

# **TUGAS AKHIR**

## **KARAKTERISTIK UNJUK KERJA POMPA (PAT) MENGUNAKAN DUA POMPA HISAP SUSUNAN PARALEL UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK**

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

**Disusun Oleh:**

**AHMAD ALFIAN LUBIS**  
**1307230211**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN 2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

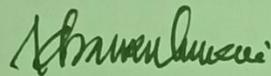
Nama : Ahmad Alfian Lubis  
NPM : 1307230211  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Karakteristik Unjuk Kerja Pompa Sebagai Turbin (PAT)  
Menggunakan Dua Pompa Hisap Susunan Paralel Untuk  
Pembangkit Listrik.  
Bidang ilmu : Kompersi

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, September 2020

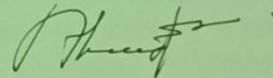
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Khairul Umurani S.T., M.T

Dosen Penguji II



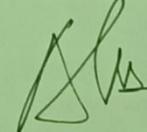
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



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

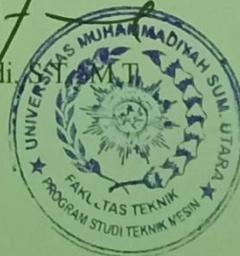
Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,

Affandi



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Ahmad Alfian Lubis  
Tempat /Tanggal Lahir : Sabadolok, 02-Mei-1995  
NPM : 1307230211  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Karakteristik Unjuk Kerja Pompa Sebagai Turbin (PAT) Menggunakan Dua Pompa Hisap Susunan Paralel Untuk Pembangkit Listrik ”**

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 hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari di duga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di prosesoleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaaan saya.

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

Medan, September 2020

Saya yang menyatakan,



Ahmad AlfianLubis

## ABSTRAK

*Pump As Turbines* (PATs) merupakan inovasi tepat guna yang dapat mengubah pompa sentrifugal menjadi turbin yang menghasilkan energy listrik. *Pump As Turbines* (PATs) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggeraknya seperti sumber air atau saluran air dengan cara memanfaatkan ketinggian air (*head*) dan jumlah debit air (*Q*). Pada *Pump As Turbines* (PATs) prinsip kerja pompa dibalik menjadi mesin tenaga yang mengkonversikan energy potensial menjadi energy kinetik, karena pompa digunakan sebagai pengganti turbin air. Penelitian pompa sebagai turbin ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik unjuk kerja pompa sebagai turbin. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu: pompa sebagai turbin, pompa sumber, alternator, flow meter, pipa-pipa, alat-alat ukur, dan lain-lain. Penelitian dimulai dengan merancang dan merangkai pipa-pipa untuk mengalirkan air dari bak sirkulasi ke pompa sumber, kemudian masuk ke pompa sebagai turbin dan air yang keluar dari pompa sebagai turbin dialirkan ke bak. Setelah semua terpasang dilakukan percobaan awal, kemudian baru dilakukan tahap pelaksanaan dan pengambilan data. Dalam penelitian ini data yang diambil yaitu: putaran pada poros turbin, tegangan dan arus yang dihasilkan setiap pembebanan, dan debit air yang masuk melalui flow meter ke turbin per satuan waktu yang terukur. Dari hasil penelitian didapat efisiensi tertinggi sebesar 1,168% pada debit = 0,000179 / detik, head = 0,218 m dan  $N_q = 130,13$  rpm dan menghasilkan daya keluar sebesar 5,99 watt.

Kata kunci: Efisiensi, debit, *head*, kecepatan spesifik *pump as turbine* (PAT)

## **ABSTRACT**

*Pump As Turbines (PATs) are effective innovations that can turn a centrifugal pump into a turbine that produces electrical energy. Pump As Turbines (PATs) is a small-scale power plant that uses hydropower as its driving force such as water sources or waterways by utilizing the water level (head) and the amount of water discharge ( $Q$ ). In Pump As Turbines (PATs) the working principle of a pump is reversed into a power engine that converts potential energy into kinetic energy, because the pump is used instead of a water turbine. Research pump as turbine is intended to determine the performance characteristics of pumps as turbines. The tools used in the research are: pumps as turbines, pumps sources, alternators, flow meters, pipes, measuring tools, and others. The study began by designing and assembling pipes to drain water from the tub to the circulating pump source, then go to the pump as turbine and the water coming out of the pump as turbine poured into tubs. After all is installed conducted initial experiments, then just do the stage of implementation and data collection. In this study, the data were taken, namely: rotation on the turbine shaft, voltage and current generated by each of the loading and discharge of water entering through the flow meter to the turbine per unit time measured. The result is the highest efficiency of 1,168% on debit = 0,000179 / sec, head = 0,218 m and  $N_q = 130,13$  rpm and produces a power output of 5,99 watt.*

*Keywords: efficiency, debit, head, specific speed Pump As Turbines (PATs)*

## KATA PENGANTAR

Dengannama 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 Tugas Akhir ini yang berjudul **“Karakteristik Unjuk Kerja Pompa Sebagai Turbin (PAT) Menggunakan Dua Pompa Hisap Susunan Paralel Untuk Pembangkit Listrik”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar , S.T., M.T, Dekan fakultas teknik selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji serta Wakil Dekan III Fakultas Teknik UMSU, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T dan Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Saipan Nur Lubis dan Sahrani Batubara, yang telah bersusah payah mendidik, menasehati dan pengorbanan yang tidak dapat ternilai dengan apapun.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Amir hamjah , Dede Deni, Selamat Junaidi, Muhammad Suaib Aulia Nasution, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebutkan satu persatu, Juga teman – teman seperjuangan satu kost.

Laporan 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 dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, September 2020

Ahmad Alfian Lubis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Tujuan penelitian	2
1.4.1 Tujuan Umum Penelitian	2
1.4.2 Tujuan khusus penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Prinsip Dasar Pompa Sentrifugal	4
2.2. Pinsip Kerja Pompa Sentrifugal	5
2.3. Bagian-bagian Pompa Sentrifugal	6
2.4. Kelebihan Dan Kekurangan Pompa Sentrifugal	10
2.5. Dasar Perhitungan Pompa	10
2.6. Pemipaan Paralel	15
2.6.1 Pengoperasian Pompa Tersusun Paralel	17
2.7. Aliran Zat Cair Dan Bentuk Energinya	18
2.8. Daya Yang Dihasilkan Turbin	19
2.9. Kecepatan Spesifik	19
2.10. Pengertian Turbin	20
2.11. Komponen Turbin	22
2.12. Prinsip Bernouli	22
2.13. Alternator	24
2.14. Persamaan Yang Digunakan	25
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>27</b>
3.1 Tempatdan Waktu Penelitian	27
3.1.1 Tempat	27
3.1.2 Waktu	27
3.2 Sarana Pengujian	27
3.3 Spesifikasi Pompa	27
3.4 Alat Dan Bahan	28
3.5 Jalannya Penelitian	32
3.5.1 Tahap Persiapan	32
3.5.2 Tahap Pelaksanaan Penelitian	34

3.6	Diagran Alir	35
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	<b>36</b>
4.1	Perhitungan Pada Pompa Penggerak	36
4.1.1	Kapasitas Debit Air	36
4.1.2	Kecepatan Aliran Pipa	36
4.2	Perhitungan Head	37
4.2.1	Head Statis Total	37
4.2.2	Head Kerugian Gesek Dalam Pipa Hisap Dengan Bilangan Reynold	37
4.2.3	Head Kerugian Gesek Pada Pipa Lurus Hisap	38
4.2.4	Kerugian Head Akibat Sambungan Elbow 90° Pipa Hisap	38
4.2.5	Kerugian Head Pada Katup Hisap Dan Saringan	38
4.2.6	Head Kerugian Gesek Dalam Pipa Tekan	39
4.2.7	Kerugian Keseluruhan Pada Pipa Tekan	39
4.2.8	Kerugian Head Akibat Sambungan Elbow 90° Pipa Tekan	39
4.2.9	Head Keseluruhan Dari Pipa Hisap Dan Pipa Tekan	39
4.2.10	Head Total Pompa	40
4.2.11	Daya Hidrolis	40
4.3	Efisiensi Pompa	40
4.3.1	Efisiensi Pompa 1	40
4.3.2	Efisiensi Pompa 2	40
4.4	Daya Pompa 1	41
4.4.1	Daya Pompa 1	41
4.4.2	Daya Pompa 2	41
4.5	NPSH Yang Tersedia	41
4.6	Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaannya Katup ½	41
4.6.1	Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaannya Katup ½ Dengan Beban 0 Watt	41
4.6.2	Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaannya Katup ½ Dengan Beban 5 Watt	42
4.6.3	Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaannya Katup ½ Dengan Beban 10 Watt	43
4.7	Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaannya Katup Penuh	44
4.7.1	Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaannya Katup Penuh Dengan Beban 0 Watt	44
4.7.2	Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaannya Katup Penuh Dengan Beban 5 Watt	45
4.7.3	Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaannya Katup Penuh Dengan Beban 10 Watt	46
4.8	Data Dan Grafik Putaran Pompa Terhadap Kecepatan Spesifik Turbin Bukaannya ½	48
4.9	Data Dan Grafik Putaran Pompa Terhadap Kecepatan Spesifik Turbin Bukaannya Penuh	50
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>53</b>

5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data hasil perhitungan putaran pompa terhadap kecepatan Spesifik turbin	45
Tabel 4.2 Data hasil perhitungan putaran sebagai turbin	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Utama Pompa Sentrifugal	6
Gambar 2.1 <i>Stuffing box</i>	6
Gambar 2.3 Packing	7
Gambar 2.4 <i>Shaft</i> (poros)	7
Gambar 2.5 <i>Shaft Sleeve</i>	7
Gambar 2.6 Vane	8
Gambar 2.7 <i>Cassing</i>	8
Gambar 2.8 <i>Eye Of Impeller</i>	8
Gambar 2.9 <i>Bearing</i> (Bantalan)	9
Gambar 2.10 <i>Cassing Wear Ring</i>	9
Gambar 2.11 Impeller	9
Gambar 2.12 Discharge Nozzle	10
Gambar 2.13 <i>Total Dinamik Head</i> Pompa	12
Gambar 2.14 Kurva <i>head</i> , Efisiensi Dan Daya	14
Gambar 2.15 Perubahan Tekanan Pada Sisi Hisap Pompa	14
Gambar 2.16 Skematik Pemipaan Paralel	15
Gambar 2.17 Pengoperasian Pompa Sentrifugal Tersusun Paralel	17
Gambar 2.18 Grafik Pompa Sentrifugal	17
Gambar 2.19 Bentuk Energi Pada Aliran Air	18
Gambar 2.20 Daerah Penggunaan Dari Beberapa Jenis Kontruksi Turbin Yang Berbeda	20
Gambar 2.21 Prinsip Bernouli	23
Gambar 2.22 Alternator Dengan Magnet Berputar Dan Kumparan Tetap	25
Gambar 3.1 Skema Alat Penelitian	27
Gambar 3.2 Pompa Sentrifugal	28
Gambar 3.3 Flow Meter	28
Gambar 3.4 Bak Penampungan Air	28
Gambar 3.5 Pipa 1 ½ Inch	30
Gambar 3.6 Magnet Dan Spul Motor	30
Gambar 3.7 Elbow	30
Gambar 3.8 Sambungan Pipa T Stuck	31
Gambar 3.9 Multi Tester	31
Gambar 3.10 Stop Watch	31
Gambar 3.11 Tacho Meter	32
Gambar 3.12 Monometer U	32
Gambar 3.13 Rangkaian Pemasangan Pipa Pada Turbin	33
Gambar 3.14 Pemasangan Dudukan Turbin Dan Alternator	33
Gambar 3.15 Pengujian	33
Gambar 3.16 Rangkaian Susunan Paralel	34
Gambar 3.17 Pengambilan Data	34
Gambar 3.18 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 4.1 <i>Total Dinamik Head</i> Pompa	37
Gambar 4.2 Grafik Data Variasi Dengan Beban Lampu	48
Gambar 4.3 Grafik Efisiensi vs $N_q$	49
Gambar 4.4 Grafik $P_{out}$ vs $N_q$	49
Gambar 4.5 Grafik Debit, Head Dan $N_q$	50

Gambar 4.6	Grafik Data Variasi Dengan Beban Lampu	51
Gambar 4.7	Grafik Efisiensi vs $N_q$	51
Gambar 4.8	Grafik $P_{out}$ vs $N_q$	52
Gambar 4.9	Grafik Debit, Head Dan $N_q$	52

## DAFTAR NOTASI

Keterangan	Simbol	Satuan
Arus listrik	I	Ampere
Bilangan Reynold	Re	m
Berbagai kerugian head dipipa, katub, belokan	hl	mm
Diameter poros	D	mm
Diameter pipa	d	Inchi
Debit aliran	Q	m <sup>3</sup> /s
Debit aliran sisi isap	Q <sub>i</sub>	m <sup>3</sup> /s
Debit aliran sisi tekan	Q <sub>t</sub>	m <sup>3</sup> /s
Daya hidrolis	Nh	kW
Daya listrik	p	Volt
Daya air	P <sub>in</sub>	m <sup>3</sup> /detik
Efisiensi pompa		%
Efisiensi turbin		%
Faktor gesekan	f	
Faktor akibat adanya katub isap dengan saringan	k	
Head statis pada sisi tekan	Z <sub>t</sub>	m
Head statis pada sisi isap	Z <sub>i</sub>	m
Head kerugian gesek dalam pipa	h <sub>f</sub>	m
Head total	H	m
Head statis total	H <sub>s</sub>	m
Kerugian keseluruhan pada pipa tekan	hl <sub>t</sub>	m
Kerugian keseluruhan pada pipa isap	hl <sub>i</sub>	m
Kerugian head pada sambungan	hl <sub>1</sub>	
Kerugian head pada katub isap dengan saringan	hl <sub>2</sub>	
Kecepatan aliran	V	m/s
Kecepatan aliran pada sisi tekan	V <sub>t</sub>	m/s
Kecepatan aliran pada sisi isap	V <sub>i</sub>	m/s
Kecepatan putaran turbin		rpm
Kecepatan spesifik turbin		rpm
Luas penampang	A	m <sup>2</sup>
Massa jenis air		kg/m <sup>3</sup>
Massa jenis fluida	γ	kg/m <sup>3</sup>
Nilai kekasaran pada pipa (PVC)	ε	
NPSH	h <sub>sv</sub>	m
Putaran	n	rpm
Putaran spesifik	n <sub>s</sub>	rpm
Percepatan gravitasi	g	m/s <sup>2</sup>
Perbedaan head tekan	Δhp	m
Volume	V	m <sup>3</sup>
Viskositas kinetik zat cair	υ	m <sup>2</sup> /s
Waktu	t	s

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan sebuah bentuk energi yang sangat mempengaruhi aktifitas manusia karena efisiensi dan kemudahan dalam banyak hal misalnya, menyimpan, memindahkan dan mendistribusikannya. Pompa merupakan pesawat angkut yang bertujuan untuk memindahkan zat cair melalui saluran tertutup. Pompa dapat menghasilkan suatu tekanan dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi. Atas dasar kenyataan tersebut maka pompa harus mampu membangkitkan tekanan fluida sehingga dapat mengalir atau berpindah. Aplikasi pompa ini biasanya digunakan hanya untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, rumah tangga maupun industri untuk mendapatkan air. Di sisi lain aplikasi pompa ini juga dapat difungsikan sebagai turbin.

