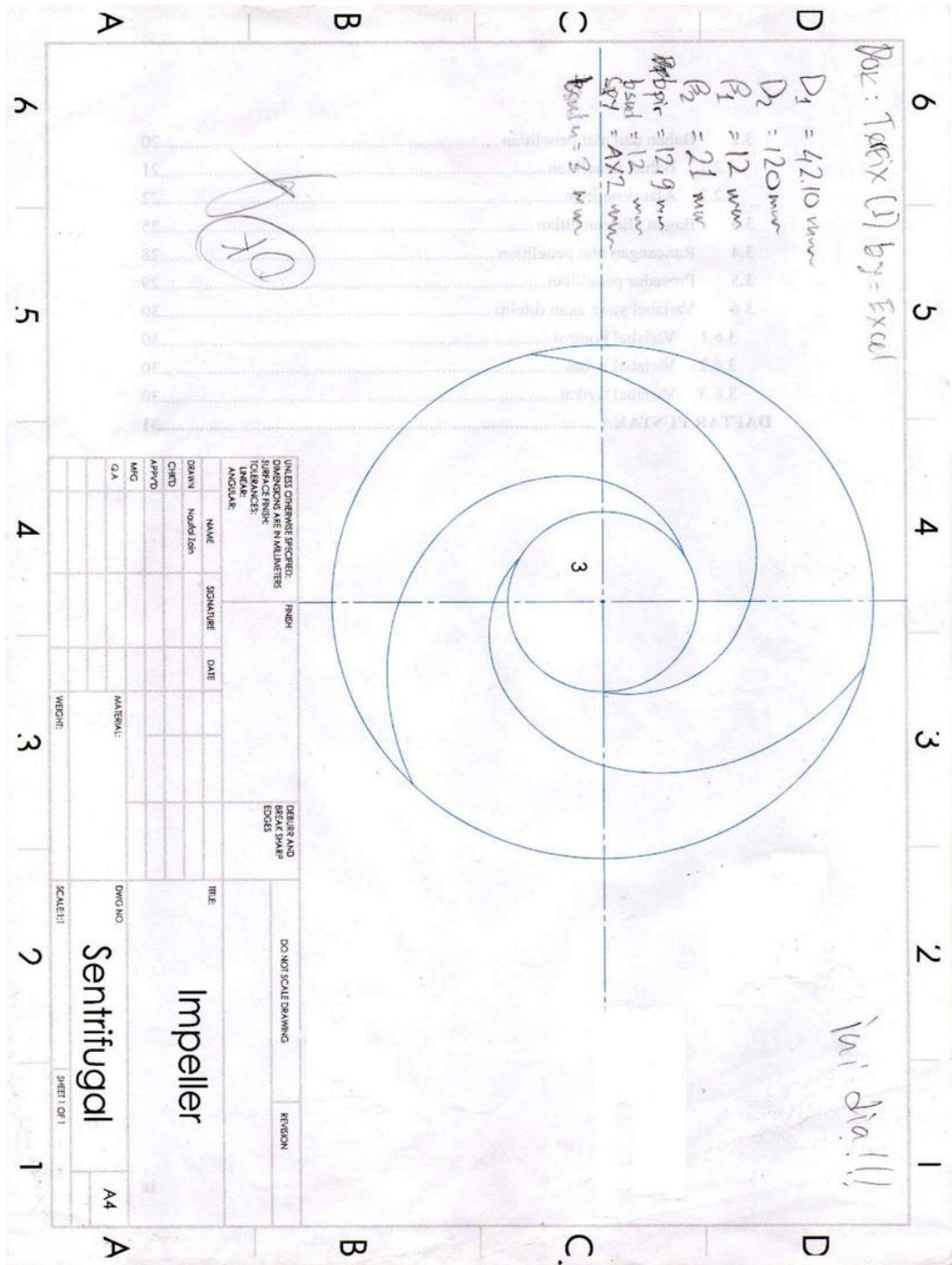
Hasil Penelitian



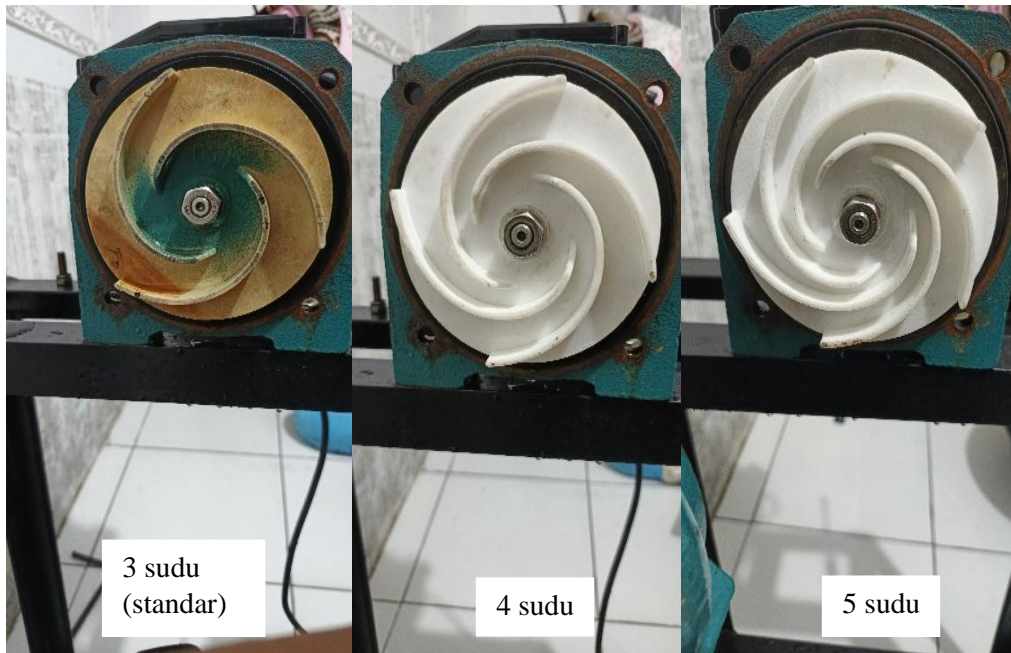
Gambar 1. Ceplakan/*Tracing* Impeler Standar



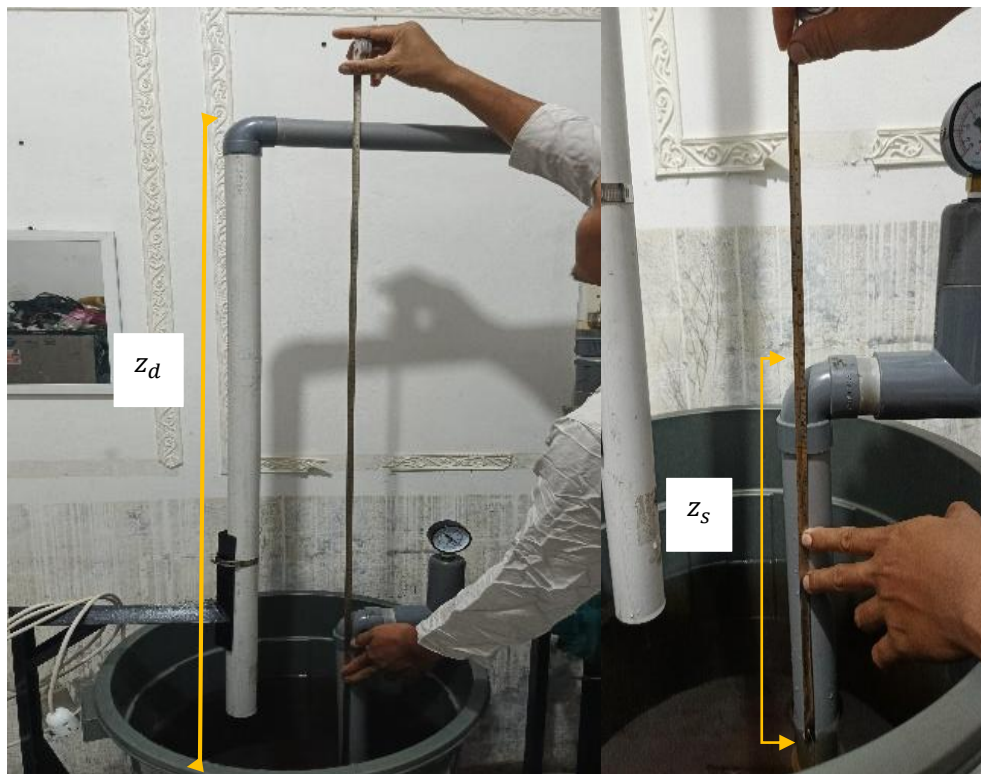
Gambar 2. Identifikasi Sudut Sudu Impeler Standar



Gambar 3. Verifikasi Impeler Standar



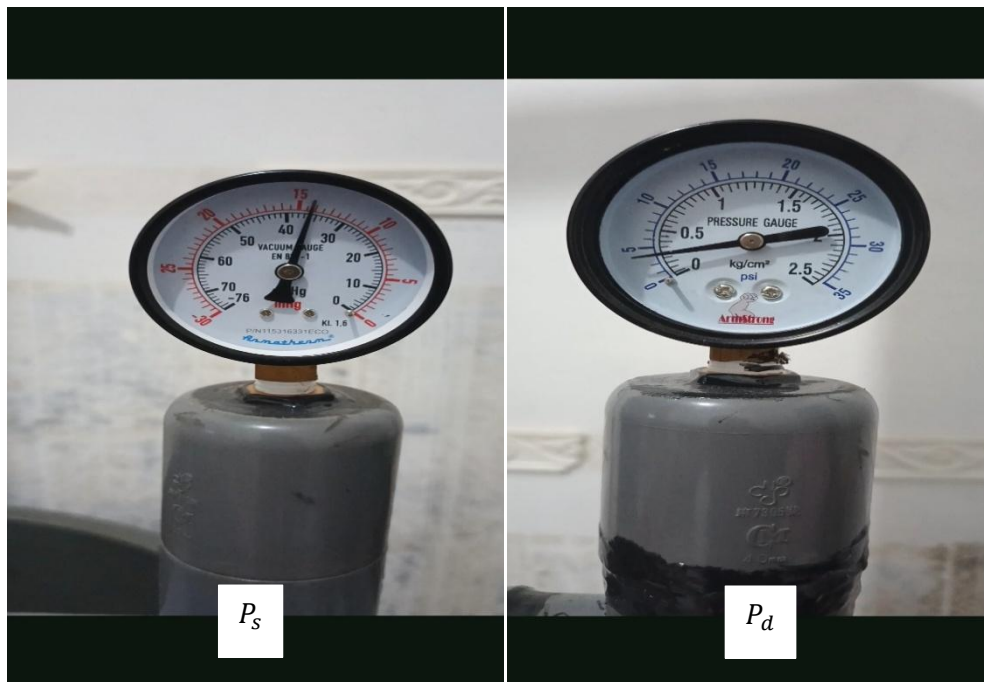
Gambar 4. Proses pemasangan impeler uji



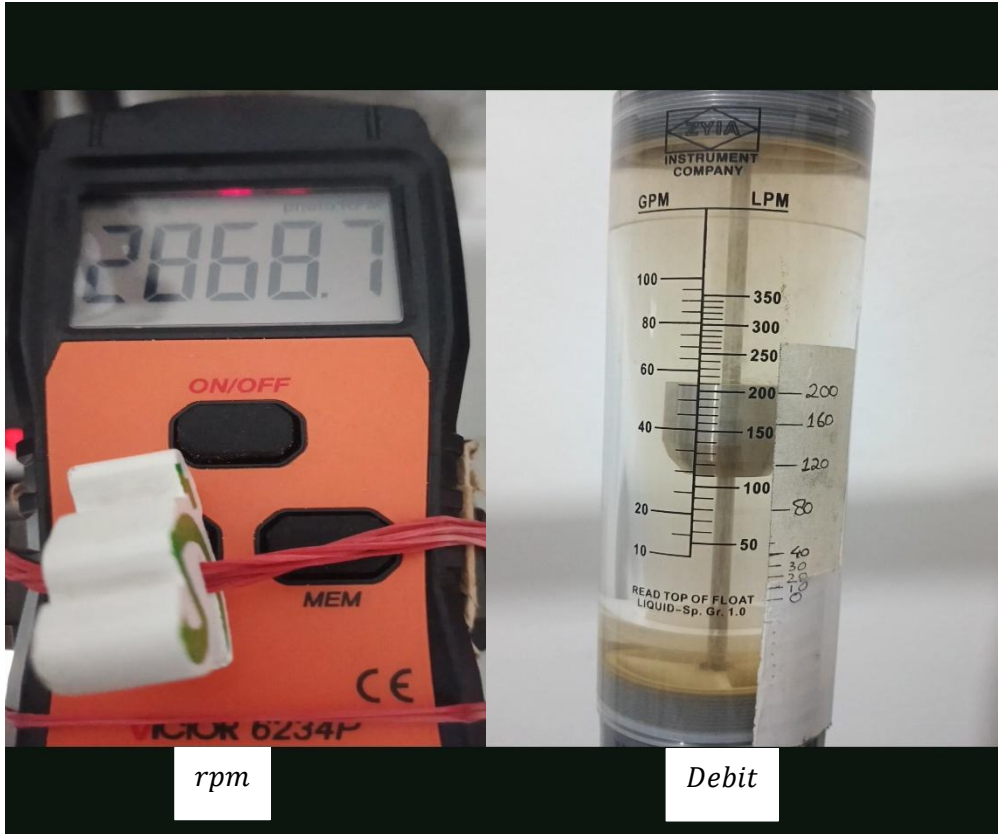
Gambar 5. Pengukuran z_d dan z_s



Gambar 6. Pengukuran P_l pada impeler 3 sudu di n 2868 rpm



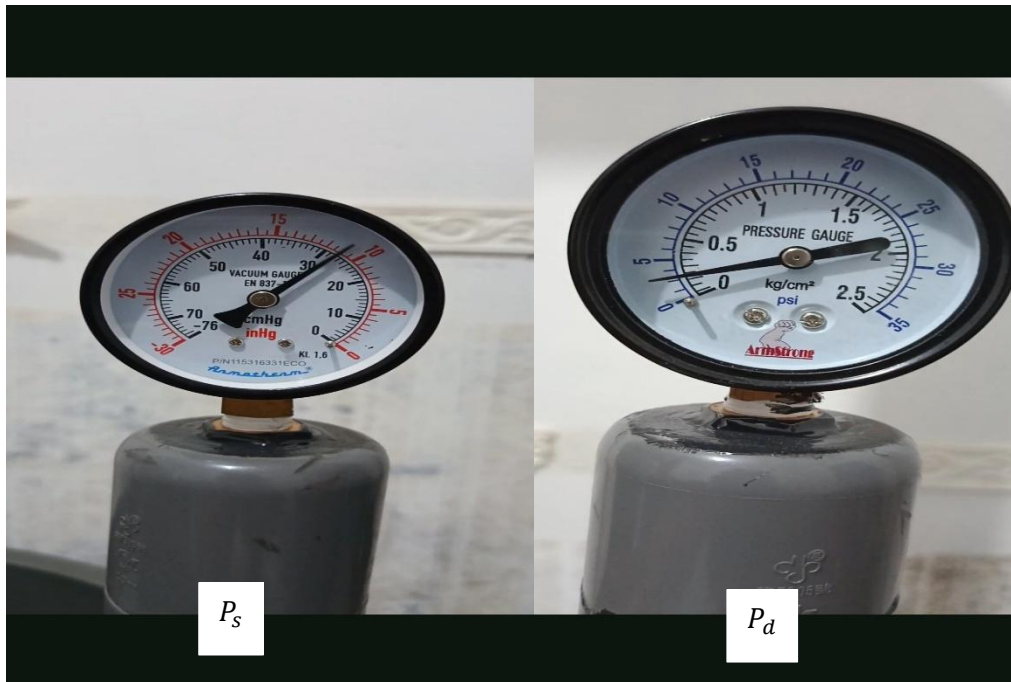
Gambar 7. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 3 sudu di n 2868 rpm



Gambar 8. Pengukuran Q pada impeler 3 sudu di n 2868 rpm



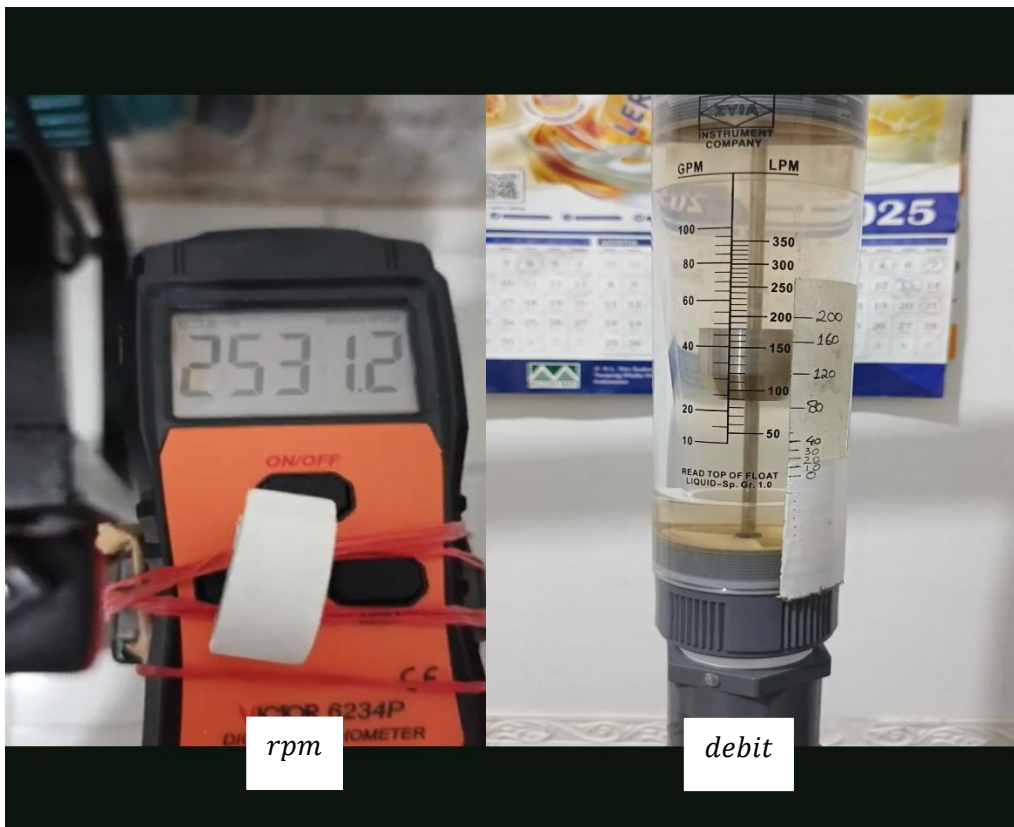
Gambar 9. Pengukuran P_l pada impeler 3 sudu di n 2531 rpm



P_s

P_d

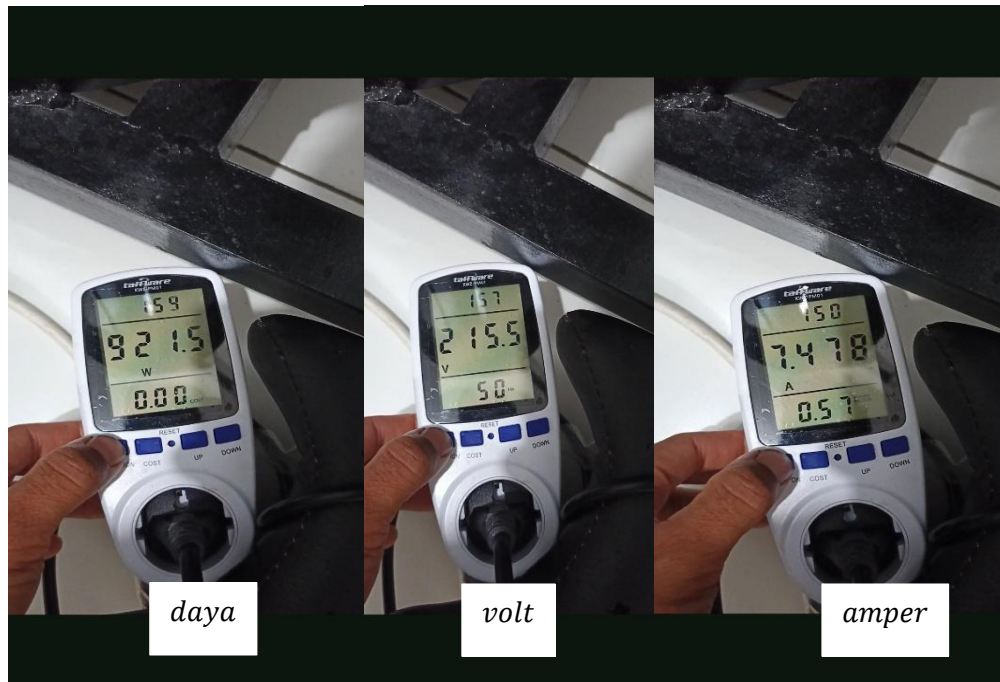
Gambar 10. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 3 sudu di n 2531 rpm