Pompa yang dimanfaatkan sebagai turbin disebut dengan PAT dan teknologi ini bisa bersaing dengan turbin konvensional sehubungan dengan maksimalnya efisiensi pompa sebagai turbin.

Beberapa tipe pompa air dapat diaplikasikan sebagai turbin air, biasanya pompa digerakkan oleh motor listrik untuk menaikkan sejumlah air sampai ketinggian tertentu. Pada aplikasi pompa sebagai turbin, prinsip kerja pompa dibalik yaitu diberi jatuhnya air dari ketinggian tertentu melalui saluran keluar untuk memutar *impeler* pompa dan mengeluarkan air dari saluran masuk pompa tersebut. Kemudian putaran impeler ini akan diteruskan untuk memutar alternator sehingga dihasilkan tenaga listrik. Tenaga listrik yang dihasilkan tergantung dari pada karakteristik unjuk kerja pompa sebagai turbin dimana yang mempengaruhi unjuk kerja tersebut adalah head, debit, kecepatan spesifik dan putaran spesifik.

Pada bagian ini penulis akan membahas lebih lanjut tentang pompa yang dijadikan sebagai turbin dengan debit air masuk menggunakan satu pompa hisap untuk pembangkit listrik. Adapun judul pembahasan yang diangkat adalah

*“KARAKTERISTIK UNJUK KERJA POMPA SEBAGAI TURBIN (PAT) MENGGUNAKAN DUA POMPA HISAP SUSUNAN PARALEL UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK”.*

1.2. Rumusan masalah

- Bagaimana menentukan karakteristik unjuk kerja pompa sebagai turbin (PAT) dengan debit air yang banyak.

1.3. Batasan masalah

- Untuk menggerakkan pompa sebagai turbin (PAT) dengan debit air yang banyak digunakan pompa dengan susunan paralel.
- Pompa sebagai turbin yang digunakan adalah jenis pompa sentrifugal dengan diameter pipa 1½” maka jenis pompa lain dan diameter yang berbeda tidak akan dibahas.

1.4. Tujuan penelitian

1.4.1. Tujuan umum penelitian ini adalah:

- Untuk menganalisa daya pompa dengan debit air yang masuk ditunjukkan dengan konstur grafik.

1.4.2. Tujuan khusus penelitian adalah:

- Untuk menganalisa efisiensi pompa dengan debit air yang masuk ditunjukkan dengan konstur grafik.
- Untuk menganalisa daya pompa terbesar dengan debit air yang masuk ditunjukkan dengan konstur grafik.

1.5. Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan pengetahuan tentang tenaga air atau *waterpower*, terutama yang berkaitan dengan pemanfaatan pompa sebagai turbin (PAT) dengan debit air yang banyak menggunakan dua pompa hisap disusun secara paralel.

1.6. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dibuat dalam 5 bab dengan pembahasan masing-masing bab adalah sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan

Pembahasan tentang latar belakang perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan manfaat penelitian sistematika penulisan.

2. Bab 2 Tinjauan Pustaka

Uraian tentang teori-teori pendukung yang ada dan berkaitan dgn pembahasan yang sedang dibuat.

3. Bab 3 Metode Penelitian

Pembahasan tentang metodologi, lokasi penelitian, peralatan pendukung serta bahan-bahan, prinsip kerja, diagram blok sistem dan flowchart sistem.

4. Bab 4 Hasil Dan Pembahasan

Pembahasan tentang hasil rancangan, yaitu hasil pengujian, analisa dan sebagainya.

5. Bab 5 Kesimpulan

Kesimpulan dan saran

Daftar Pustaka

Lampiran

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1. Prinsip Dasar Pompa Sentrifugal

Pompa merupakan suatu alat untuk memindahkan fluida zat cair yang memiliki sifat mengalir dari suatu tempat bertekanan tinggi / elevasi lebih tinggi ke tempat yang bertekanan lebih rendah / elevasi lebih rendah membuat pompa digunakan untuk membangkitkan tekanan fluida sehingga dapat mengalir dari suatu tempat bertekanan yang lebih rendah / elevasi rendah ke tempat bertekanan yang lebih tinggi / elevasi lebih tinggi. Pada beberapa kasus, untuk memindahkan zat padat yang berbentuk bubuk atau tepung dapat digunakan pompa dengan spesifikasi tertentu. Prinsip kerja pompa adalah menghisap dan melakukan penekanan terhadap fluida.

Pada sisi hisap (*suction*) elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang dihisap. Akibatnya fluida akan mengalir ke ruang pompa. Oleh elemen pompa, fluida ini akan didorong atau diberikan tekanan sehingga fluida akan mengalir ke dalam saluran tekan (*discharge*) melalui lubang tekan. Proses kerja ini akan berlangsung terus selama pompa beroperasi.

Pompa melakukan kerja hisap dan menekan membutuhkan energi yang berasal dari penggerak pompa. Energi mekanis dari penggerak pompa oleh elemen pompa akan diubah menjadi energi tekan pada fluida sehingga fluida akan memiliki daya air. Energi dari penggerak pompa selain untuk memberi daya alir pada fluida juga digunakan untuk melawan perbedaan energi potensial, mengatasi hambatan dalam saluran yang diubah menjadi panas. Energi yang digunakan untuk mengatasi hambatan dan yang diubah menjadi panas merupakan kerugian energi bagi pompa.

Dari keterangan diatas maka dapat disimpulkan fungsi pompa adalah untuk mengubah energi mekanis dari penggerak pompa menjadi energi tekan dalam fluida sehingga akan menjadi aliran fluida atau perpindahan fluida melalui saluran tertutup. Perpindahan zat cair dapat terjadi menurut arah horizontal maupun vertikal, seperti zat cair yang berpindah secara mendatar akan mendapat hambatan berupa gesekan dan turbulensi. Pada perpindahan zat cair dengan arah

vertikal, hambatan yang timbul yang diakibatkan adanya perbedaan tinggi antara permukaan isap (*suction*) dan permukaan tekan (*discharge*).

Klasifikasi pompa berdasarkan cara pemindahan dan pemberian energi pada cairan dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu pompa kerja positif dan pompa kerja dinamis.

#### 1. Pompa pemindah positif

Pompa jenis ini merupakan pompa dengan ruangan kerja yang secara periodik berubah dari besar ke kecil atau sebaliknya, selama pompa bekerja. Energi yang diberikan kepada cairan ialah energi potensial, sehingga cairan berpindah volume per volume.

Yang termasuk dalam kelompok pompa pemindah positif antara lain:

- Pompa *Reciprocating*
- Pompa *Diaphragma*
- Pompa *Rotari*

#### 2. Pompa kerja dinamis

Pompa jenis ini adalah pompa dengan volume ruang yang tidak berubah pada saat pompa bekerja. Energi yang diberikan pada cairan adalah energi kecepatan, sehingga cairan berpindah karena adanya perubahan energi kecepatan yang kemudian diubah menjadi energi dinamis di dalam rumah pompa itu sendiri.

Yang termasuk dalam kelompok pompa kerja dinamis antara lain:

- Pompa kerja khusus
- Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*)

### 2.2. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa dengan prinsip kerja sebagai berikut:

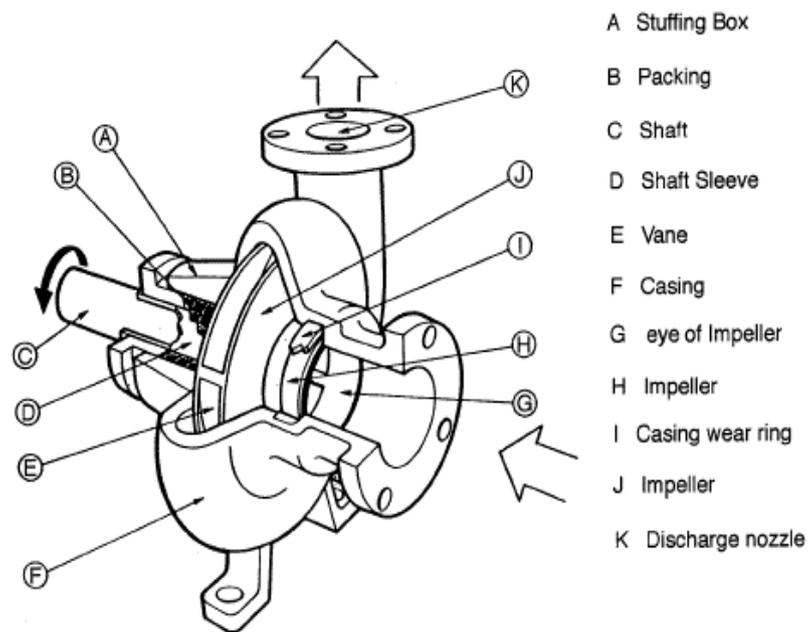
1. Energi mekanik dari unit penggerak dikonversikan menjadi energy cairan akibat adanya gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh impeler yang berputar.
2. Energi kecepatan cairan kemudian dirubah menjadi energi potensial didalam dengan cara memperlambat laju cairan.

3. Energi tekanan cairan yang keluar dari pompa sentrifugal merupakan tekanan cairan dibagian sisi tekan *discharge*.

Dengan demikian pompa sentrifugal memiliki prinsip kerja mengkonversikan energi mekanik menjadi kecepatan fluida selanjutnya energi kecepatan fluida diubah menjadi energi tekanan keluar dari pompa.

### 2.3. Bagian – Bagian Pompa Sentrifugal

Secara umum bagian – bagian utama pompa sentrifugal dapat dilihat seperti Gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1. Komponen utama pompa sentrifugal.

#### a. *Stuffing Box*

*Stuffing Box* berfungsi untuk menerima kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus *casing* seperti terlihat pada gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 *Stuffing box*

b. *Packing*

Digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari *casing* pompa melalui poros seperti terlihat pada gambar 2.3 di bawah ini:



Gambar 2.3 *Packing*

c. *Shaft* (poros)

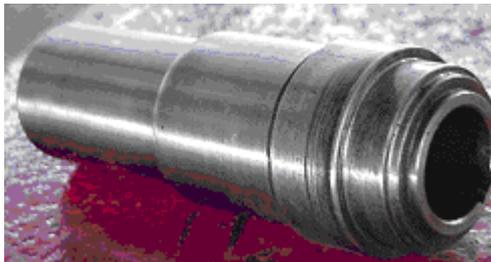
Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan impeler dan bagian-bagian berputar lainnya seperti terlihat pada gambar 2.4 di bawah ini:



Gambar 2.4 *Shaft* (Poros)

d. *Shaft sleeve*

*Shaft sleeve* berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi, dan keausan pada *stuffing box* seperti terlihat pada gambar 2.5 di bawah ini:



Gamabar 2.5 *Shaft Sleeve*

e. *Vane*

Sudu dari impeler sebagai tempat berlalunya cairan pada impeler seperti terlihat pada gambar 2.6 di bawah ini:



Gambar 2.6 Vane

f. *Casing*

Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *diffuser (guide vane)*, *inlet* dan *outlet nozzle* serta tempat memberikan arah aliran dari impeler dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*) seperti terlihat pada gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.7 Casing

g. *Eye of Impeller*

Bagian sisi masuk pada arah isap impeller seperti terlihat pada gambar 2.8 di bawah ini:



Gambar 2.8 *Eye of Impeller*

h. *Bearing* (bantalan)

Berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban *radial* maupun beban *axial*. *Bearing* juga

memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil seperti terlihat pada gambar 2.9 di bawah ini:



Gambar 2.9 *Bearing* (Bantalan)

i. *Casing Wear Ring*

*Casing Wear Ring* berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan impeler maupun bagian belakang impeler, dengan cara memperkecil celah antara *casing* dengan impeler seperti terlihat pada gambar 2.10 di bawah ini:



Gambar 2.10 *Casing Wear Ring*

j. *Impeller*

*Impeller* berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus-menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya seperti terlihat pada gambar 2.11 di bawah ini:



Gambar 2.11 *Impeller*

k. *Discharge Nozzle*

*Discharge nozzle* berfungsi untuk mengeluarkan cairan dari impeler. Di dalam *nozzle* ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan seperti terlihat pada gambar 2.12 di bawah ini:



Gambar 2.12 *Discharge Nozzle*

#### 2.4. Kelebihan dan Kekurangan Pompa Sentrifugal

##### 1. Kelebihan pompa sentrifugal:

- Menghasilkan aliran yang terus-menerus dengan kapasitas yang besar.
- Harga pompa dan biaya pemeliharaannya relatif murah dibandingkan pompa jenis lain.
- Dapat dihubungkan langsung dengan motor listrik maupun turbin
- *Getaran* dan kebisingan rendah pada operasi normal .