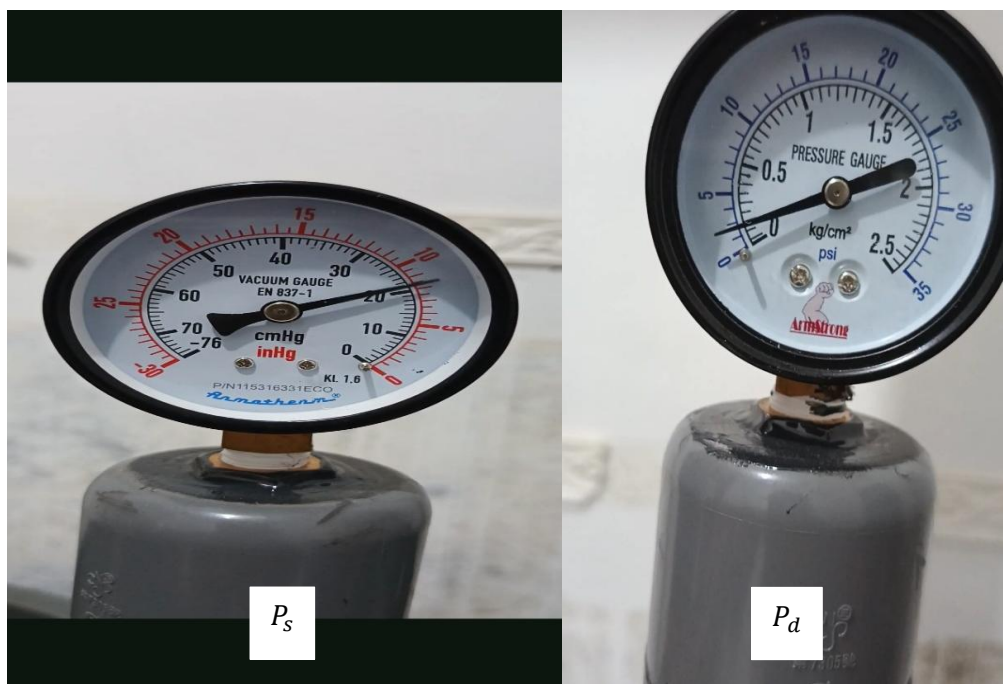
rpm

debit

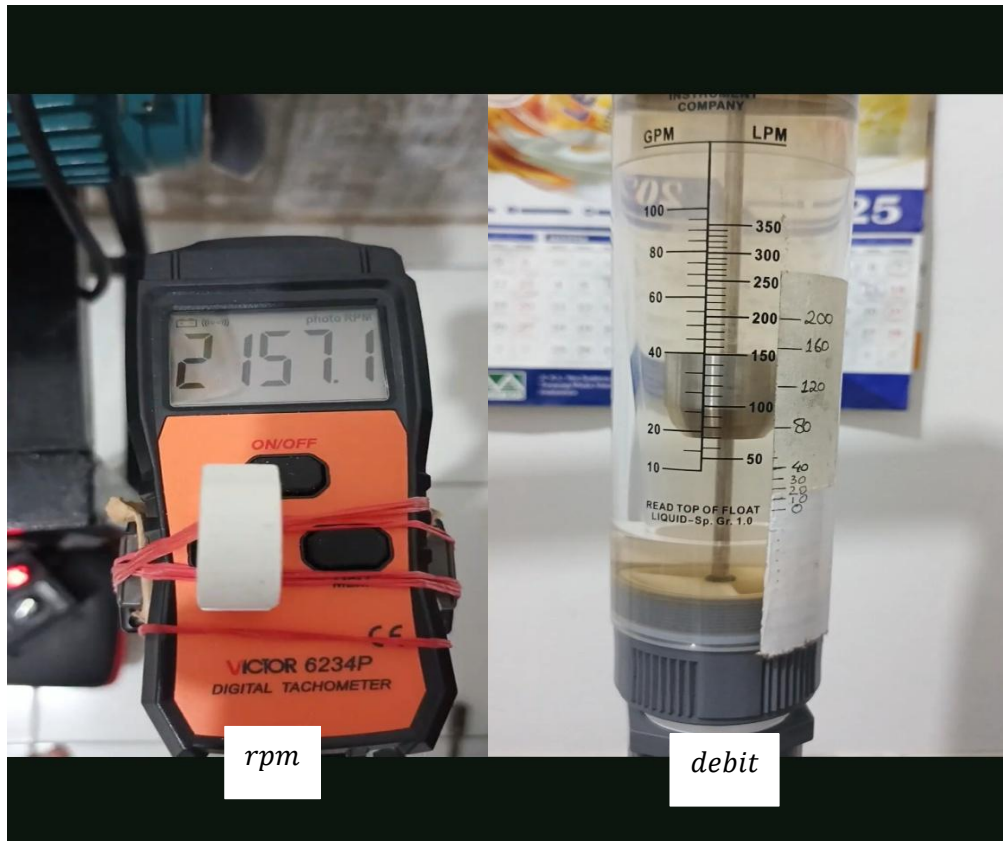
Gambar 11. Pengukuran Q pada impeler 3 sudu di n 2531 rpm



Gambar 12. Pengukuran P_l pada impeler 3 sudu di n 2157 rpm



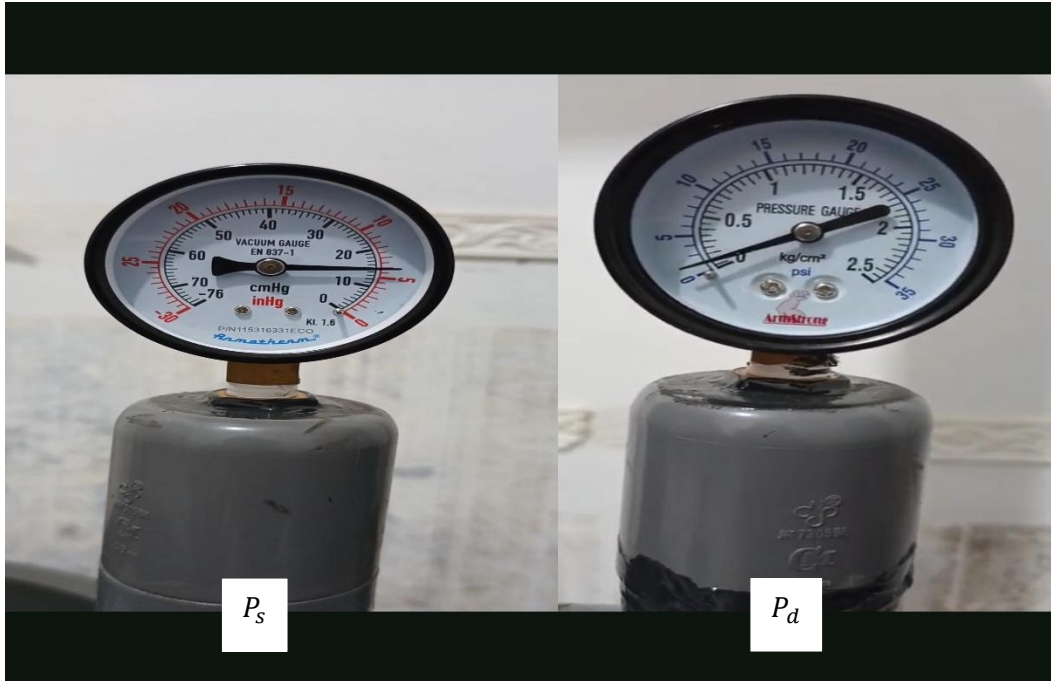
Gambar 13. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 3 sudu di n 2157 rpm



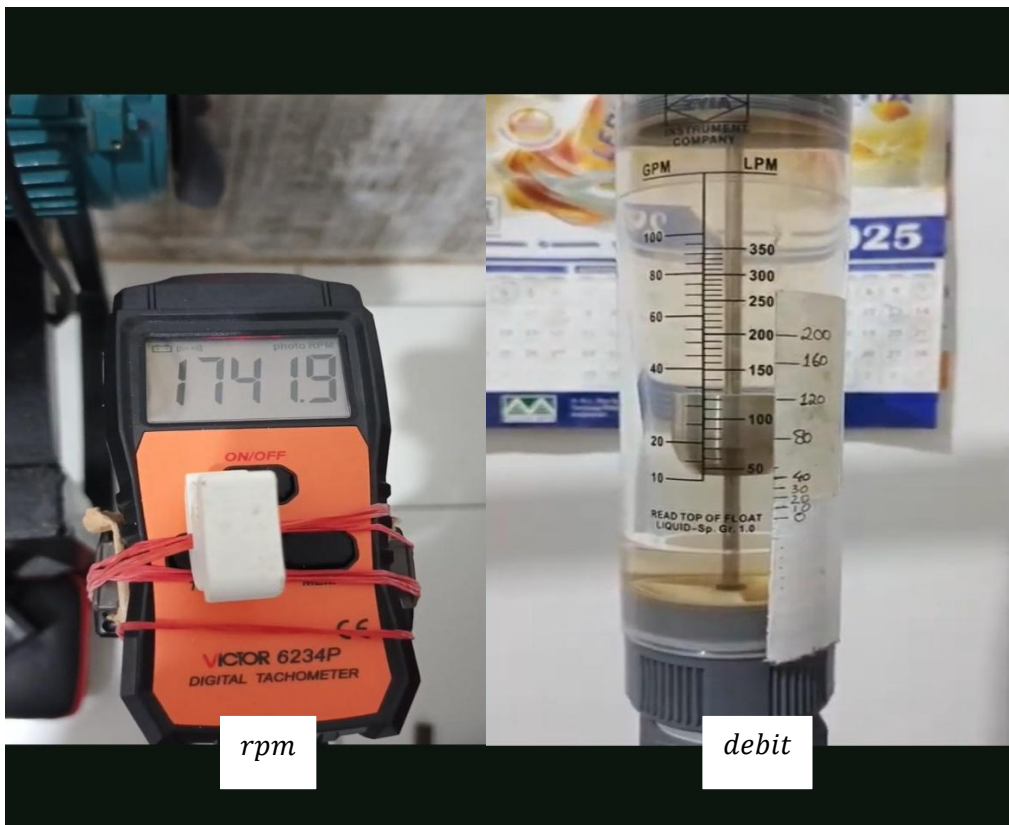
Gambar 14. Pengukuran Q pada impeler 3 sudu di n 2157 rpm



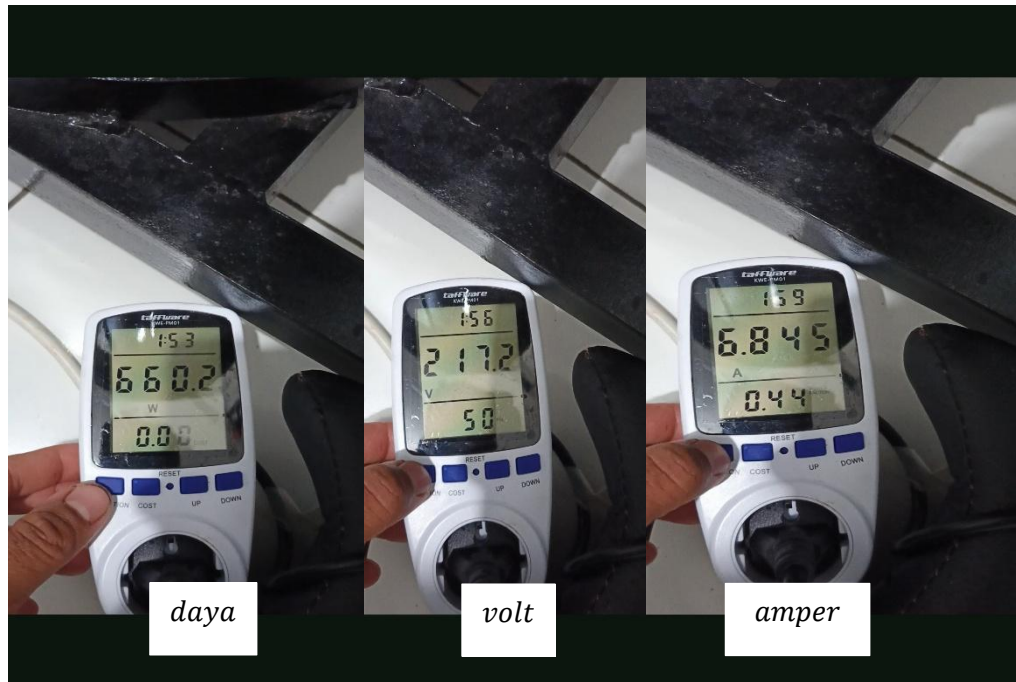
Gambar 15. Pengukuran P_l pada impeler 3 sudu di n 1741 rpm



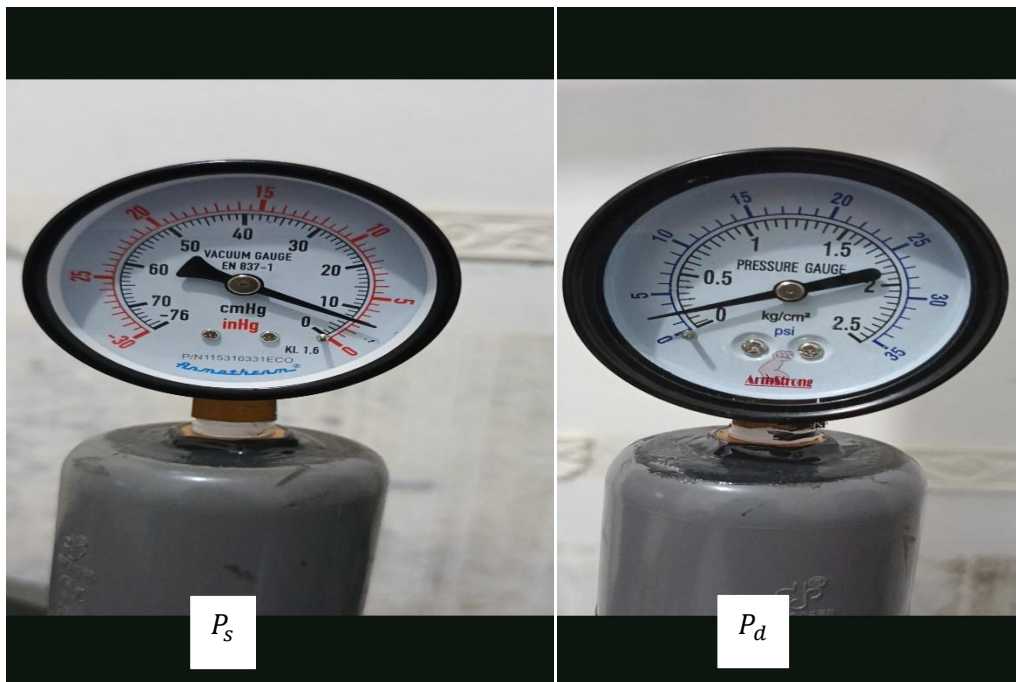
Gambar 16. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 3 sudu di n 1741 rpm



Gambar 17. Pengukuran Q pada impeler 3 sudu di n 1741 rpm



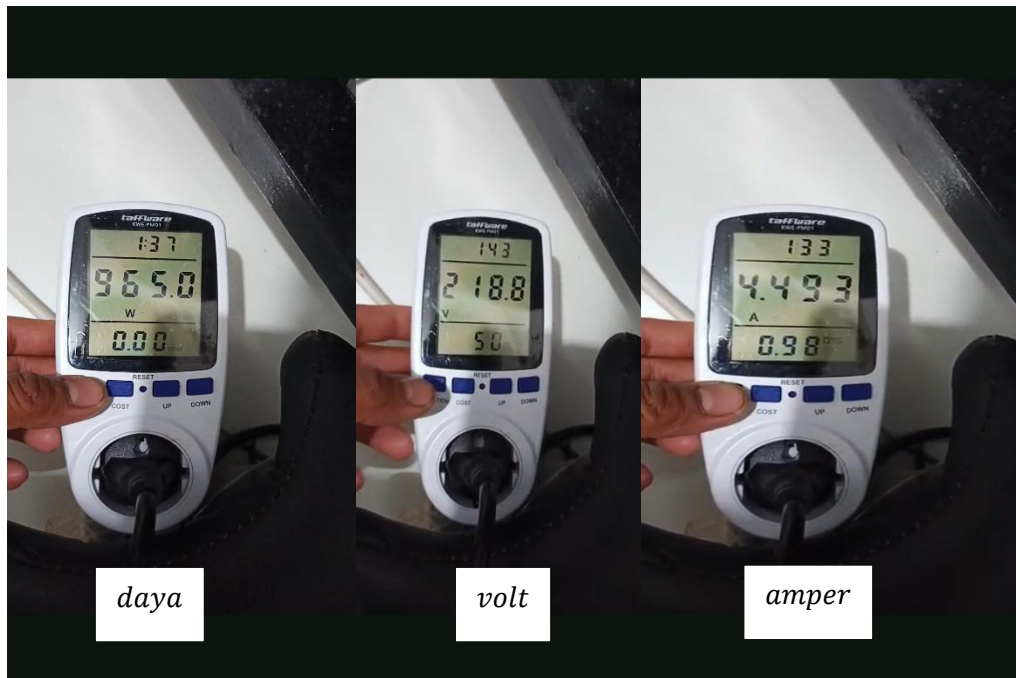
Gambar 18. Pengukuran P_l pada impeler 3 sudu di n 1418 rpm



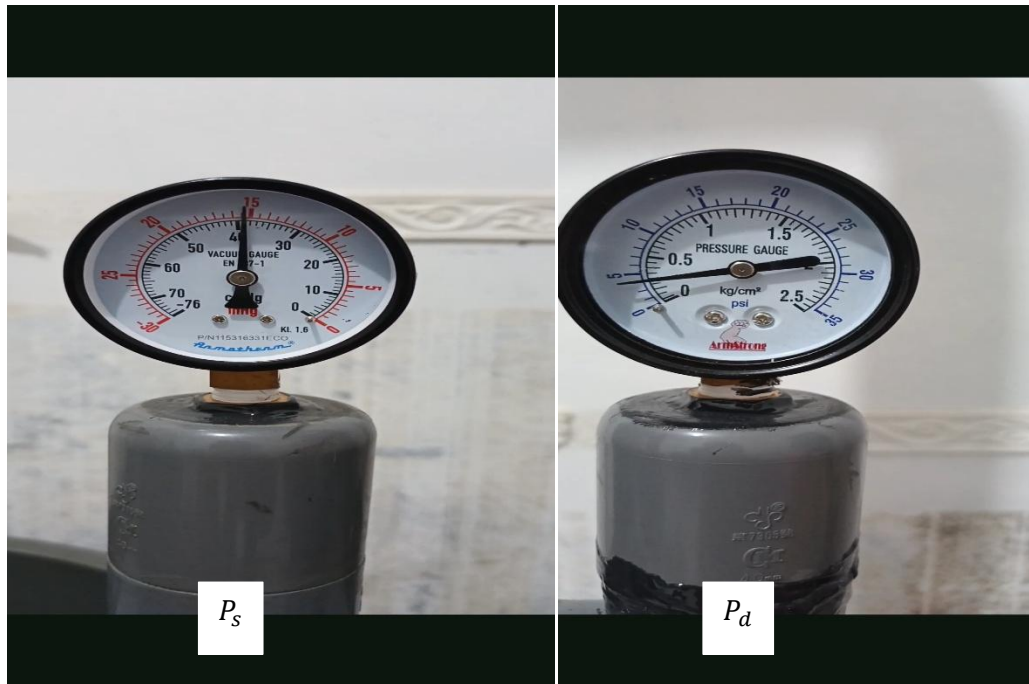
Gambar 19. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 3 sudu di n 1418 rpm



Gambar 20. Pengukuran Q pada impeler 3 sudu di n 1418 rpm



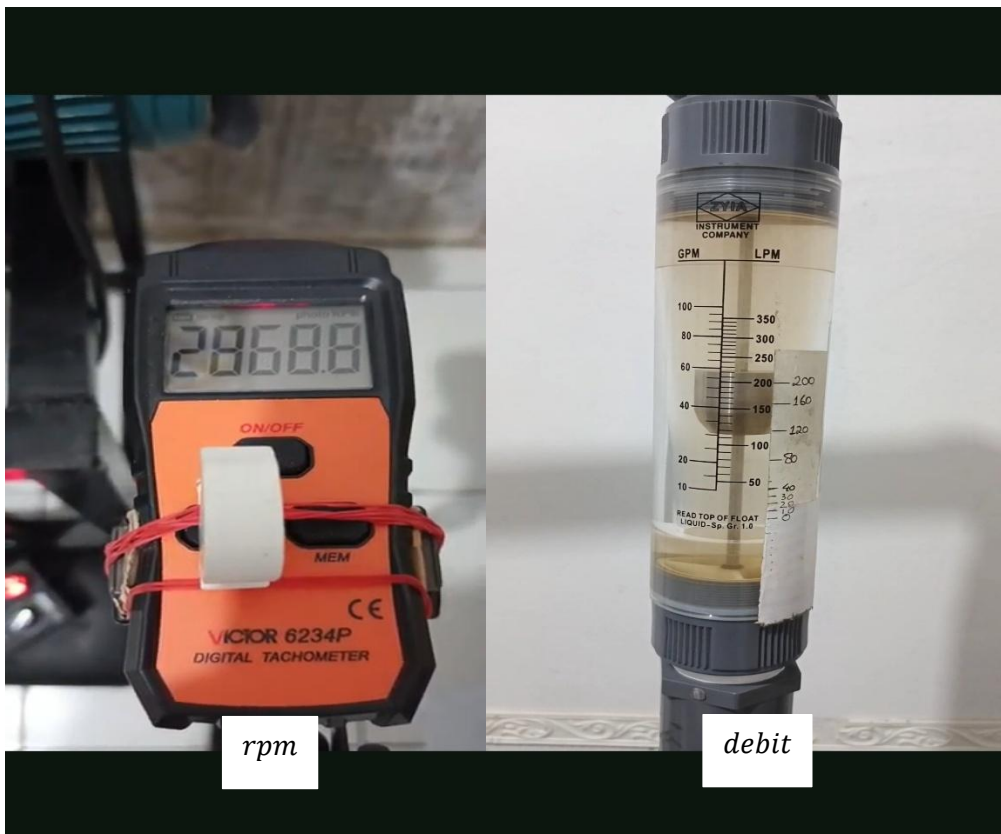
Gambar 21. Pengukuran P_i pada impeler 4 sudu di n 2868 rpm



P_s

P_d

Gambar 22. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 4 sudu di n 2868 rpm



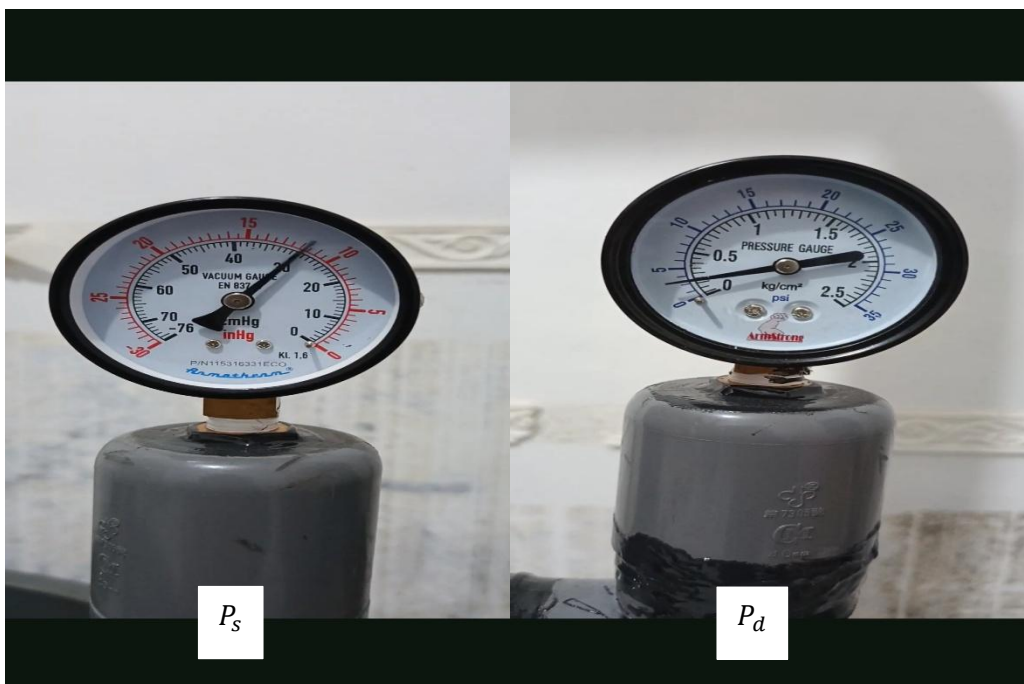
rpm

debit

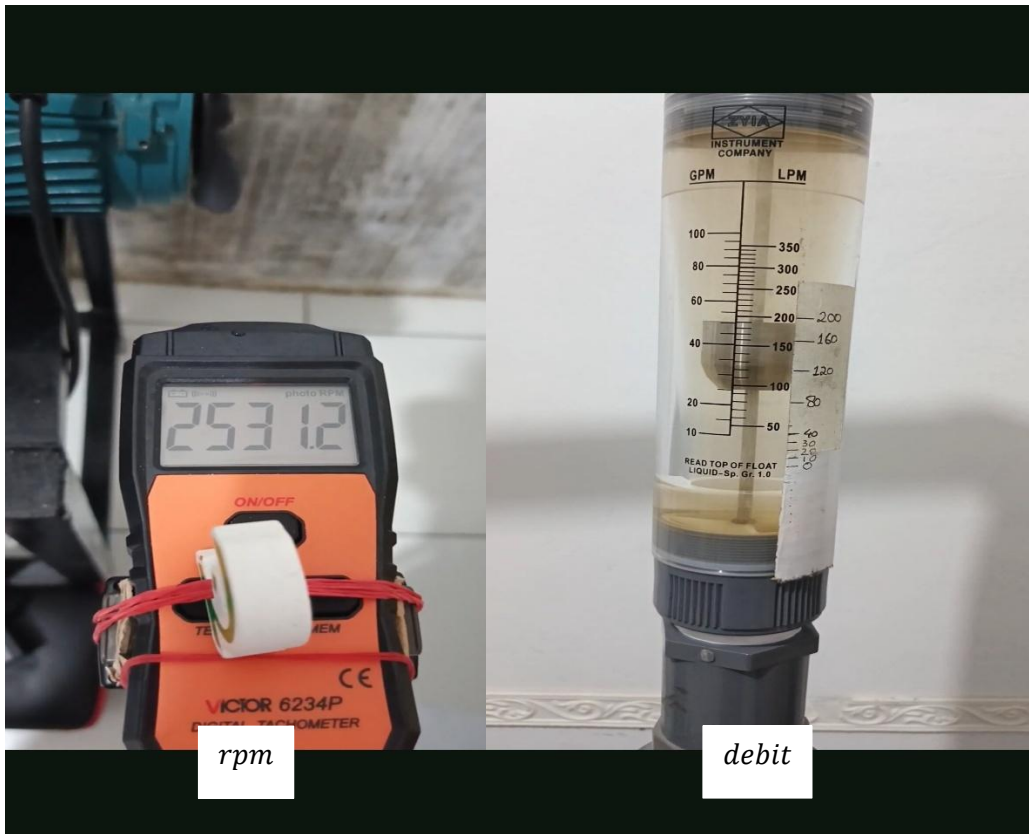
Gambar 23. Pengukuran Q pada impeler 4 sudu di n 2868 rpm