##### 2. Kekurangan pompa sentrifugal:

- Mudah mengalami kavitasi .
- *Casing* harus terisi penuh sebelum pompa dijalankan.
- Pada kapasitas rendah efisiensi juga rendah.
- Kurang baik untuk cairan yang kental.

#### 2.5. Dasar Perhitungan Pompa

##### 1. Persamaan Kontinuitas

Persamaan ini dikembangkan dari hukum kekekalan energi. Aliran fluida yang mengalir di dalam pipa memiliki kecepatan yang diberikan menurut persamaan kontinuitas untuk aliran yang stabil (*steady state*) yang tidak tergantung oleh waktu:

$$m = \rho_1.v_1.A_1 = \rho_2.v_2.A_2 \quad (2.1)$$

Sedangkan,

$$Q = v.A$$

Sehingga,

$$\rho_1.Q_1 = \rho_2.Q_2$$

Untuk fluida *incompressible*,

$$\rho_1 = \rho_2$$

Maka,

$$Q_1 = Q_2$$

Jadi persamaan diatas dapat ditulis:

$$v_1.A_1 = v_2.A_2 \quad (2.2)$$

## 2. Aliran pada Pompa

Kecepatan fluida yang mengalir pada pipa menuju pompa, dapat dihitung dengan persamaan:

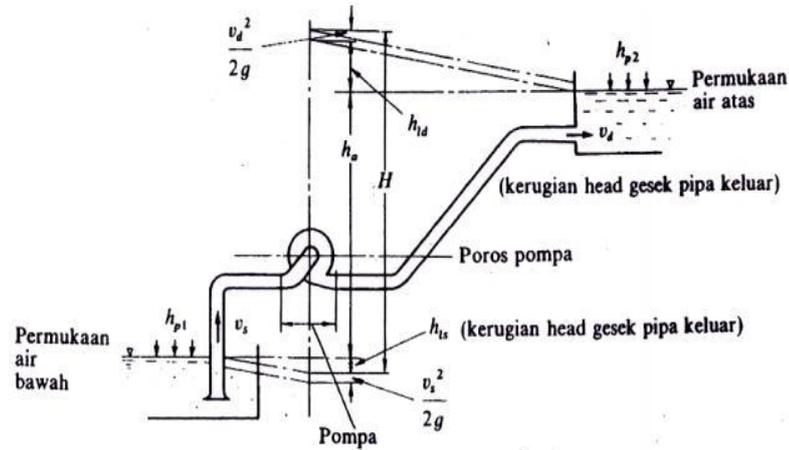
$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.3)$$

## 3. Head Total Pompa

Dalam merancang suatu sistem pompa, pertama-tama harus diketahui debit dan *head* yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompakan. Pengertian *head* pompa adalah energi yang dapat diberikan pompa dalam satuan elevasi. *Head* pompa berbeda-beda tergantung dari berat jenis fluida yang dialirkan, tetapi *standard* yang biasa digunakan produsen pompa untuk memberikan spesifikasi *head* pompa adalah *head* pompa dalam kolom air.

*Total Dynamic Head* secara umum digunakan untuk merancang sistem pompa dengan memperhitungkan tekanan permukaan, perbedaan kecepatan aliran, perbedaan tinggi, dan rugi-rugi yang akan terjadi di dalam sistem perpipaan. Hasil perhitungan dari *Total Dynamic Head* adalah *head* minimum yang harus disediakan pompa untuk mengalirkan fluida sesuai dengan sistem pompa yang sudah direncanakan. Pada

Gambar 2.13 dan persamaan 2.2 adalah penjelasan tergambar untuk menghitung *Total Dynamic Head*:



Gambar 2.13. *Total Dynamic Head* pompa

$$DH = \Delta H_p + HST + HL + H_v \quad (2.4)$$

*Head* total pompa salah satunya dipengaruhi oleh berbagai kerugian pada sistem perpipaan yaitu gesekan dalam pipa, katup, belokan, sambungan, *reducer* dll. Untuk menentukan *head* total yang harus disediakan pompa, perlu menghitung terlebih dahulu kerugian-kerugian pada instalasi. Dimana kerugian-kerugian tersebut akan dijumlahkan untuk mengetahui kerugian *head* yang terjadi dalam instalasi.

#### 4. Daya pada Sistem pompa

Daya dapat diartikan energi per satuan waktu. Daya yang berhubungan pada sistem pompa ada tiga yaitu, daya air (*Water Horse Power*), daya poros (*Brake Horse Power*), dan daya listrik untuk menjalankan sistem pompa. Besarnya daya tersebut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- Daya air (*Water Horse Power*)

Daya hidrolis (daya pompa teoritis) adalah daya dari pompa sentrifugal yang digunakan untuk mengalirkan debit pada *head* tertentu.

Daya air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$WHP = \frac{\gamma, H, Q}{1000} \quad (2.5)$$

- Daya Poros (*Brake Horse Power*)

Daya poros yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa adalah sama dengan daya hidrolis ditambah kerugian daya didalam pompa.

Daya ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$BHP = \frac{WHP}{\eta_{pompa}} \quad (2.6)$$

- Daya Motor

Daya Penggerak (*Driver*) adalah daya poros dibagi dengan efisiensi mekanis (efisiensi transmisi). Dapat dihitung dengan rumus :

$$pin = \frac{BHP}{\eta_{motor}} \quad (2.7)$$

Bila ditinjau dari motor 3 fasa, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

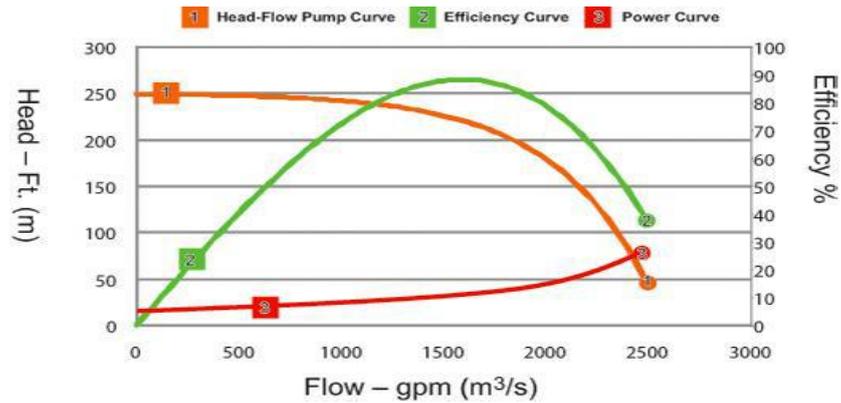
$$pin = \sqrt{3V \cdot \cos\phi} \quad (2.8)$$

## 5. Karakteristik Pompa

Karakteristik dari pompa sentrifugal merupakan hubungan antara tekanan yang dibangkitkan (*head*) dan debit aliran (kapasitas). Karakteristik dapat juga menyertakan kurva efisiensi dan harga BHPnya. Karakteristik pompa sentrifugal dapat digambarkan dalam kurva karakteristik yang melukiskan jalannya lintasan dan besaran-besaran tertentu terhadap besaran kapasitas, besaran-besaran itu adalah:

- *Head* pompa (*H*)
- Daya poros pompa (*BHP*)
- Efisiensi pompa ( )

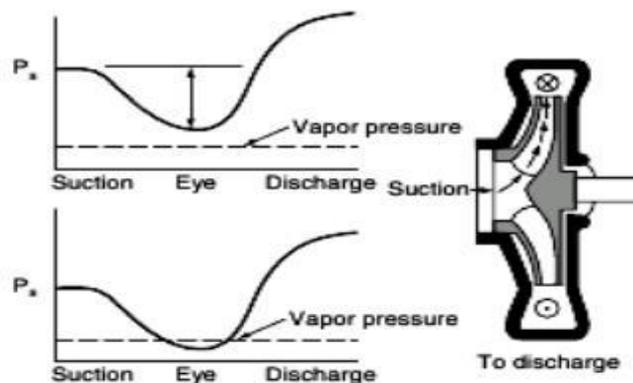
Karakteristik pompa berbeda-beda berdasarkan pada jenis pompa, putaran spesifik, dan pabrik pembuatnya. Contoh karakteristik sebuah pompa dapat digambarkan pada Gambar 2.14 Kurva-kurva karakteristik yang menyatakan besarnya *head* total pompa, daya poros, dan efisiensi pompa terhadap kapasitasnya. Kurva performansi tersebut, pada umumnya digambarkan pada putaran yang tetap. Kurva efisiensi terhadap kapasitas dari pompa sentrifugal umumnya berbentuk lengkung seperti kurva dan dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah ini:



Gambar 2.14. Kurva *head*, efisiensi, dan daya

## 6. Kavitasasi

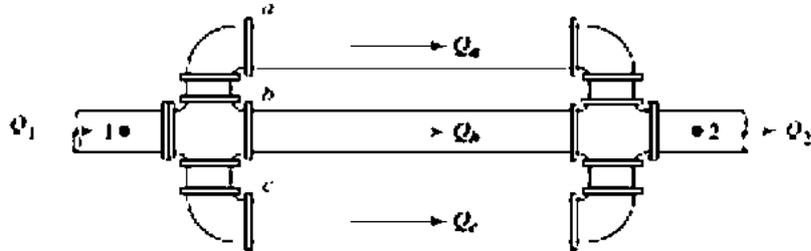
Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya turun sampai dibawah tekanan uap jenuhnya. Ketika zat cair terhisap pada sisi isap pompa, maka tekanan pada permukaan zat cair akan turun. Menurunnya tekanan hingga mencapai tekanan uap jenuhnya mengakibatkan cairan akan menguap dan membentuk gelembung uap. Selama bergerak sepanjang impeler, kenaikan tekanan akan menyebabkan gelembung uap pecah dan menumbuk permukaan pompa. Jika permukaan saluran/pipa terkena tumbukan gelembung uap tersebut secara terus menerus dalam jangka lama maka akan mengakibatkan terbentuknya lubang-lubang pada dinding saluran atau sering disebut erosi kavitasasi. Pengaruh lain dari kavitasasi adalah timbulnya suara berisik, getaran dan turunnya performansi pompa. Fenomena tersebut dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.15. Perubahan tekanan pada sisi hisap pompa

## 2.6. Pemipaan Paralel

Kombinasi dua atau lebih pipa dihubungkan antara dua titik sehingga debit terbagi pada persimpangan pertama dan bergabung kembali di tempat berikutnya dikenal sebagai pipa secara paralel. Di sini kehilangan gesekan/head lossis antara kedua persimpangan adalah sama untuk semua pipa dan gambar dapat dilihat pada gambar 2.16 dibawah ini:



Gambar.2.16. Skematik pemipaan paralel

Berikut ini adalah suatu susunan pemipaan paralel ditunjukkan dalam gambar.2.16 yang pada pada intinya terdiri atas sejumlah susunan elemen pipa  $N$  yang di hubungkan pada titik A dan titik B. dengan  $\Sigma K$  komponen kerugian kecil yang terkait dengan setiap elemen pipa  $i$  persamaan kontinuitas yang diterapkan pada salah satu lokasi A dan B diberikan oleh :

$$Q = \sum \frac{N}{t} = 1Q_i \quad (2.9)$$

Jumlah aljabar garis batas energi di sekitar loop yang didefinisikan pasti nol. Seperti dalam kasus pemipaan seri, adalah kebiasaan untuk mengasumsikan bahwa Maka untuk setiap elemen pipa  $i$ , persamaan energi dari lokasi A ke B adalah:

$$\left( \frac{p}{\gamma} + Z \right)_A - \left( \frac{p}{\gamma} + Z \right)_B = \left( R_i + \frac{\Sigma k}{2gA \frac{2}{i}} \right) \quad (2.10)$$

Yang tidak diketahui pada Pers. 2.9 dan 2.10, debit pengisian  $Q$  serta perbedaan tinggi piezometrik antara A dan B, sementara debit aliran pengisian  $Q$  ke dalam sistem diketahui. Adalah mungkin untuk mengubah istilah kerugian minor, digunakan panjang ekuivalen seperti yang didefinisikan pada bagian bab

VII. Untuk setiap elemen pipa  $i$  panjang ekuivalen  $L_e$  sama seperti untuk komponen kehilangan  $\Sigma K$  minor adalah :

$$L_e = \frac{D_i}{f_i} \sum k \quad (2.11)$$

Kemudian persamaan sederhana diperoleh:

$$\left( \frac{p}{\gamma} + Z \right) A - \left( \frac{p}{\gamma} + Z \right) B = R\tau \frac{Q^2}{i} \quad (2.12)$$

Dimana koefisien resistansi pipa termodifikasi , diberikan oleh :

$$R\tau = \frac{8f_i L_i + L\epsilon_i}{g\pi^2 D \frac{5}{i}} \quad (2.13)$$

Catatan, untuk sisi kanan dari persamaan adalah ekuivalen dengan pernyataan

$$R\tau = \sum K / \left( 2gA \frac{5}{i} \right) \quad (2.14)$$

Sebuah penggunaan solusi dari metode substitusi berhasil dikembangkan dengan cara berikut. Tentukan variabel  $W$  menjadi perubahan garis batas hidrolis antara A dan B, yaitu:  $W$  A B

Persamaan 2.12. dapat diselesaikan untuk  $Q$  dalam istilah  $W$  seperti:

$$Q_i = \sqrt{\frac{W}{R_i}} \quad (2.15)$$

Persamaan 2.9. dan 2.10. dapat dikombinasikan untuk meniadakan unsur yang tidak diketahui dari pengisian  $Q$ , diperoleh :

$$Q = \sum \frac{N}{i-1} \sqrt{\frac{W}{R\tau}} = \sqrt{W} \sum \frac{N}{i-1} \frac{1}{R_i} \quad (2.16)$$

Harga sisa  $W$  yang tidak diketahui diambil dari tanda penjumlahan karena sama untuk semua pipa. Pemecahan untuk nilai  $W$  dalam persamaan 2.16. dihasilkan persamaan berikut :

$$W = \left( \frac{Q}{\sum \frac{N}{i-1} \frac{1}{\sqrt{R_i}}} \right)^2 \quad (2.17)$$

Prosedur iteratif dapat dirumuskan untuk memecahkan nilai  $W$  dan debit  $Q$  sebagai berikut:

Hitung  $R$ , untuk setiap pipa dan evaluasi  $W$  dengan Persamaan 2.16.