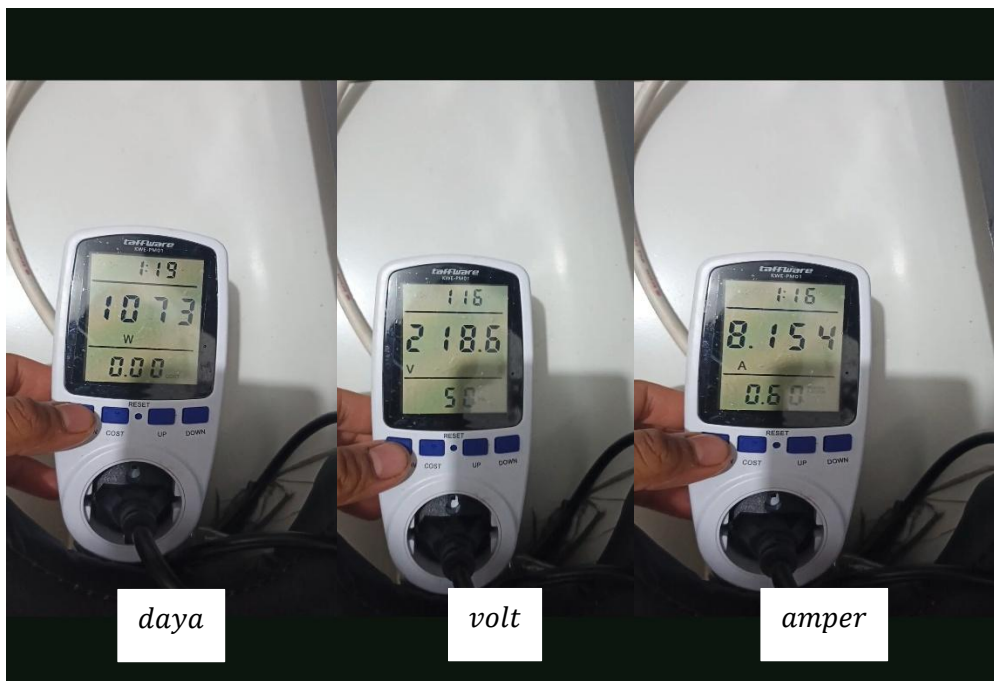
Gambar 24. Pengukuran P_l pada impeler 4 sudu di n 2531 rpm



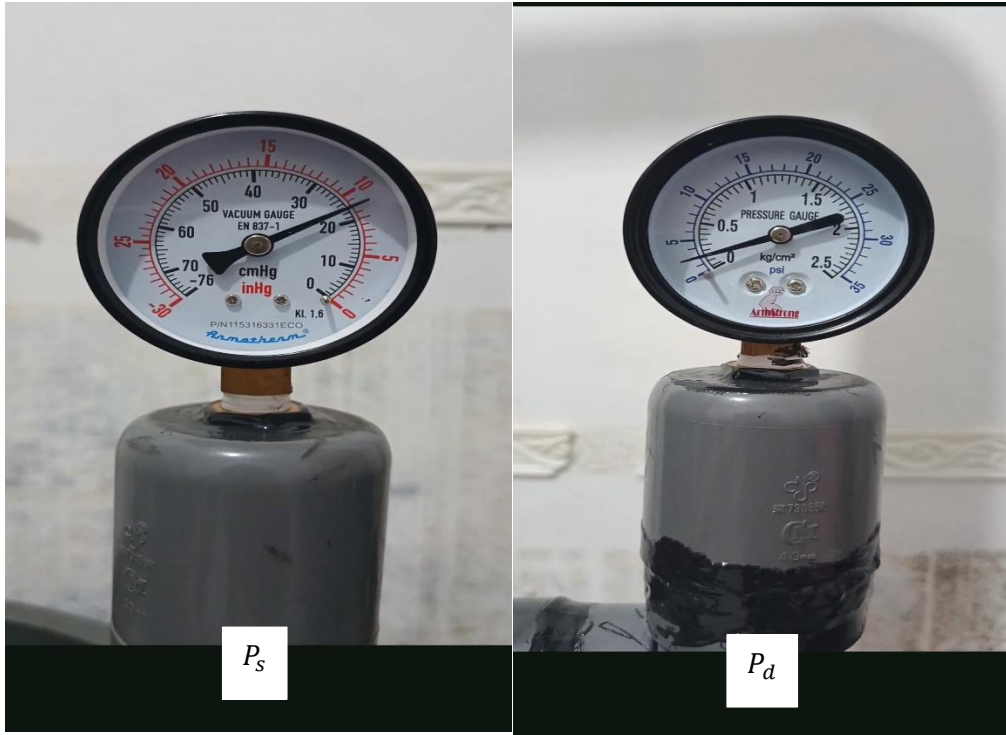
Gambar 25. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 4 sudu di n 2531 rpm



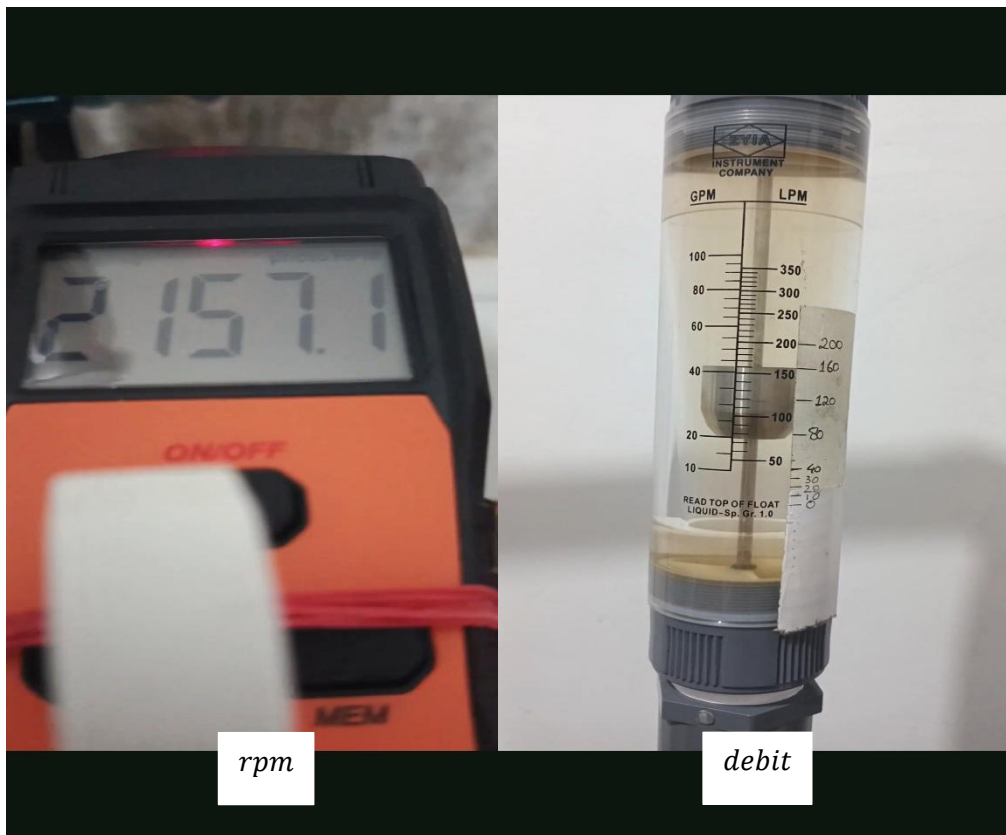
Gambar 26. Pengukuran Q pada impeler 4 sudu di n 2531 rpm



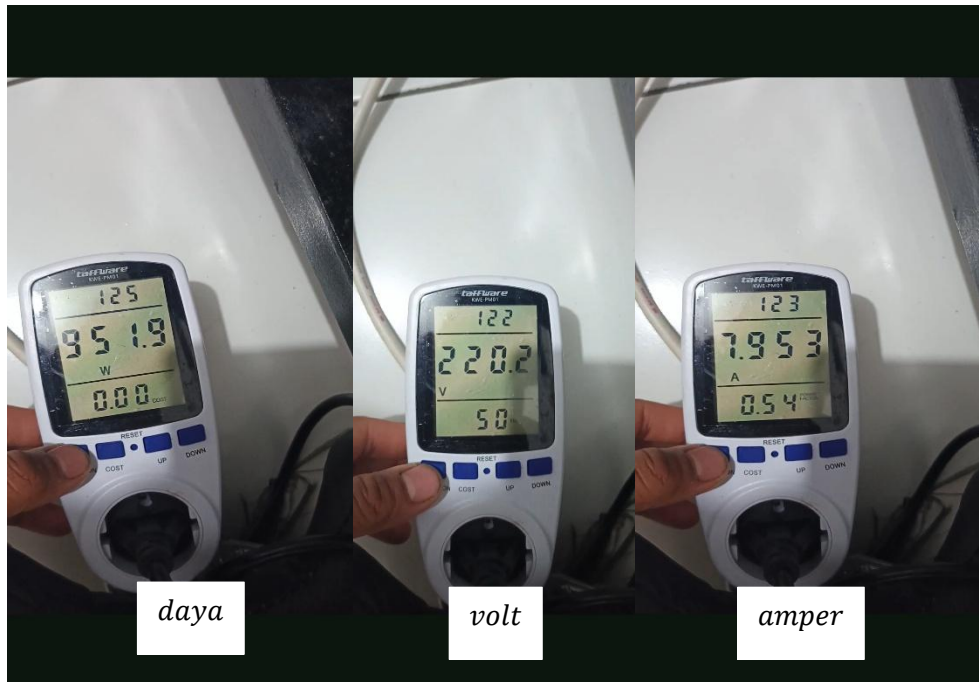
Gambar 27. Pengukuran P_i pada impeler 4 sudu di n 2157 rpm



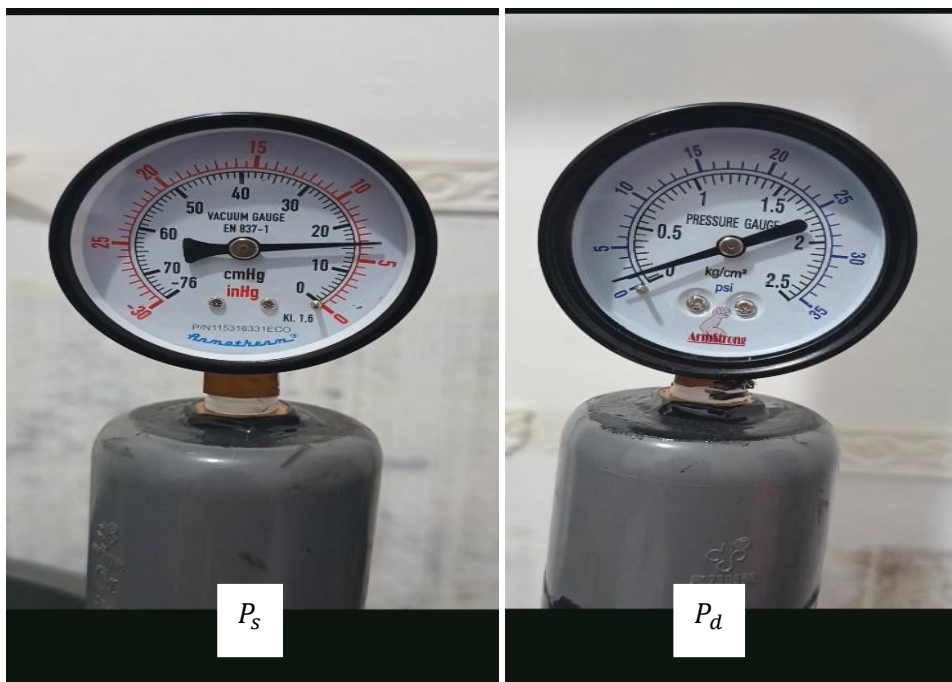
Gambar 28. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 4 sudu di n 2157 rpm



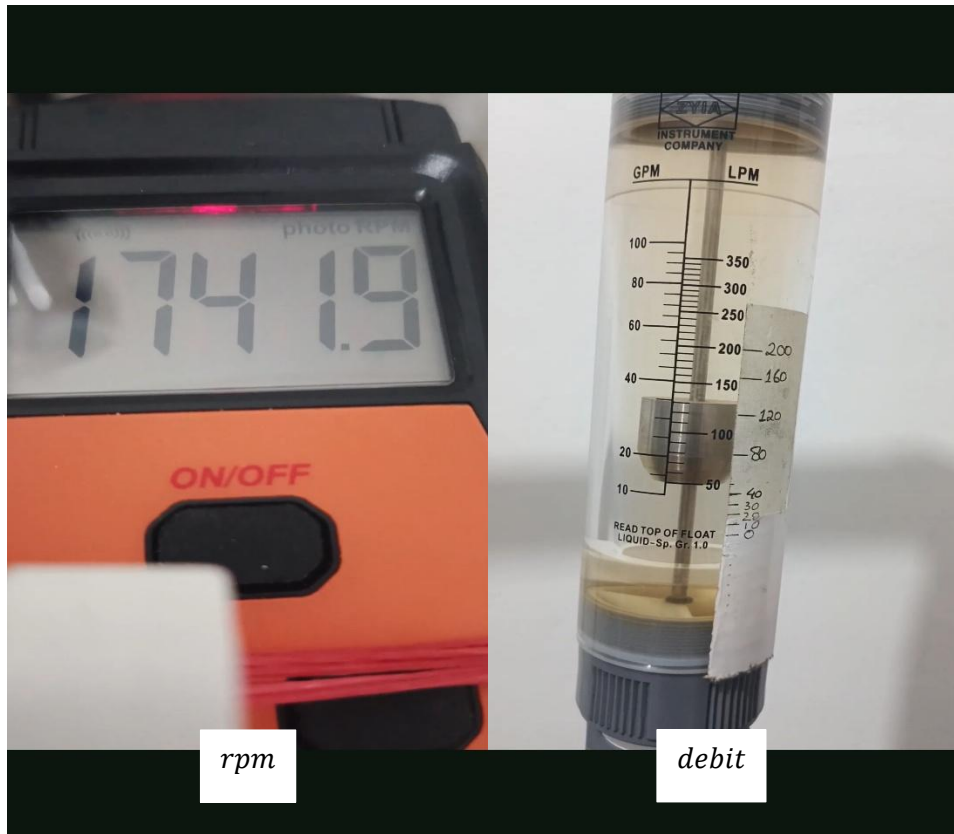
Gambar 29. Pengukuran Q pada impeler 4 sudu di n 2157 rpm



Gambar 30. Pengukuran P_l pada impeler 4 sudu di n 1741 rpm



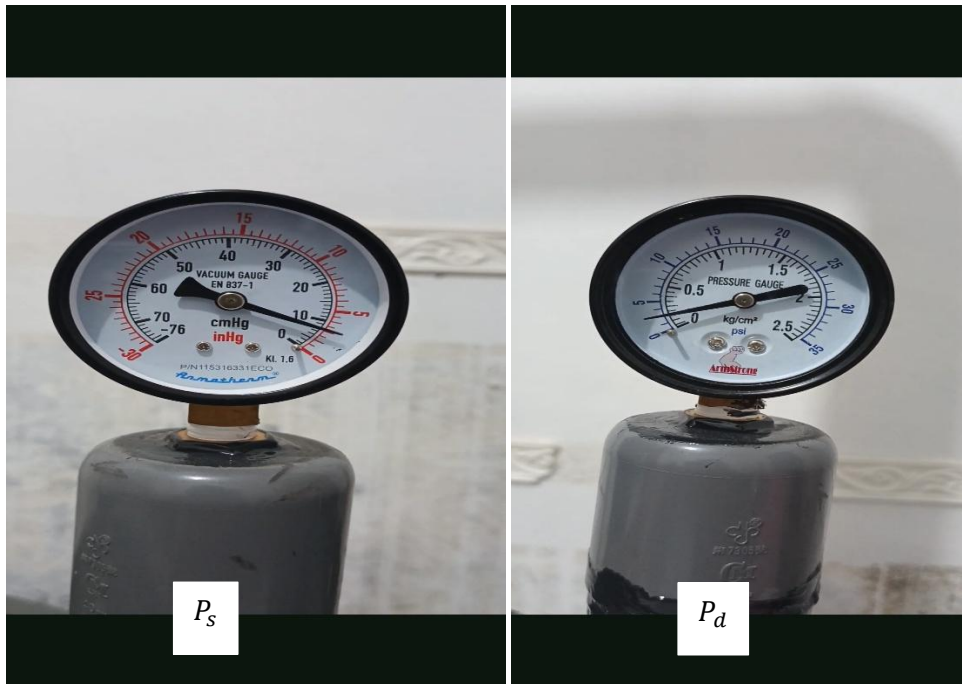
Gambar 31. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 4 sudu di n 1741 rpm



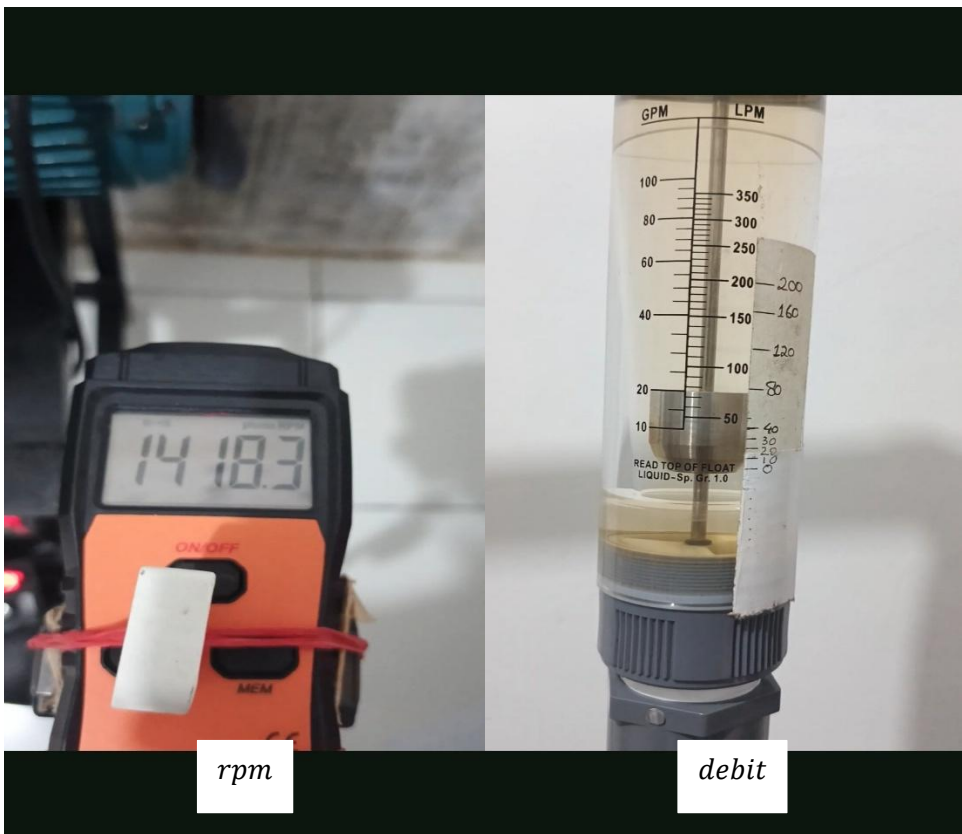
Gambar 32. Pengukuran Q pada impeler 4 sudu di n 1741 rpm



Gambar 33. Pengukuran P_i pada impeler 4 sudu di n 1418 rpm



Gambar 34. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 4 sudu di n 1418 rpm



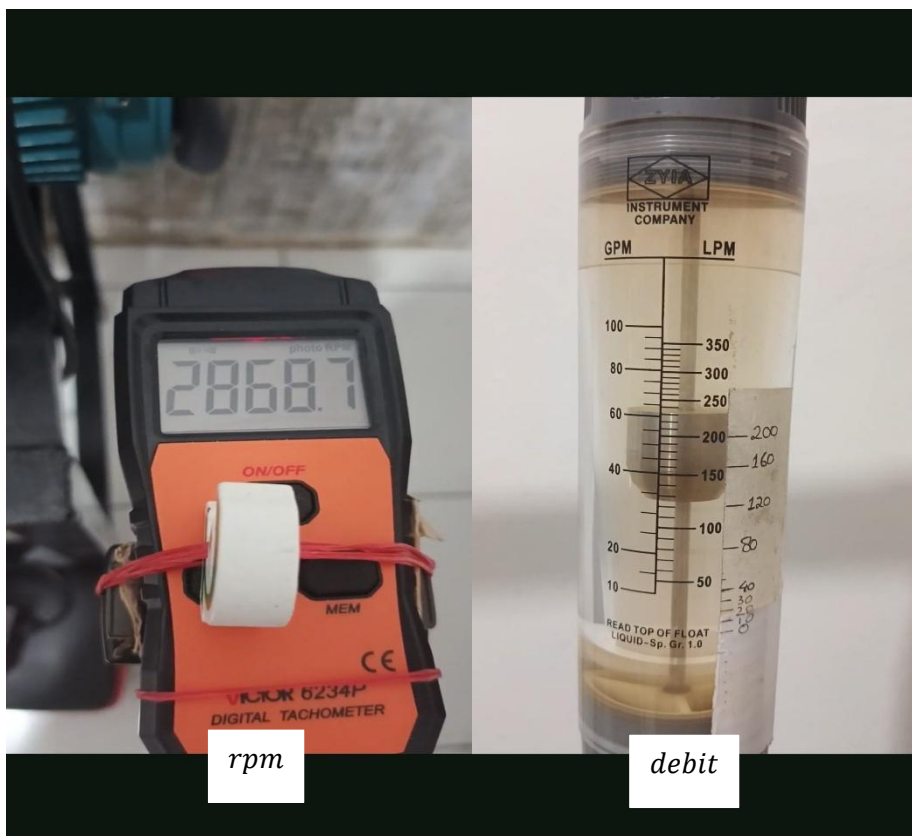
Gambar 35. Pengukuran Q pada impeler 4 sudu di n 1418 rpm