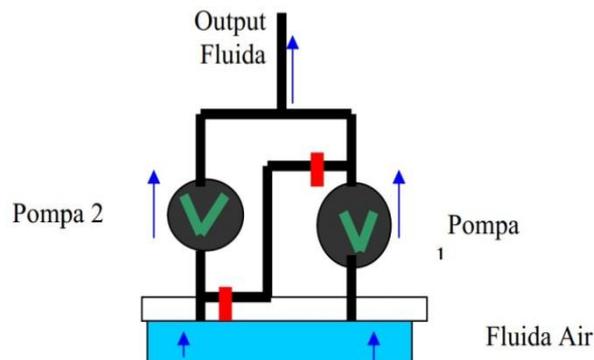
Hitung  $Q$  di setiap pipa dengan persamaan 2.15.

Perbarui perkiraan faktor gesekan di setiap baris dengan menggunakan nilai  $Q$  saat ini, Ulangi langkah 2 sampai 4 sampai tidak diketahui  $W$  dan  $Q$ , jangan bervariasi sesuai toleransi yang diinginkan.

Perhatikan bahwa jika faktor gesekan berada dalam zona yang benar-benar kasar sehingga tidak bergantung pada debit dan karena itu konstan, langkah 4 dan 5 tidak diperlukan dan hasil solusinya pada iterasi pertama. Merle C. Potter , David C. Wiggert. et .al.

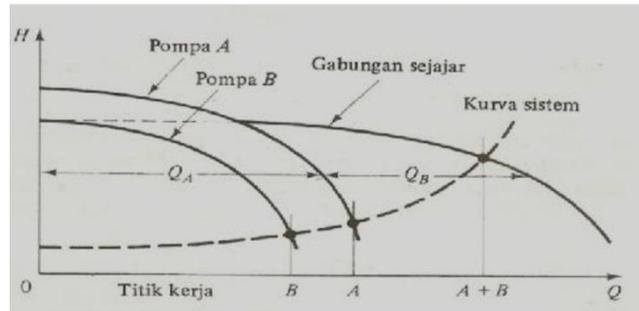
#### 2.6.1. Pengoperasian pompa sentrifugal tersusun paralel

Pengoperasian pompa tersusun paralel merupakan pengoperasian dua pompa hisap. Dimana dalam sistem kerjanya untuk pengisapan pompa satu dan dua digabungkan menjadi satu. Untuk pengoperasian pompa tersusun paralel dan dapat dilihat pada gambar 2.17 di bawah ini:.



Gambar 2.17 Pengoperasian Pompa Sentrifugal Tersusun Paralel

Untuk pengoperasian pompa yang tersusun paralel pada gambar diatas maka didapat grafik yang berbanding lurus. Dimana debit yang dihasilkan meningkat, hal ini terjadi karena debit yang dihasilkan merupakan penjumlahan dari seluruh debit pada masing-masing pompa yang beroperasi. Untuk grafik pengoperasian pompa tersusun paralel dapat dilihat pada gambar 2.18 dibawah ini:

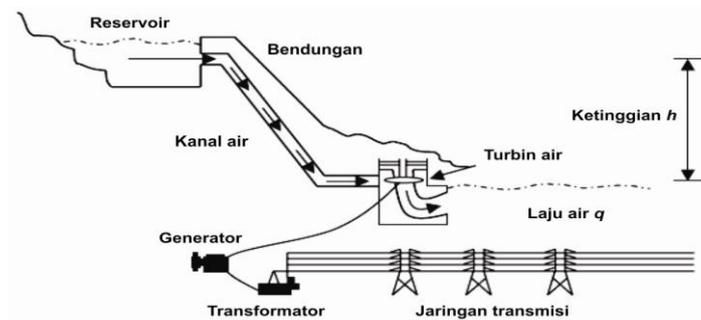


Gambar 2.18 Grafik Pompa Sentrifugal Tersusun Paralel

## 2.7. Aliran Zat Cair Dan Bentuk Energinya

Persamaan energi dihasilkan dari penerapan prinsip kekekalan energi pada aliran fluida. Energi yang dimiliki oleh suatu fluida yang mengalir terdiri dari energi dalam dan energi-energi akibat tekanan, kecepatan dan kedudukan.

Hukum Newton menyatakan tentang kekekalan energi, yang berarti energi tidak dapat dimusnahkan dan tidak dapat diciptakan tetapi dapat diubah menjadi bentuk energi lain. Arus air yang mengalir mengandung energi dan energi tersebut dapat diubah bentuknya, misalnya perubahan dari energi potensial (tekanan) ke energi kinetik (kecepatan), dan dapat dilihat seperti gambar 2.19 dibawah ini:



Gambar 2.19. Bentuk energi pada aliran air

Arti selanjutnya dari kaidah kekekalan energi adalah apabila arus air dalam alirannya dilewatkan melalui turbin air, maka energi yang ada dalam air akan diubah menjadi bentuk energi yang lain. Aliran air pada suatu standar ketinggian tertentu mempunyai bentuk-bentuk energi sebagai berikut:

Energi tempat

$$E_p = m \cdot g \cdot z \quad \text{(2.18)}$$

Energi tekanan

$$E_t = m \frac{p}{\rho} \quad \left( \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \right) \quad (2.19)$$

Energi kecepatan

$$E_k = m \frac{c^2}{2} \quad \left( \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \right) \quad (2.20)$$

Persamaan Bernoulli

Pada suatu aliran air di dalam pipa, diambil suatu selisih ketinggian  $z$  antara tinggi air atas dan tinggi air bawah, maka menurut Bernoulli, besar energi aliran tersebut adalah:

Persamaan energi

$$W = m \cdot g \cdot z + m \cdot \frac{p}{\rho} + m \frac{c^2}{2} \quad \left( \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \right) \quad (2.21)$$

Bila pada aliran tersebut diatas diambil suatu jumlah air tiap 1 kg untuk diperhitungkan, hal ini dinamakan “spesifik energi” satuannya dalam Nm/kg. Karena dibagi  $m$  akan didapat :

Persamaan spesifik energi

$$W = g \cdot z + \frac{p}{\rho} + \frac{c^2}{2} = \text{konstan} \quad \left( \frac{\text{Nm}}{\text{kg}} \right) \quad (2.22)$$

Kemudian dibagi lagi dengan percepatan gravitasi  $g$ , akan didapat salah satu ruas dari persamaan Bernoulli, yang mempunyai arti ketinggian:

Persamaan ketinggian

$$H = z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{c^2}{2g} = \text{konstan} \quad \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad (2.23)$$

Dari kapasitas air  $V$  dan tinggi air jatuh  $H$  dapat diperoleh daya yang dihasilkan turbin :

$$P = V \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta T \quad (2.24)$$

Bila massa aliran  $m$  dan tinggi air jatuh telah diketahui, maka daya yang dihasilkan:

$$P = m.g.H.\eta T \quad (2.25)$$

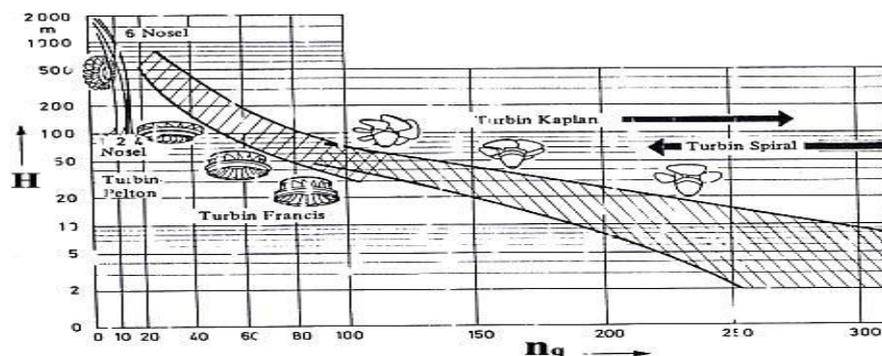
### 2.9. Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik  $nq$  dipakai sebagai tanda batasan untuk membedakan roda turbin dan dipakai sebagai suatu besaran yang penting dalam merencanakan (desain) turbin air. Persamaan  $nq$  dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\eta_q = \eta \frac{\sqrt{V}}{\sqrt[4]{H^{3/4}}} \quad (2.26)$$

Bila disebutkan, berarti  $Nq$  adalah jumlah putaran roda turbin yang bekerja pada tinggi air jatuh ( $H$ ) dan kapasitas air ( $V$ ) m<sup>3</sup>/detik (dengan jumlah putaran yang tertentu n/menit). Suatu roda turbin yang bekerja pada tinggi air jatuh yang berbeda dan kapasitas air yang berbeda, serta bekerja pada putaran yang telah ditentukan n/menit dan mempunyai harga  $Nq$  yang sama, maka turbin tersebut secara bentuk adalah mirip/serupa. Besar ukuran pokoknya adalah berbeda, Diameter roda turbin berbeda dan lebar rodanya pun berbeda, tetapi bentuk sudu, sudut sudu pengarah dan sudut-sudut sudu jalan, perbandingan diameter roda/lebarnya adalah sama.

Di lain pihak suatu turbin bisa direncanakan untuk kecepatan putar yang tertentu, tinggi air jatuh yang sama, kapasitas air sama, tetapi bekerja dengan tipe sudu yang berbeda. Dari perbedaan roda turbin meskipun untuk besarnya daya yang dihasilkan turbin sama, akan memberikan bentuk roda dan kecepatan spesifik  $Nq$  yang berbeda seperti gambar 2.20 di bawah ini:



Gambar 2.20. Daerah penggunaan dari beberapa jenis konstruksi turbin yang berbeda (Fritz Dietzel, 1992, hal 24)

## 2.10. Pengertian Turbin

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

### 1. Turbina Impuls

Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial + tekanan + kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozle. Air keluar nozle yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impulse*). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nozle tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Contoh turbin impuls adalah turbin Pelton.

### 2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Turbin jenis ini adalah turbin yang paling banyak digunakan. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam airdan berada dalam rumah turbin.

Turbin reaksi disebut juga dengan turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk roda turbin lebih besar dari pada tekanan air saat keluar roda turbin. Secara umum dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk ke roda turbin mempunyai energi penuh, kemudian energi ini dipakai sebagian untuk menggerakkan roda turbin dan sebagian lagi dipergunakan untuk mengeluarkan air ke saluran pembuangan. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan antara lain, turbin Francis, turbin propeler atau Kaplan. (Fritz Dietzel, 1988:17). Berdasarkan arah alirannya, turbin dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu turbin aliran radial dan turbin aliran aksial.

#### 1. Turbin Aliran Radial

Turbin aliran radial adalah turbin yang arah alirannya tegak lurus dengan arah putaran poros turbin. Turbin dengan aliran radial digunakan untuk laju alir (aliran *working fluid*) rendah dan dengan perbedaan tekanan (*difference pressure*) tinggi.

#### 2. Turbin Aliran Aksial

Turbin yang sejajar dengan arah putaran poros turbin. Turbin dengan aliran aksial digunakan untuk laju alir tinggi dan dengan perbedaan tekanan rendah (1–40 bar). *Axial-flow turbines* kebanyakan digunakan dalam aplikasi yang melibatkan fluida kompresibel. Dalam banyak penggunaan, efisiensi *Axial-flow turbines* lebih tinggi dibandingkan radial-inflow turbines.

### 2.11. Komponen Turbin Air

a. Rotor yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:

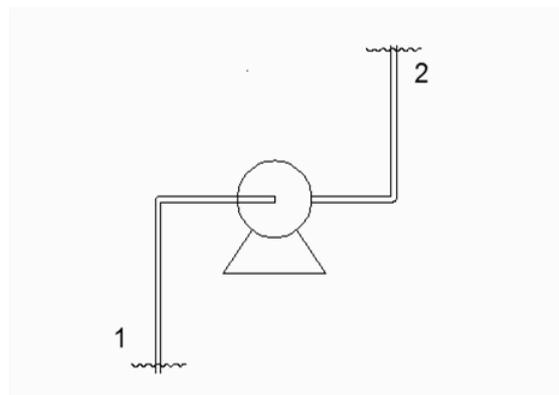
- Sudu-sudu berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh *nozzle*.
- Poros berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.
- Bantalan berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

b. Stator yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari:

- Pipa pengarah atau *nozzle* yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan dalam sistem besar.
- Rumah turbin berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen turbin.

## 2.12. Prinsip Bernoulli

Prinsip Bernoulli adalah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut yang dapat dilihat pada gambar 2.21 di bawah ini:



Gambar 2.21. Prinsip Bernoulli

Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Prinsip ini diambil dari nama ilmuwan Belanda/Swiss yang bernama *Daniel Bernoulli*. Persamaan di atas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\left( \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right) = \left( \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right) \quad (2.27)$$

Persamaan di atas digunakan jika diasumsikan tidak ada kehilangan energi antara dua titik yang terdapat dalam aliran fluida, namun biasanya beberapa head losses terjadi diantara dua titik. Jika *head losses* tidak diperhitungkan maka akan menjadi masalah dalam penerapannya di lapangan. Jika head losses dinotasikan dengan “*hl*” maka persamaan Bernoulli di atas dapat ditulis menjadi persamaan baru, dirumuskan sebagai:

$$\left( \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V \frac{2}{1}}{2.g} + Z_1 \right) + HP = \left( \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V \frac{2}{2}}{2.g} + Z_2 \right) + H1s \quad (2.28)$$

Persamaan di atas digunakan untuk menyelesaikan banyak permasalahan tipe aliran, biasanya untuk fluida *inkompresibel* tanpa adanya penambahan panas atau energi yang diambil dari fluida. Namun, persamaan ini tidak dapat digunakan untuk menyelesaikan aliran fluida yang mengalami penambahan energi untuk menggerakkan fluida oleh peralatan mekanik, misalnya pompa, turbin dan peralatan lainnya.

### 2.13. Alternator

Alternator adalah suatu alat elektromekanikal yang mengkonversi daya mekanis menjadi energi elektrik. Pada prinsipnya generator dapat juga disebut sebagai alternator, tetapi biasanya alternator lebih mengacu pada bentuk yang lebih kecil yang biasa digunakan pada otomotif. Fungsi utama dari alternator adalah sebagai baterai pada kendaraan, dan pada saat mesin motor berputar, alternator bertugas memberi tenaga kepada semua komponen elektrik yang lain. Alternator memiliki 4 bagian yang penting, yaitu:

1. Rotor

Yang dimaksud rotor adalah bagian yang berputar yang terdiri dari magnet permanent, rotor berputar disekitar stator.

2. Stator

Bagian ini adalah bagian yang statis, yang berupa intibesi yang dibungkus dengan kawat tembaga.

3. Dioda

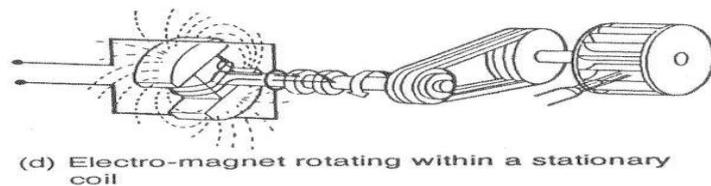
Dioda mengkonversi arus bolak-balik yang dihasilkan oleh pasangan rotor dan stator menjadi arus searah yang digunakan sebagai baterai yang kemudian dapat menggerakkan semua komponen elektrik yang ada pada kendaraan.

4. Pengatur Tegangan

Pada bagian ini dapat mengontrol jumlah voltase yang diberikan oleh alternator.

Arus yang dihasilkan pada alternator dapat diperoleh dengan dua cara yaitu, magnet berputar didalam coil (lilitan) atau coil berputar pada medan magnet yang diciptakan oleh magnet. Besarnya arus yang dihasilkan oleh alternator tergantung pada kecepatan baling-baling, kekuatan medan magnet, dan ukuran dari coil. Semakin tegak lurus medan magnet terhadap lilitan coil, maka semakin besar arus elektrik dan keluaran energinya.

Alternator menghasilkan listrik dengan prinsip yang sama pada DC generator, yakni adanya arus pengumpan yang disebut arus eksitasi saat terjadi medan magnet disekitar kumparan seperti gambar 2.22 di bawah ini:



(d) Electro-magnet rotating within a stationary coil  
 Gambar 2.22. Alternator dengan magnet berputar dan kumparan tetap  
 (<http://www.microhydropower.net/intro.html>)

Arus yang keluar ( $I$ ) dari alternator dan tegangan yang keluar ( $V$ ) dari alternator dapat diukur untuk mengetahui energi listrik yang dihasilkan yaitu:

$$P = VXI \tag{2.29}$$

#### 2.14. Persamaan yang Digunakan

Persamaan-persamaan yang digunakan pada saat pengolahan data dan perhitungan data antara lain :

##### 1. Persamaan untuk menghitung daya air ( $P_{in}$ )

- a. Konversi satuan tekanan pressure meter ( $P$  (kg/cm<sup>2</sup>)) menjadi head (H (m))

$$H = \frac{p \times 10000}{\rho} \tag{pers 2.22}$$

- b. Konversi massa aliran ( $\dot{m}$  (x liter/detik)) menjadi debit ( $V$  (m<sup>3</sup>/detik))

$$V = \frac{m}{1000} \tag{pers 2.23}$$

c. Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya air adalah :

$$P_{in} = v \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad (\text{pers 2.24})$$

2. Persamaan untuk menghitung daya turbin ( $P_{out}$ )

Menghitung daya turbin ( $P_{out}$ ) dengan menghitung daya yang telah dikonversikan kebentuk listrik. Dengan menggunakan persamaan daya listrik :

$$P_{out} = VxI \quad (\text{pers 2.28})$$

3. Persamaan untuk menghitung efisiensi turbin ( $\tau$ )

Persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi turbin adalah :

$$\eta T = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100 \quad (\text{pers 2.23})$$

4. Persamaan untuk menghitung kecepatan spesifik ( $q$ ) adalah :

$$\eta_q = \eta \frac{\sqrt{V}}{\sqrt[4]{H^{3/4}}} \quad (\text{pers 2.25})$$

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

##### 3.1.1. Tempat

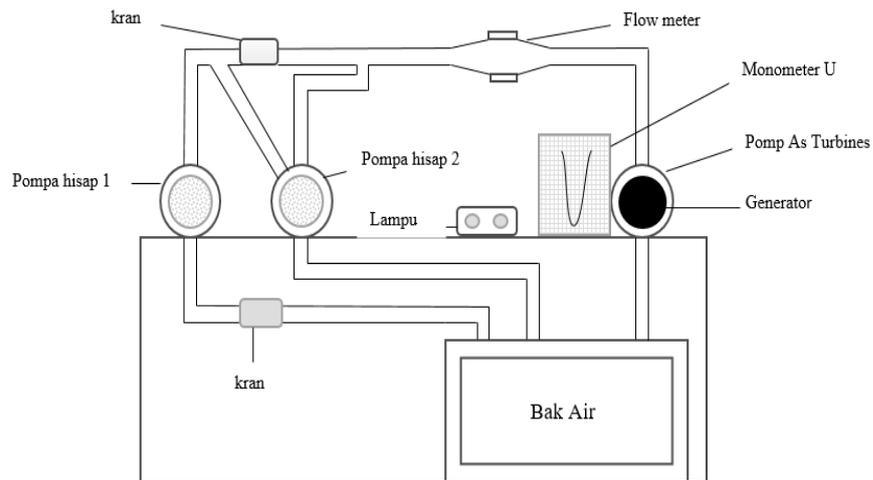
Penelitian dilakukan dilaboratorium Teknik Mesin UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA, Jln. Kapten Mukhtar Basri, Ba No. 3 Medan – 20238 Telp. 061-6622400 Ext. 12.

##### 3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan analisa ini dimulai dari persetujuan yang diberikan oleh pembimbing, perancangan disain alat, pembuatan alat, perancangan sistem instalasi PAT, pengujian dan pengambilan data, hingga pembuatan laporan skripsi.

#### 3.2. Sarana Pengujian

Sarana pengujian pompa sebagai turbin dapat dilihat seperti gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1 Skema Alat Penelitian

### 3.3. Spesifikasi Pompa

Pompa yang digunakan untuk penelitian tugas akhir ini adalah pompa sentrifugal yang bermerek SAN-EI dengan model : SE-401A, MAXON MHF-5C, YAMAMAX PRO 08-401. Dan spesifikasi sebagai berikut :



Spesifikasi Pompa :

SAN – EI - 401A

Daya : 0,40 Kw / 0,50 HP / 400  
Watt

Head total : 17 m

Tinggi isap : 8 m

Tinggi dorong : 9 m

Kapasitas : 340 l/min

Volt : 220 volt

Spesifikasi pompa :

YAMAMAX PRO DB-401

Daya pompa : 450 v / 1,5 hp /1100 w.

Kapasitas :267 L/m

daya hisap : 7 m



Tinggi aliran :18 m



Spesifikasi pompa

MAXON MHF-5C

Daya pompa : 220 v / 1 hp /1100 w

Kapasitas : 400 L/m

Head total : 14 m

### 3.4. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu :

#### 1. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal berfungsi sebagai alat uji yaitu dua buah pompa sentrifugal berfungsi sebagai pompa hisap yang disusun secara paralel dan satu buah pompa sentrifugal sebagai turbin seperti gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3.2. pompa sentrifugal

#### 2. Flow meter

Flow meter berfungsi sebagai alat ukur untuk mengetahui debit aliran dan volume air seperti gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3. *flow meter*

### 3. Bak penampungan air

Berfungsi untuk menampung air pada instalasi pompa sebagai turbin seperti gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.4. Bak penampungan air

### 4. Pipa diameter 1 1/2 inci

Pipa 1 1/2 inci berfungsi sebagai instalasi pipa untuk mengalirkan air dari pipa hisap menuju pompa sebagai turbin seperti gambar 3.5 dibawah ini:



Gambar 3.5. Pipa 1 1/2 inci

### 5. Magnet dan spul motor

Magnet dan spul motor berfungsi sebagai penghasil arus listrik seperti yang ada pada gambar 3.6 di bawah ini:



Gambar 3.6. Magnet dan spul motor

#### 6. Elbow

Berfungsi untuk menyambungkan pipa dengan arah melengkung, dengan kelengkungan 90° seperti gambar 3.7 dibawah ini:



Gambar 3.7. Elbow

#### 7. Sambungan pipa T *stuck*

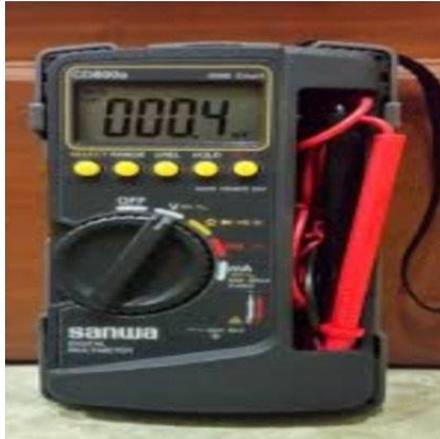
Berfungsi untuk menyambungkan pipa dengan dua arah yang berbeda seperti gambar 3.8 di bawah ini:



Gambar 3.8. Sambungan pipa T *stuck*

#### 8. *Multi-Tester*

Berfungsi untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan alternator, *multi tester* dapat dilihat seperti gambar 3.9 di bawah ini:



Gambar 3.9. *Multi Tester*

#### 9. *Stop-watch*

Berfungsi untuk mengukur jumlah waktu yang diperlukan dalam suatu pengujian seperti gambar 3.10 di bawah ini:



Gambar 3.10. *Stop Watch*

#### 10. *Tacho-Meter*

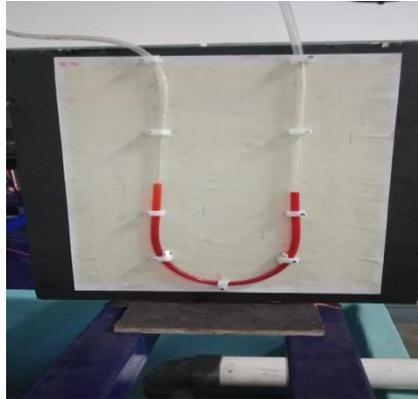
Berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran (rpm) pada poros turbin seperti gambar 3.11 di bawah ini:



Gambar 3.11 *Tacho Meter*

### 11. Monomter U

Berfungsi untuk mengukur tekanan yang berupa gas atau cair dalam sebuah tabung terdapat pada gambar 3.12 di bawah ini:



Gambar 3.12. Monometer U

### 3.5. Jalannya Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu tahap persiapan dan tahap pelaksanaan penelitian.

#### 3.5.1. Tahap Persiapan.

##### a. Persiapan Pendahuluan

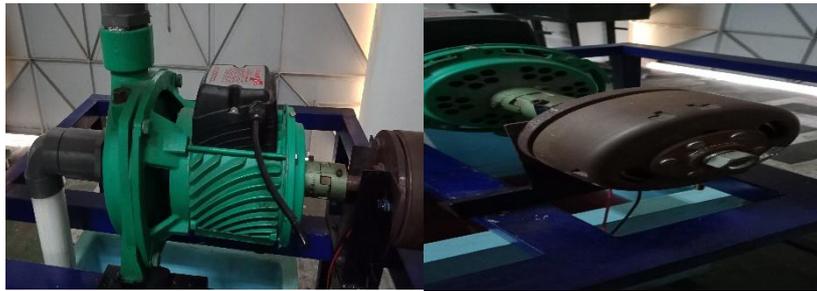
Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat rancangan dan rangkaian pipa-pipa yang menghubungkan bak air ke pompa Selanjutnya adalah pemasangan pada sisi masuk pompa sebagai turbin dapat dilihat seperti gambar 3.13 di bawah:



Gamabar 3.13 Rangkaian pemasangan pipa pada turbin

Dari pengalaman yang dialami, tersita banyak waktu untuk pembuatan alat pengujian. Setelah rangkaian terpasang, selanjutnya

membuatudukan untuk mesin pompa sebagai turbin dan alternator seperti gambar 3.14 di bawah:



Gambar 3.14 pemasanganudukan turbin dan alternator.