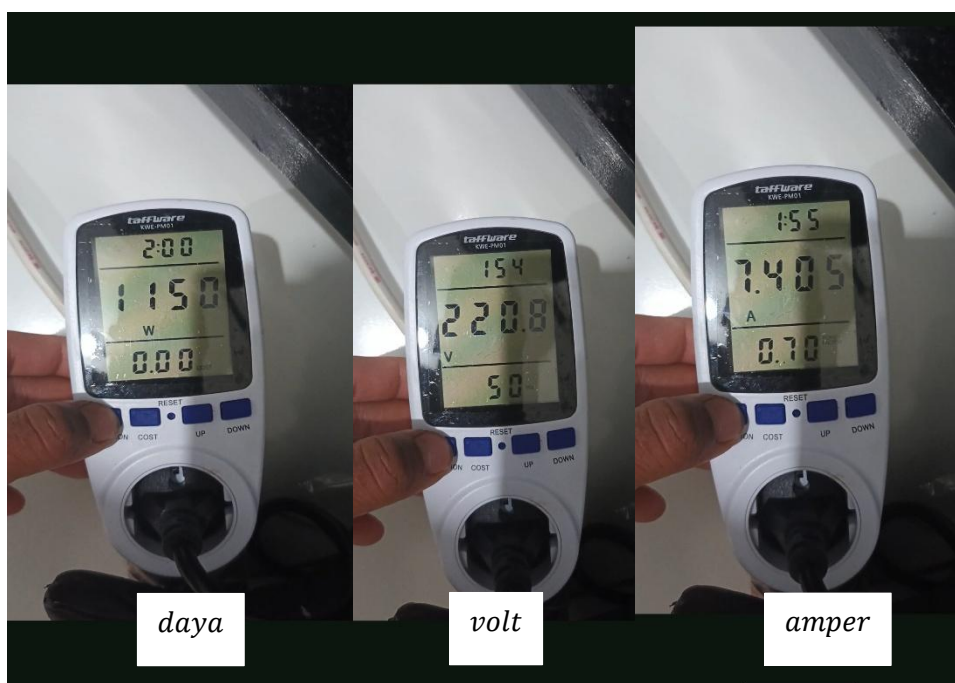
Gambar 36. Pengukuran P_l pada impeler 5 sudu di n 2868 rpm



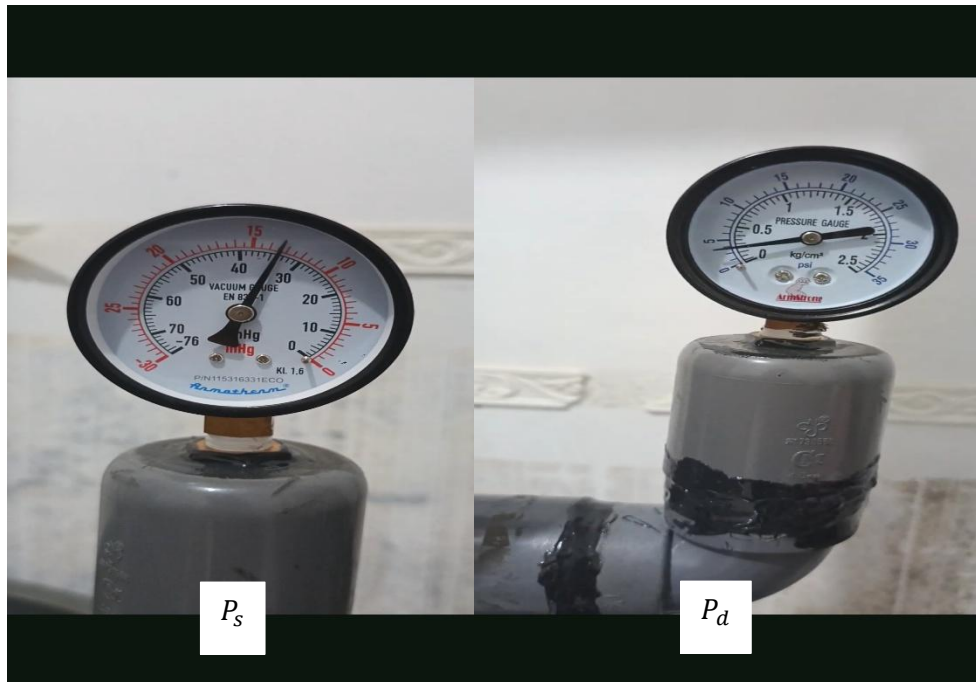
Gambar 37. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 5 sudu di n 2868 rpm



Gambar 38. Pengukuran Q pada impeler 5 sudu di n 2868 rpm



Gambar 39. Pengukuran P_l pada impeler 5 sudu di n 2531 rpm



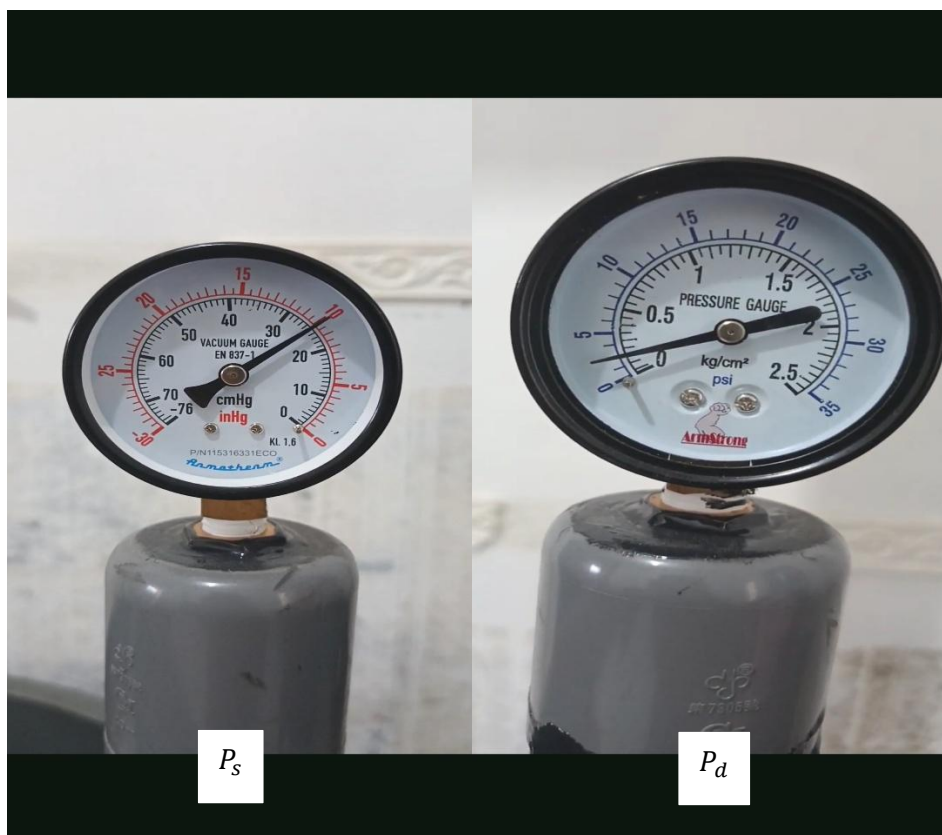
Gambar 40. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 5 sudu di n 2531 rpm



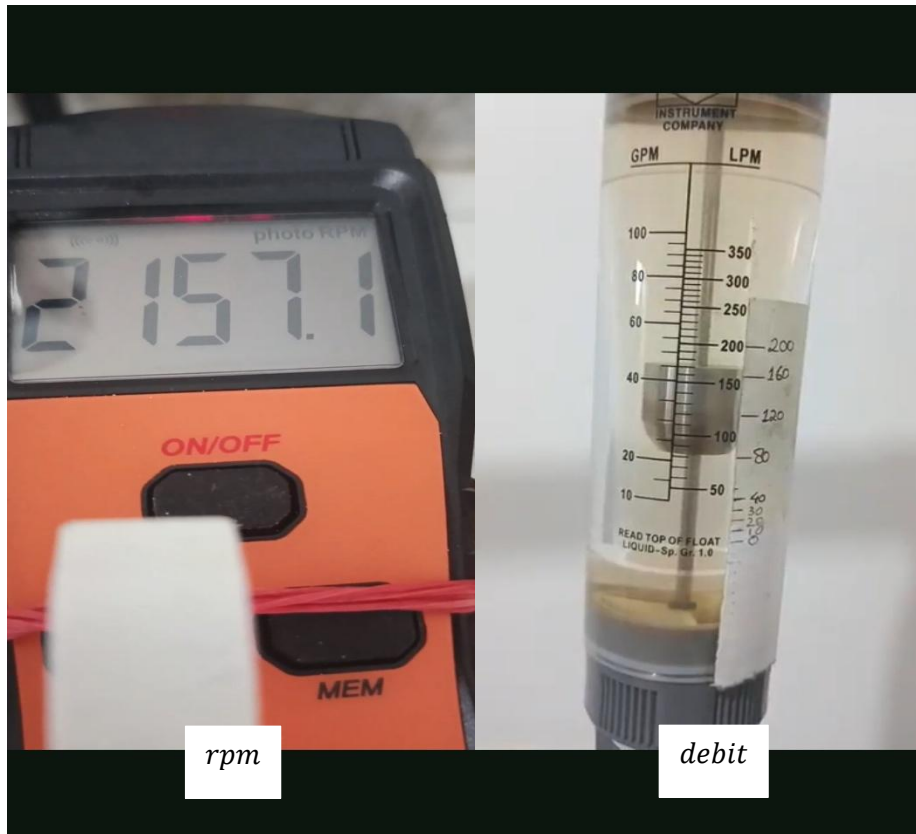
Gambar 41. Pengukuran Q pada impeler 5 sudu di n 2531 rpm



Gambar 42. Pengukuran P_l pada impeler 5 sudu di n 2157 rpm



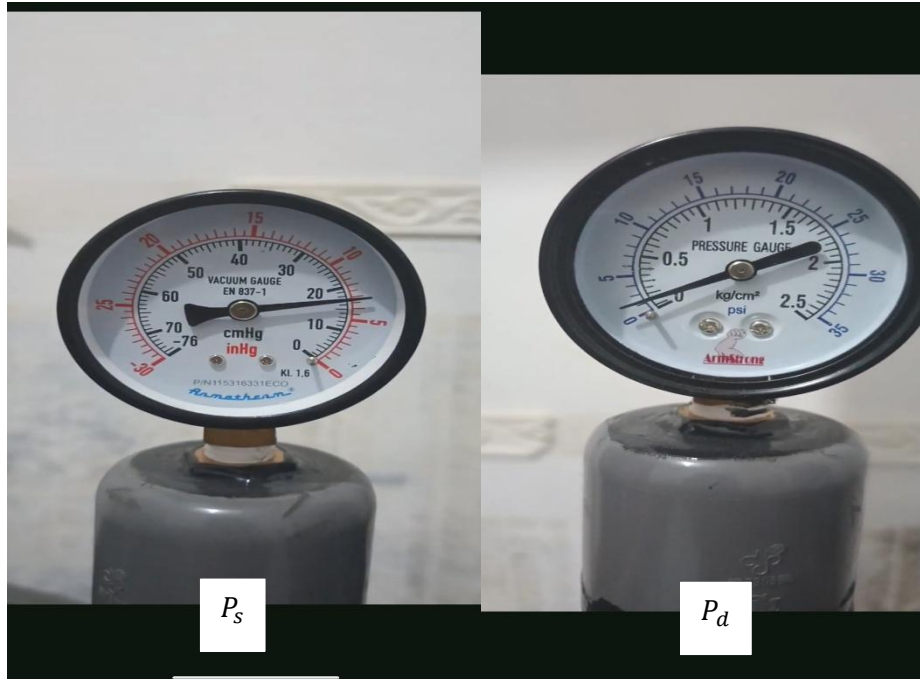
Gambar 43. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 5 sudu di n 2157 rpm