#### b. Percobaan Awal

Setelah semua rangkaian telah terpasang, maka pengujian pertama adalah mengukur putaran pompa sebagai turbin tanpa tersambung dengan alternator, Langkah selanjutnya adalah sama seperti diatas tetapi poros turbin dipasangkan dengan koping yang dihubungkan dengan alternator, kemudian menghitung arus yang keluar dari alternator untuk diambil datanya dan di jadikan bahan analisa seperti gambar 3.15 di bawah ini:



Gambar 3.15 Pengujian

#### 3.5.2. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Setelah susunan paralel di pasang maka selanjutnya pengambilan data sudah siap dilakukan seperti gambar 3.16 dibawah ini:



Gambar 3.16 Rangkaian Susunan parallel

Pada saat pompa dihidupkan dengan susunan paralel dan dilakukan pembebanan terhadap alternator dengan menggunakan lampu, yaitu dua buah lampu 5 watt-12 volt, data-data yang diambil diantaranya seperti gambar 3.17 di bawah ini:

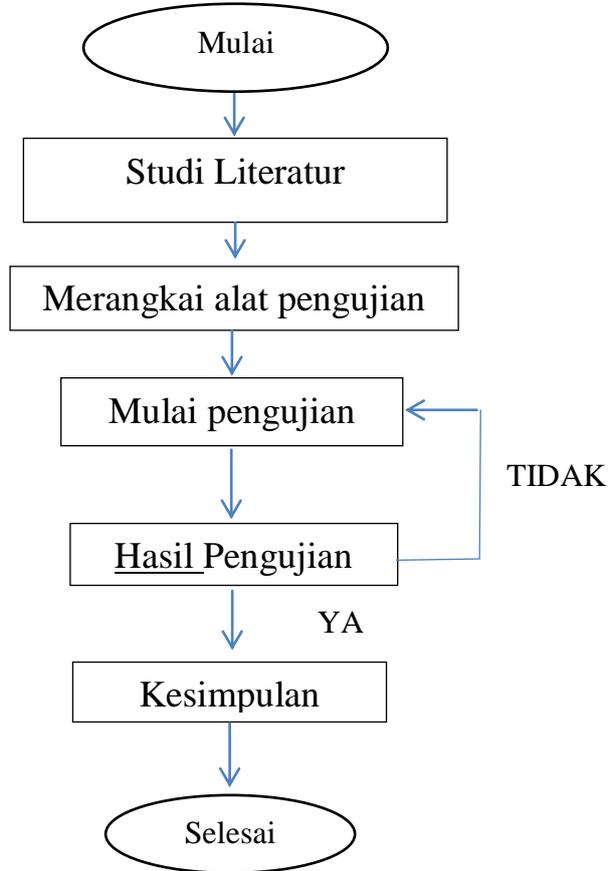


Gambar 3.17 Pengambilan data

1. Tekanan pada saluran masuk turbin dengan hasil penunjukan skala pada flow meter.
2. Mengukur putaran yang terjadi pada poros turbin dengan menggunakan taco meter.
3. Mencatat tegangan dan arus yang dihasilkan pada setiap pembebanan.

### 3.6. Diagram Alir

Diagram alir penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.18. Diagram Alir Penelitian

## BAB 4

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perhitungan Pada Pompa Penggerak

Data hasil pengujian pompa sebagai turbin di ambil menggunakan multi tester untuk mengetahui arus yang di putar oleh pompa sebai turbin, untuk mengetahui debit aliran dan volume air yang dikeluarkan menggunakan flowmeter dan menghitung waktu dengan stopwatch, untuk mengukur putaran kecepatan pompa sebagai turbin digunakan tacho meter dan untuk mengukur kuat arus yang mengalir menggunakan tang ampere.

##### 4.1.1. Kapasitas Debit Air

Debit aliran air yang diperoleh dari flowmeter pada saat pengujian:

$$Q = \frac{vt}{s}$$

$$\text{Maka : } Q = \frac{vt}{s}$$

$$Q = \frac{0,001 m^3}{6,45}$$
$$= 0,000155 m / s^3$$

##### 4.1.2. Kecepatan Aliran Pipa

Umtuk mengetahui kecepatan aliran, maka terlebih dahulu harus mengetahui luas penampang pipa sebagai berikut:

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

$$\text{Maka : } A = \frac{3,14}{4} = 0,0381$$
$$0,00113 m^2$$

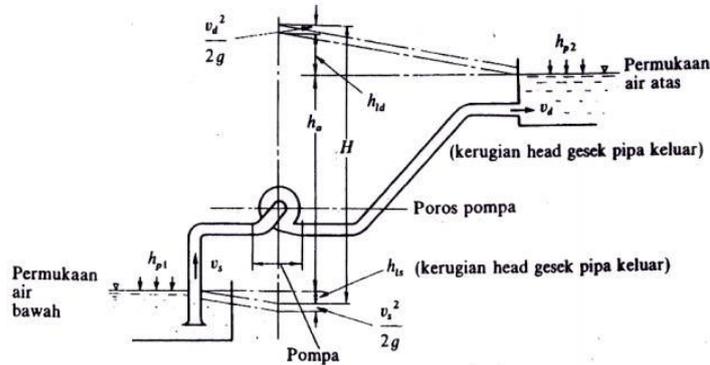
$$\text{Maka : } V = \frac{Q}{A}$$

$$\frac{0,000155 m^3 / s}{0,000113 m^2}$$

$$= 0,1371 \text{ m/s}$$

#### 4.2. Perhitungan Head

Cara perhitungan head dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini:



Gambar 4.1 head Pompa

##### 4.2.1. Head Statis Total

Head statis total adalah perbedaan ketinggian antara fluida pada sisi tekan dengan ketinggian fluida pada sisi hisap, data dari perbedaan ketinggian tersebut diketahui dengan mengukur instalasi pipa pada ketinggian sisi tekan dan sisi hisap yaitu pada sisi tekan  $Z_t = m$  dan pada sisi hisap  $Z_i = m$ . Untuk mendapatkan head statis total satuan cm menjadi m.

$$\begin{aligned} H_s &= Z_t - Z_i \\ &= 0,65 - 0,44 \\ &= 0,21 \text{ m} \end{aligned}$$

##### 4.2.2. Head Kerugian Gesek Dalam Pipa Hisap Dengan Bilangan Reynold

Untuk mengetahui kerugian gesek dalam pipa ( $f$ ) maka terlebih dahulu harus mengetahui sifat aliran dengan menggunakan bilangan reynold ( $Re_i$ ):

$$\begin{aligned} Re_i &= \frac{V \cdot d}{\nu} \\ &= \frac{0,1371 \text{ m/s} \cdot 0,0381 \text{ m}}{1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= \frac{0,00052 \text{ m}^2/\text{s}}{0,000001307 \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= 3978,57 \end{aligned}$$

Untuk mencari faktor gesekan pada pipa hisap:

$$F = \frac{64}{Re} = \text{karena jenis pipa pvc terlalu halus}$$

$$= \frac{64}{3978,57} = 0,0160$$

#### 4.2.3. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Lurus Hisap

Untuk mengetahui kerugian gesek antara dinding pipa pada aliran pada aliran fluida dengan menggunakan rumus Darcy, dimana  $f$  adalah faktor gesek pada pipa hisap  $L_i =$  cm panjang pipa pada sisi tekan  $V_i =$  diperoleh dari perhitungan kecepatan aliran fluida pada sisi hisap, dan  $d =$  diameter pipa.

$$\begin{aligned} h_{fi} &= \frac{L_i \cdot V_i}{d \cdot 2 \cdot g} \\ &= \frac{0,0160 \cdot 1,9m \cdot 0,1371m/s^2}{0,0381m \cdot 2 \cdot 9,81m/s^2} \\ &= 0,0160 \cdot \frac{0,0357m^3/s^2}{0,747m^3/s^2} \\ &= 0,000764m \end{aligned}$$

#### 4.2.4. Kerugian Head Akibat Sambungan Elbow 90 Pipa Hisap

Pada pipa hisap terdapat 6 sambungan elbow dengan nilai 1,129 didapat dari (lampiran tabel faktor kerugian dan berbagai katub) dan  $V_i$  diperoleh dari perhitungan kecepatan aliran pada sisi hisap.

$$\begin{aligned} h_{li} &= \pi \cdot k_2 \cdot \frac{v_i^2}{2 \cdot g} \\ &= 3 \cdot 1,129 \cdot \frac{0,1371m/s^2}{2 \cdot 9,81m/s^2} \\ &= 3,387 \cdot \frac{0,0188m}{19,62} \\ &= 0,00324m \end{aligned}$$

#### 4.2.5. Kerugian Head Pada Katup Hisap Dan Saringan

Maka diperoleh  $k:1,97$  dari (lampiran tabel faktor kerugian dari berbagai katub) dan  $V_i$  diperoleh dari perhitungan kecepatan aliran pada sisi hisap.

$$h_{l_2} = k \cdot \frac{v_i^2}{2 \cdot g}$$

$$\begin{aligned}
&= 1,97 \frac{0,1371^2}{2,9,81m/s^2} \\
&= 1,97 \frac{0,188m^2/s^2}{19,62m/s^2} \\
&= 0,00188m
\end{aligned}$$

Jadi kerugian head pada sisi pipa hisap keseluruhannya didapat dari:

$$\begin{aligned}
hl_1 &= hf_1 + hl_1 + hl_2 \\
&= 0,000764m + 0,00324m + 0,00188m \\
&= 0,005884m
\end{aligned}$$

#### 4.2.6. Head Kerugian Gesek Dalam Pipa Tekan

$$\begin{aligned}
hf^2 &= F \frac{L.V^2}{d.2.g} \\
&= 0,0160 \frac{1,9m \cdot 0,1371^2}{0,0381 \cdot 2 \cdot 9,81m/s^2} \\
&= 0,0160 \frac{0,260m}{0,747} \\
&= 0,00556m
\end{aligned}$$

#### 4.2.7. Kerugian Keseluruhan Pada Pipa Tekan

$$\begin{aligned}
hl_i &= hf_2 + hl_2 \\
&= 0,00556 + 0,00188 \\
&= 0,00744
\end{aligned}$$

#### 4.2.8. Kerugian Head Akibat Sambungan Elbow 90 Pada Pipa Tekan

$$\begin{aligned}
hl_2 &= \pi \cdot k_2 \frac{V^2}{2.g} \\
&= 4,1,129 \cdot \frac{0,1371m/s^2}{2,9,81m/s^2} \\
&= 4,516 \cdot \frac{0,0187m}{19,62} \\
&= 0,00430
\end{aligned}$$

#### 4.2.9. Head Keseluruhan Dari Pipa Hisap Dan Pipa Tekan

$$\begin{aligned}
hl &= hl_i + hl_i \\
&= 0,00744 + 0,00324 \\
&= 0,01068
\end{aligned}$$

#### 4.2.10. Head Total Pompa

$$\begin{aligned}\frac{V^2}{2.g} &= \frac{0,1371m/s^2}{2.9,81m/s^2} \\ &= \frac{0,0817}{19,62} \\ &= 0,00416\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka : } H &= H_s + \Delta h_p + h_l + \frac{V^2}{2.g} \\ &= 0,21 + 0 + 0,01068 + 0,00416 \\ &= 0,220\text{ m}\end{aligned}$$

#### 4.2.11. Daya Hidrolis

Nilai massa jenis air yaitu = 1000 kg/m<sup>3</sup> dan Q = 0,000155m<sup>3</sup>/s diambil dari debit aliran pada sisi tekan H = 0,21 m adalah head total pompa.

$$\begin{aligned}N_h &= \frac{\gamma.H.Q}{102} \\ &= \frac{1000 . 0,21m . 0,000155\text{ m}^3 / s}{102} \\ &= 0,000319\text{ kw}\end{aligned}$$

#### 4.3. Efisiensi Pompa

Dimana N<sub>h</sub> = 0,000319 kw diambil dari daya hidrolis dan N<sub>m</sub> = 0,04 diambil dari spesifikasi output pompa.