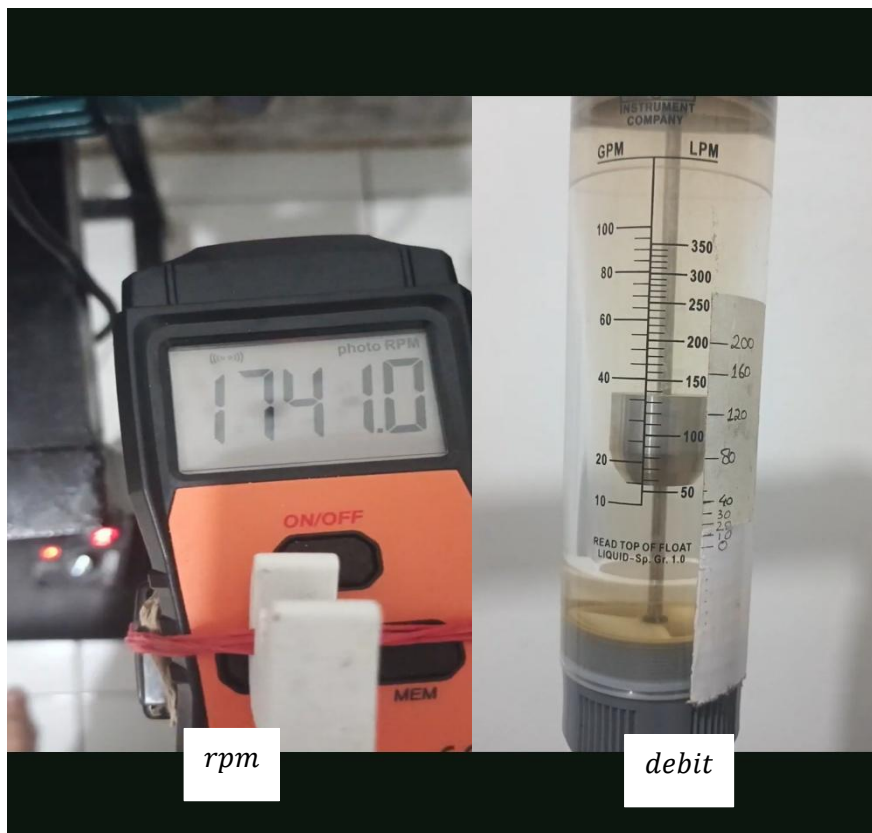
Gambar 44. Pengukuran Q pada impeler 5 sudu di n 2157 rpm



Gambar 45. Pengukuran P_l pada impeler 5 sudu di n 1741 rpm



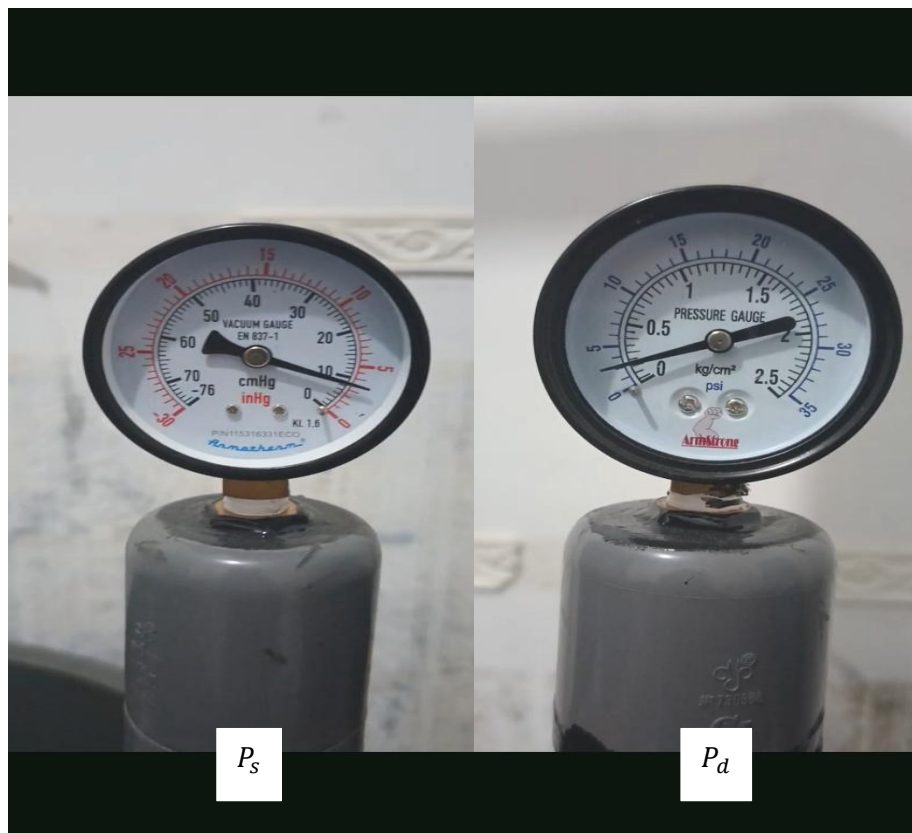
Gambar 46. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 5 sudu di n 1741 rpm



Gambar 47. Pengukuran Q pada impeler 5 sudu di n 1741 rpm



Gambar 48. Pengukuran P_l pada impeler 5 sudu di n 1418 rpm



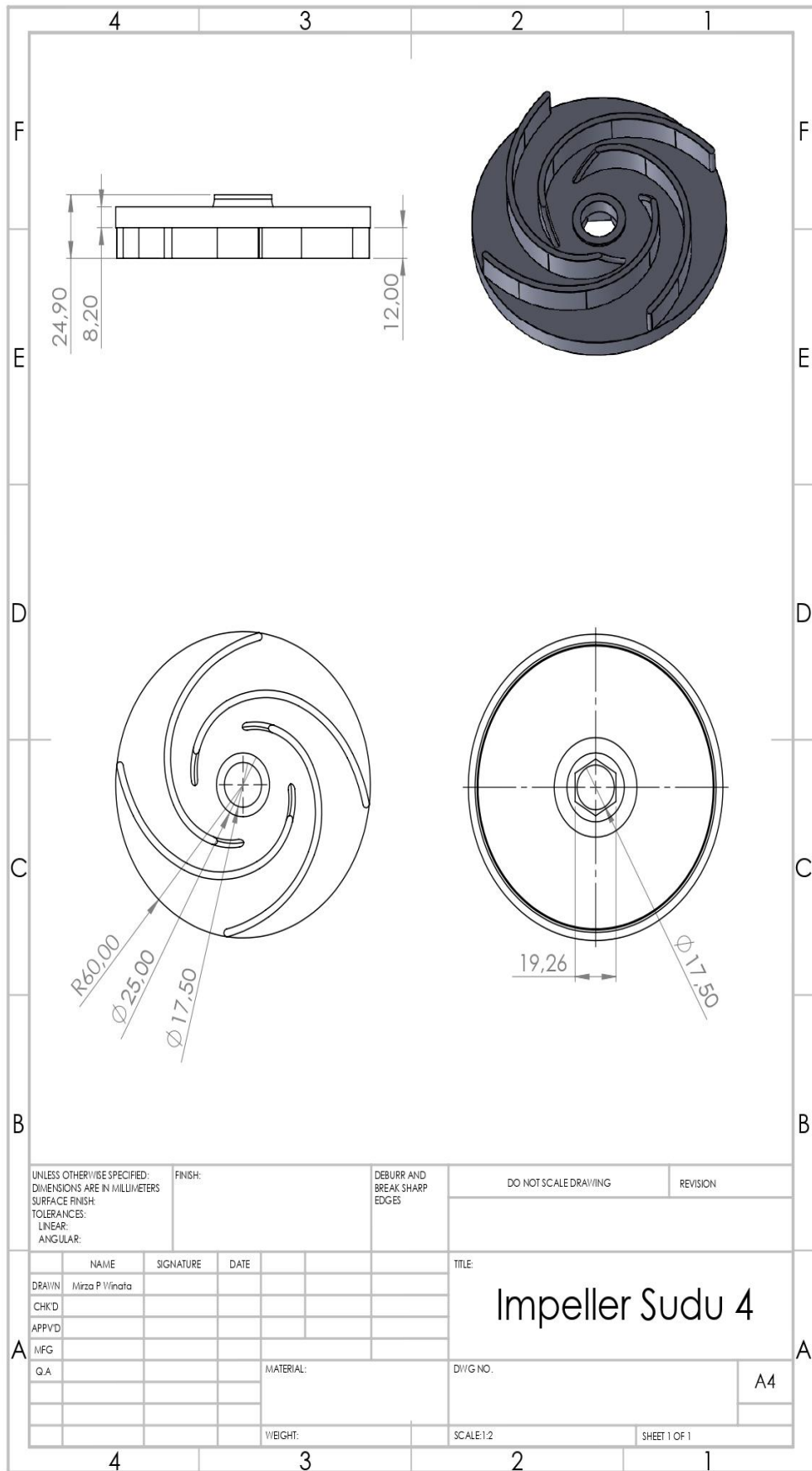
Gambar 49. Pengukuran P_s dan P_d pada impeler 5 sudu di n 1418 rpm



Gambar 50. Pengukuran Q pada impeler 5 sudu di n 1418 rpm

Lampiran 2.

Gambar Teknik



Lampiran 3.

SK Pembimbing



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Pp/PT/III/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.tiktok.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 1697/IL.3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 28 Agustus 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : MIRZA PRASETYA WINATA
Npm : 2107230192
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 8 (Delapan)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH VARIASI PUTARAN DAN JUMLAH SUDU
TERHADAP KINERJA POMPA SENTRIFUGAL .
Pembimbing : Dr . MUNAWAR ALFANSURY SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 04 Rabiul Awal 1447 H
28 Agustus 2025 M



Dr. Munawar Alfansury Siregar, ST.MT
NIDN/NUPTK:0101017202/7433750651131152



Lampiran 4.

Lembar Asistensi

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh Variasi Putaran Dan Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal
 Nama : Mirza Prasetya Winata
 NPM : 2107230192
 Dosen Pembimbing : Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	24/10 - 24	Latihan Blakang dan Fyru	f.
2.	7/11 - 24	Metode dan desain alat uji	f.
3.	19/11 - 24	Rujukan jurnal	f.
4.	29/11 - 25	Sistematika pengujian	f.
5.	14/12 - 25	Perbaiki proposal	f.
6.	2/1 - 25	ACC seminar prosal	f.
7.	16/1 - 25	ACC seminar prosal	f.
8.	28/1 - 25	Caranya analisa dan perbaiki	f.
9.	17/10 - 25	pelajari terkait eff. hidrolis dan daya hidrolis	f.
10.		ACC seminar hasil	f.
11.		dapat dibelikan Piday Sarjana ACC	f.

**Lampiran 5.
Berita Acara
Seminar Hasil
Penelitian**

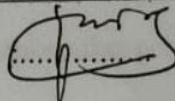
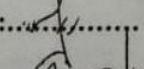
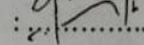
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2025 – 2025**




Peserta seminar

Nama : Mirza Prasetya Winata

NPM : 2107230192

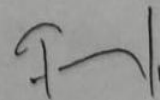
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Putaran Dan Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Dr .Munawar A Siregar ST.MT	
Pembanding – I : H.Muharnif M.ST.M. Sc	
Pembanding – II : Chandra A Siregar ST. MT	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2107230043	ACEI SYAHRIL	
2	2107230089	Bara Aulia Putra	
3	1907250108	Edwardin. Z	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 12 Jumadil Akhir 1447 H
02 Desember 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Mirza Prasetya Winata
NPM : 2107230192
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Putaran Dan Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal

Dosen Pembanding - I : H.Muharnif M.ST.M. Sc
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar ST. MT
Dosen Pembimbing - I : Dr .Munawar A Siregar ST.MT

KEPUTUSAN

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


.....
.....
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :


.....
.....
.....
.....

Medan 12 Jumadil Akhir 1447 H
02 Desember 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin


Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- 1


H.Muharnif M.ST.M. Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Mirza Prasetya Winata
NPM : 2107230192
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Putaran Dan Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal

Dosen Pembanding – I : H.Muharnif M.ST.M. Sc
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr .Munawar A Siregar ST.MT

KEPUTUSAN

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

lihat buku tugas akhir.
.....
.....
.....

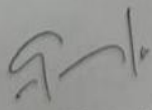
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

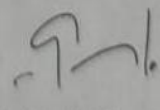
.....
.....
.....
.....

Medan 12 Jumadil Akhir 1447 H
02 Desember 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II


Chandra A Siregar ST.MT


Chandra A Siregar ST.MT

Lampiran 6.
Daftar Riwayat
Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Mirza Prasetya Winata
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Bulu Cina, 26 Mei 1993
Alamat : Dusun 13 Tegal Rejo, Desa Bulu Cina, H. Perak
Agama : Islam
E-mail : winatamirza@gmail.com
No. Handphone : 089528197813

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

- | | |
|--|-----------------|
| 1. SDN 106796 Tegal Rejo | Tahun 1999-2005 |
| 2. SMPN 1 Hamparan Perak | Tahun 2005-2008 |
| 3. SMK Swasta Pelita Bulu Cina | Tahun 2008-2011 |
| 4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | Tahun 2021-2026 |