##### 4.3.1. Efisiensi Pompa 1

$$\begin{aligned}\pi &= \frac{N_h}{N_m} \times 1000 \\ &= \frac{0,000319}{0,04} \times 1000 \\ &= 0,74\end{aligned}$$

##### 4.3.2. Efisiensi Pompa 2

$$\begin{aligned}\pi &= \frac{N_h}{N_m} \times 1000 \\ &= \frac{0,000319}{0,75} \times 1000\% \\ &= 0,042\%\end{aligned}$$

Maka efisiensi dari perhitungan paralel adalah:

$$\begin{aligned} Ep_1 + Ep_2 \\ &= 0,74 + 0,042 \\ &= 0,782 \% \end{aligned}$$

#### 4.4. Daya Pompa

##### 4.4.1. Daya Pompa 1

$$\begin{aligned} Np &= \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\pi \cdot 102} \\ &= \frac{1000 \cdot 0,000155 \cdot 0,21}{0,74 \cdot 102} \\ &= 0,000431 \text{ KW} \end{aligned}$$

##### 4.4.2. Daya Pompa 2

$$\begin{aligned} Np &= \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\pi \cdot 102} \\ &= \frac{1000 \cdot 0,000155 \cdot 0,21}{0,042 \cdot 102} \\ &= \frac{0,03255}{4,25} \\ &= 0,00765 \text{ KW} \end{aligned}$$

Maka perhitungan dari daya kedua pompa adalah:

$$\begin{aligned} Np_1 + Np_2 \\ &= 0,000431 + 0,00765 \\ &= 0,008081 \text{ kw} \end{aligned}$$

#### 4.5. NPSH Yang Tersedia

$$\begin{aligned} h_{sp} &= \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_v}{\gamma} - Z_i - hl_i \\ h_{sv} &= \frac{0}{9,98} + \frac{237}{9,98} - 0,44 - 0,00324 \\ &= 0 + 23,74 - 0,44 - 0,00324 \\ &= 23,296 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.6. Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaannya Katub ½

##### 4.6.1. perhitungan pada turbin bukannya katub ½ dengan beban 0 watt

1. Kecepatan spesifik turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_q = \eta \frac{\sqrt{v}}{\sqrt[4]{H^{3/4}}}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \eta_q &= 901 \frac{\sqrt{0,1371}}{\sqrt[4]{0,21m^{3/4}}} \\ &= 901 \frac{0,370}{0,746} \\ &= 901rpm \cdot 0,495m^2 \\ &= 445,9rpm \end{aligned}$$

2. Persamaan untuk menghitung daya turbin ( $P_{out}$ )

Menghitung daya turbin ( $P_{out}$ ) dengan menghitung daya yang telah dikonversi ke bentuk listrik dengan menggunakan persamaan daya listrik :

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ P &= 12,87Volt \cdot 0Ampere \\ &= 0Watt \end{aligned}$$

3. Persamaan untuk menghitung daya air ( $P_{in}$ )

$$\begin{aligned} P_{in} &= V \cdot \rho \cdot g \cdot H \\ &= 0,1407m/s \cdot 1000kg/m^3 \cdot 9,81m/s \cdot 0,22m \\ &= 303,65Watt \end{aligned}$$

4. Persamaan untuk menghitung efisiensi turbin ( $\eta$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \eta_t &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \eta_t = \frac{0}{303,65} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

#### 4.6.2. perhitungan pada turbin bukaan katub $\frac{1}{2}$ dengan beban 5 watt

1. Kecepatan spesifik turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_q = \eta \frac{\sqrt{V}}{\sqrt[4]{H^{3/4}}}$$

$$\eta_q = 318,5 \frac{\sqrt{0,1522}}{\sqrt[4]{1,42m^{3/4}}}$$

$$= 318,5 \frac{0,3901}{1,06}$$

$$= 318,5rpm \cdot 0,368m^2$$

$$= 117,20rpm$$

2. Persamaan untuk menghitung daya turbin ( $P_{out}$ )

Menghitung daya turbin ( $P_{out}$ ) dengan menghitung daya yang telah dikonversi kebentuk listrik dengan menggunakan persamaan daya listrik :

$$P = V \cdot I$$

$$P = 4,6Volt \cdot 0,4Ampere$$

$$= 1,84Watt$$

3. Persamaan untuk menghitung daya air ( $P_{in}$ )

$$P_{in} = V \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$$= 0,1522m/s \cdot 1000kg/m^3 \cdot 9,81m/s \cdot 0,22m$$

$$= 328,47Watt$$

4. Persamaan untuk menghitung efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_t = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,84}{328,47} \times 100\%$$

$$= 0,560\%$$

#### 4.6.3. perhitungan pada turbin bukaan katub $\frac{1}{2}$ dengan beban 10 watt

1. Kecepatan spesifik turbin dapat dihitung dengna menggunakan persamaa berikut:

$$\eta_q = \eta \frac{\sqrt{V}}{\sqrt[4]{H^{3/4}}}$$

$$\begin{aligned}
&= 58,8 \frac{\sqrt{0,1522}}{\sqrt[4]{1,42m^{3/4}}} \\
&= 58,8 \frac{0,3901}{1,06} \\
&= 58,8rpm \cdot 0,368m^3 \\
&= 21,638rpm
\end{aligned}$$

2. Persamaan untuk menghitung daya turbin ( $P_{out}$ )

Menghitung daya turbin ( $P_{out}$ ) dengan menghitung daya yang telah dikonversi kebentuk listrik dengan menggunakan persamaan daya listrik :

$$\begin{aligned}
P &= V \cdot I \\
&= 1,93Volt \cdot 0,8Ampere \\
&= 1,55Watt
\end{aligned}$$

3. Persamaan untuk menghitung daya air ( $P_{in}$ )

$$\begin{aligned}
P_{in} &= V \cdot \rho \cdot g \cdot H \\
&= 0,1584m/s \cdot 1000kg/m^3 \cdot 9,81m/s \cdot 0,22m \\
&= 341,85Watt
\end{aligned}$$

4. Persamaan untuk menghitung efisiensi turbin ( $\eta$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
\eta_t &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\
&= \frac{1,55}{341,85} \times 100\% \\
&= 0,453\%
\end{aligned}$$

#### 4.7. Perhitungan Pada Turbin Dengan Bukaakn Katub Penuh

##### 4.7.1. perhitungan pada turbin bukaakn katub penuh dengan beban 0 watt

1. Kecepatan spesifik turbin dapat dihitung dengna menggunakan persamaa berikut:

$$\eta_q = \eta \frac{\sqrt{V}}{\sqrt[4]{H^{3/4}}}$$

$$\begin{aligned}
&= 685,6 \frac{\sqrt{0,1371}}{\sqrt[4]{0,21m^{3/4}}} \\
&= 685,6 \frac{0,3702}{0,746} \\
&= 685,6rpm \cdot 0,496m^3 \\
&= 340,1rpm
\end{aligned}$$

2. Persamaan untuk menghitung daya turbin ( $P_{out}$ )

Menghitung daya turbin ( $P_{out}$ ) dengan menghitung daya yang telah dikonversi kebentuk listrik dengan menggunakan persamaan daya listrik :

$$\begin{aligned}
P &= V.I \\
&= 13,99Volt \cdot 0Ampere \\
&= 0Watt
\end{aligned}$$

3. Persamaan untuk menghitung daya air ( $P_{in}$ )

$$\begin{aligned}
P_{in} &= V \cdot \rho \cdot g \cdot H \\
&= 0,1371m/s \cdot 1000kg/m^3 \cdot 9,81m/s \cdot 0,22m \\
&= 295,88Watt
\end{aligned}$$

4. Persamaan untuk menghitung efisiensi turbin ( $\eta$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
\eta_t &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\
&= \frac{0}{295,88} \times 100\% \\
&= 0\%
\end{aligned}$$

#### 4.7.2. perhitungan pada turbin bukaan katub penuh dengan beban 5 watt

1. Kecepatan spesifik turbin dapat dihitung dengna menggunakan persamaa berikut:

$$\eta_q = \eta \frac{\sqrt{V}}{\sqrt[4]{H^{3/4}}}$$

$$\begin{aligned}
&= 456,6 \frac{\sqrt{0,1584}}{\sqrt[4]{5,88m^{3/4}}} \\
&= 456,6 \frac{0,397}{1,39} \\
&= 456,6rpm \cdot 0,285m^3 \\
&= 130,13rpm
\end{aligned}$$

2. Persamaan untuk menghitung daya turbin ( $P_{out}$ )

Menghitung daya turbin ( $P_{out}$ ) dengan menghitung daya yang telah dikonversi ke bentuk listrik dengan menggunakan persamaan daya listrik :

$$\begin{aligned}
P &= V \cdot I \\
&= 5,7Volt \cdot 0,7Ampere \\
&= 3,99Watt
\end{aligned}$$

3. Persamaan untuk menghitung daya air ( $P_{in}$ )

$$\begin{aligned}
P_{in} &= V \cdot \rho \cdot g \cdot H \\
&= 0,1584m/s \cdot 1000kg/m^3 \cdot 9,81m/s \cdot 0,22m \\
&= 341,85Watt
\end{aligned}$$

4. Persamaan untuk menghitung efisiensi turbin ( $\eta$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
\eta_t &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\
&= \frac{3,99}{341,85} \times 100\% \\
&= 1,168\%
\end{aligned}$$

#### 4.7.3. perhitungan pada turbin bukaan katub penuh dengan beban 10 watt

1. Kecepatan spesifik turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_q = \eta \frac{\sqrt{V}}{\sqrt[4]{H^{3/4}}}$$

$$\begin{aligned}
&= 265,1 \frac{\sqrt{0,1584}}{\sqrt[4]{5,88m^{3/4}}} \\
&= 265,1 \frac{0,397}{1,39} \\
&= 265,1rpm \cdot 0,285m^3 \\
&= 75,5rpm
\end{aligned}$$

2. Persamaan untuk menghitung daya turbin ( $P_{out}$ )

Menghitung daya turbin ( $P_{out}$ ) dengan menghitung daya yang telah dikonversi ke bentuk listrik dengan menggunakan persamaan daya listrik :

$$\begin{aligned}
P &= V \cdot I \\
&= 2,602 \text{ Volt} \cdot 1,1 \text{ Ampere} \\
&= 2,862 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

3. Persamaan untuk menghitung daya air ( $P_{in}$ )

$$\begin{aligned}
P_{in} &= V \cdot \rho \cdot g \cdot H \\
&= 0,1672m/s \cdot 1000kg/m^3 \cdot 9,81m/s \cdot 0,22m \\
&= 360,85 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

4. Persamaan untuk menghitung efisiensi turbin ( $\eta$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

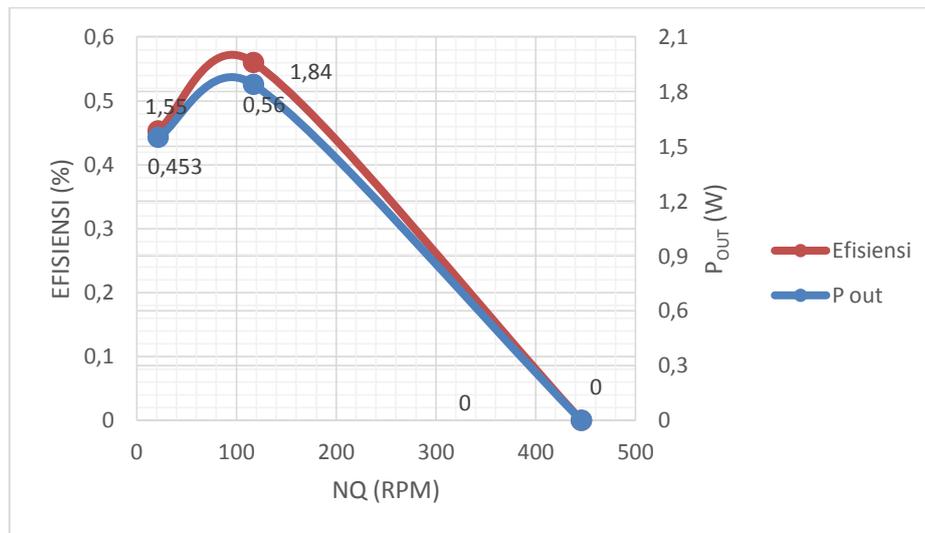
$$\begin{aligned}
\eta_t &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\
&= \frac{2,862}{360,85} \times 100 \% \\
&= 0,793 \%
\end{aligned}$$

#### 4.8. Data Dan Grafik Putaran Pompa Terhadap Kecepatan Spesifik Turbin

##### a. Data Dari Bukaan Katub ½

Tabel 4.1 Data hasil perhitungan putaran pompa terhadap kecepatan spesifik turbin

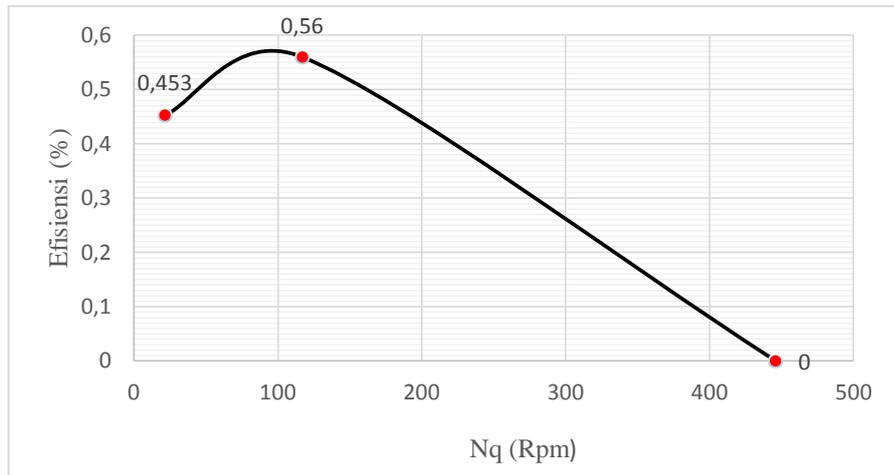
Beban (Watt)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	N (rpm)	V (volt)	I (amp)	H (m)	P <sub>in</sub> (watt)	P <sub>out</sub> (watt)	turbin	
								( )	Nq (rpm)
0	0,000159	901	12,87	0	0,215	303,65	0	0	445,9
5	0,000172	318,5	4,6	1,08	0,254	328,47	1,84	0,560	117,20
10	0,000179	58,8	1,93	5,18	0,218	341,85	1,55	0,453	21,63



Gambar 4.2. Grafik data variasi dengan beban lampu

Dilihat dari grafik data variasi dengan beban lampu di ketahui bahwa efesiensi tinggi 0,560% pada debit = 0,000172 /detik, head=0,254 m dan Nq=117,20rpm dan menghasilkan daya keluar sebesar 1,84 watt. Pada nilai efesiensi tertinggi menghasilkan daya yang rendah dan pad nilai efesiens terendah dihasilkan daya tinggi.

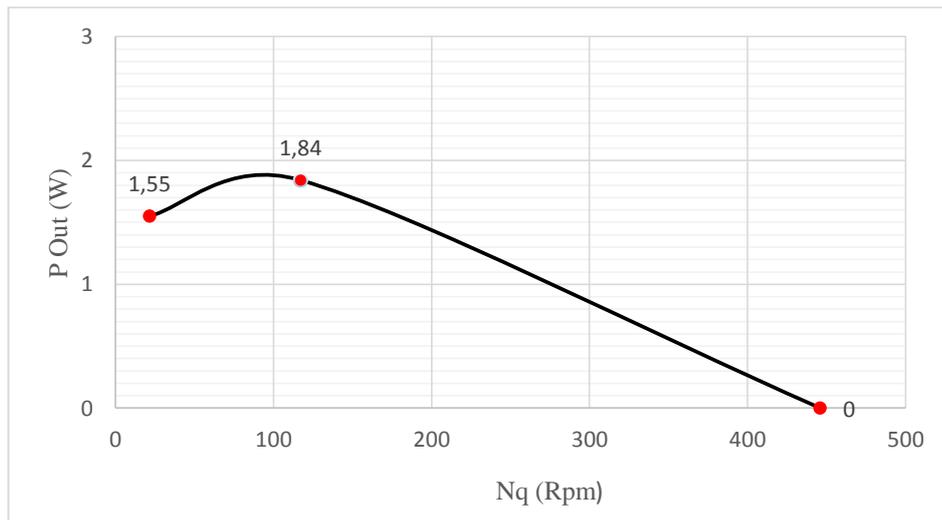
b. Efisiensi pompa sebagai turbin



Gambar .4.3. grafik efisiensi vs Nq

Dari grafik efisiensi vs Nq dari seluruh pembebanan, dapat dilihat nilai efisiensi tertinggi yaitu 0,560% pada Nq =117,20 rpm.

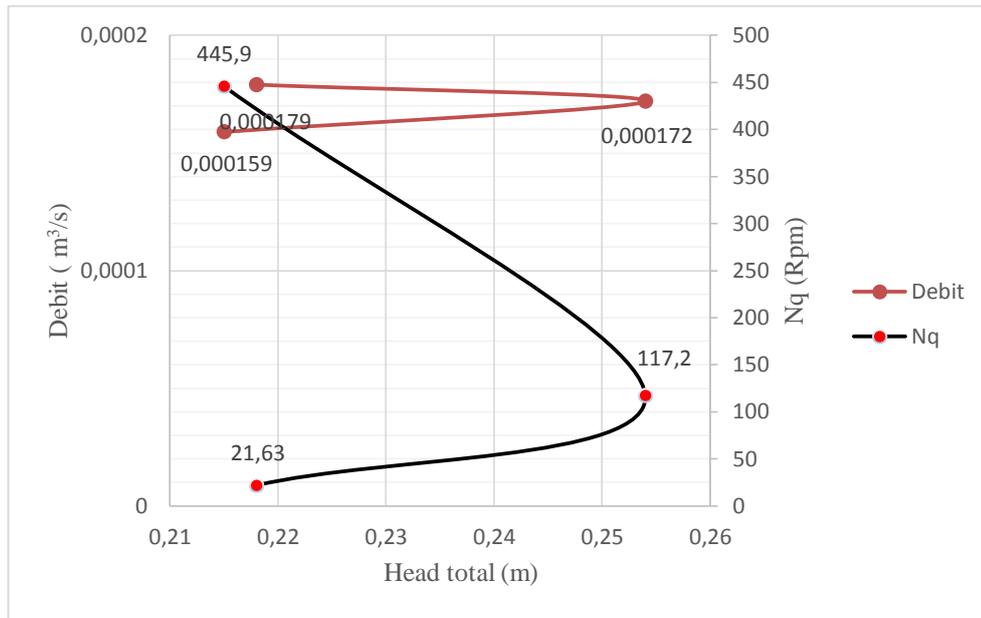
c. Daya yang dihasilkan pompa sebagai turbin



Gambar 4.4 Grafik vs Nq

Dari grafik vs Nq dari seluruh pembebanan, dapat nilai tertinggi yaitu 1,84 watt pada Nq =117,20 rpm.

d. Karakteristik pompa sebagai turbin yang di uji



Gambar 4.5. Grafik debit, head dan Nq

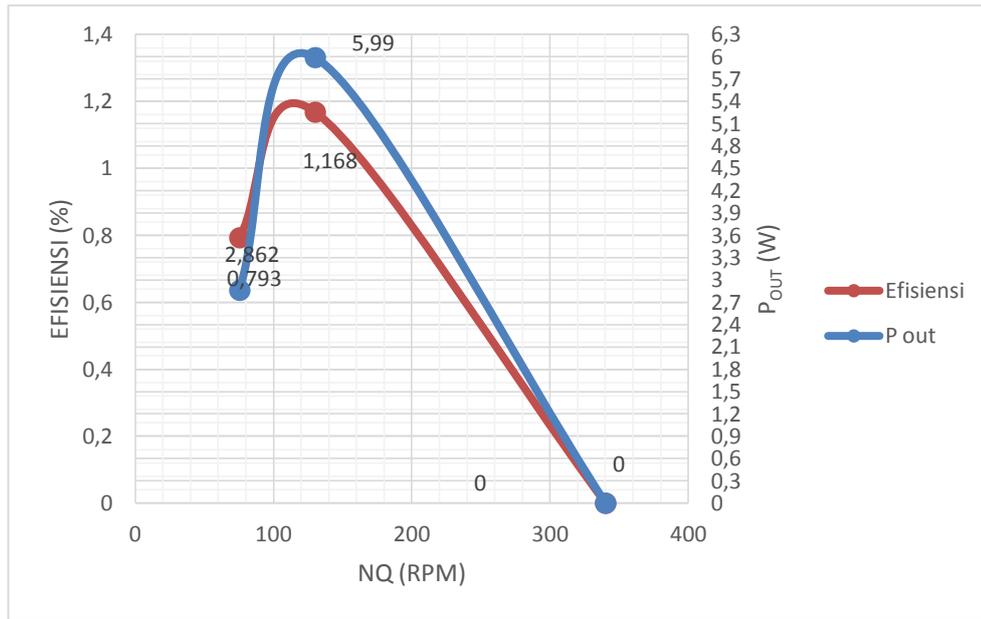
Dari grafik debit ,head dan Nq,dapat dilihat bahwa Nq tertinggi =177,20 rpm pada head = 0,254 m dan debit terbesar yaitu 0,000172 /detik pada head =0,254 m.

4.9.Data dan grafik putaran pompa terhadap kecepatan spesifik turbin

a. Data Dari Buka-an Katub penuh

Tabel 4.2. Data hasil perhitungan putaran sebagai turbin

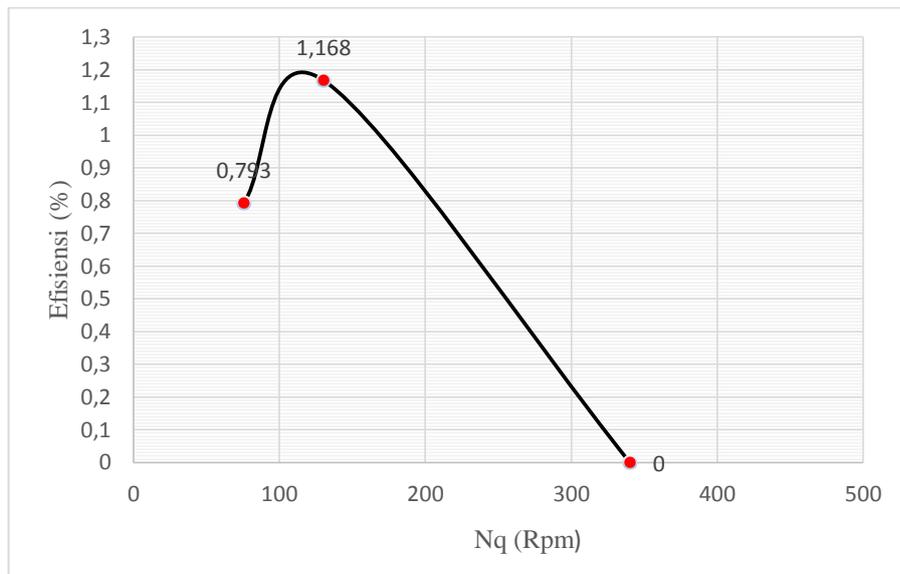
Beban (Watt)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	N (rpm)	V (volt)	I (amp)	H (m)	P <sub>in</sub> (watt)	P <sub>out</sub> (watt)	( )	Nq (rpm)
0	0,000155	685,6	13,99	0	0,220	295,88	0	0	340,1
5	0,000179	456,6	5,7	0,87	0,218	341,85	5,99	1,168	130,13
10	0,000189	265,1	2,602	3,84	0,219	360,85	2,862	0,793	75,5



Gambar 4.6 Grafik data varian dengan beban lampu

Dilihat dari grafik data variasi dengan beban lampu diketahui bahwa efisiensi tertinggi 1,168% pada debit = 0,000179 /detik, head = 0,218 m dan Nq = 130,13 rpm dan menghasilkan daya keluar sebesar 5,99 watt. pada nilai efisiensi tertinggi dihasilkan daya yang rendah pada nilai efisiensi rendah dihasilkan daya tinggi.

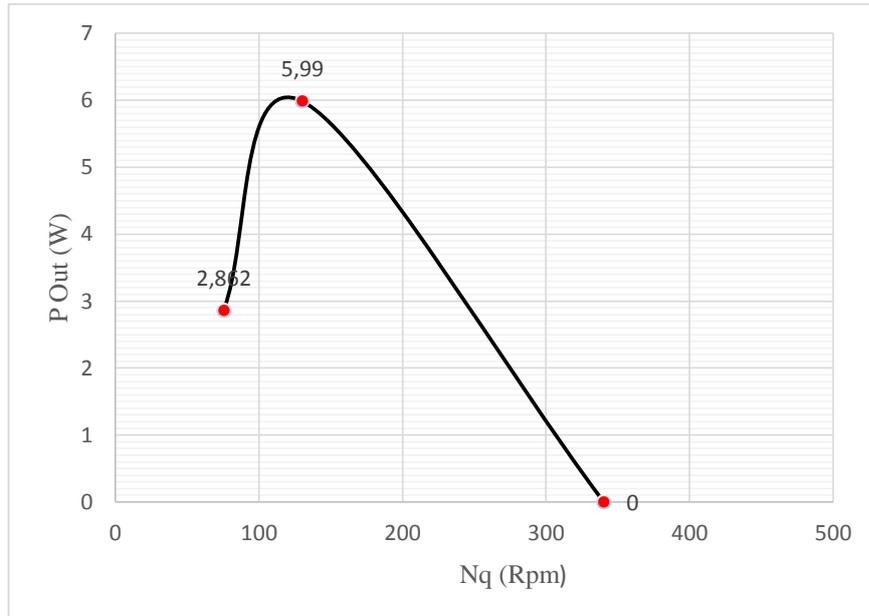
b. Efisiensi pompa sebagai turbin



Gambar 4.7 Grafik Efisiensi vs Nq

Dari grafik efisiensi vs Nq dari seluruh pembebanan, dapat dilihat nilai efisiensi tertinggi yaitu 1,168% pada Nq = 130,13 rpm

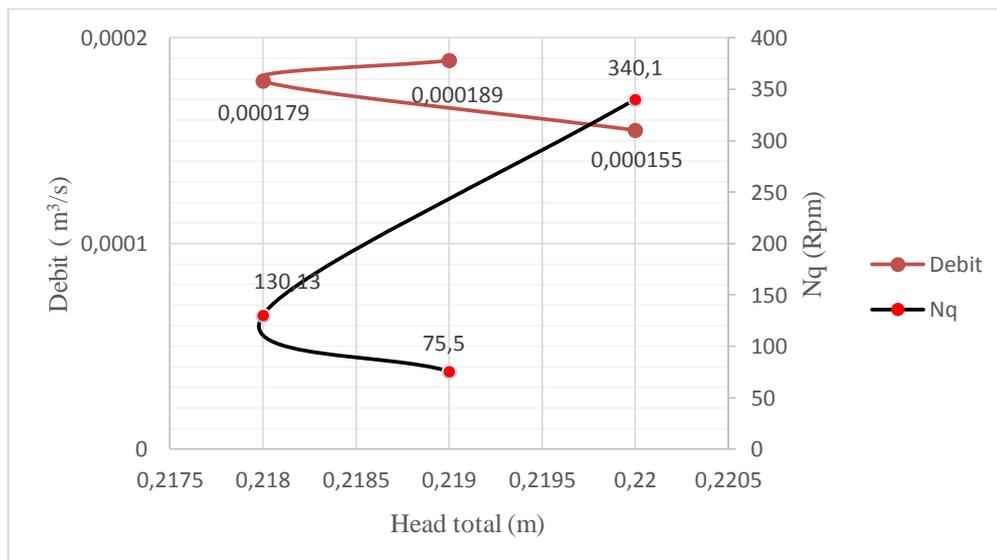
c. Daya yang dihasilkan pompa sebagai turbin



Gambar 4.8 Grafik vs Nq

Dari grafik vs Nq dari seluruh pembebanan, dapat nilai tertinggi yaitu 5,99 watt pada Nq =130,13 rpm

d. Karakteristik pompa sebagai turbin yang di uji



Gambar 4.9. Grafik debit, head dan Nq

Dari grafik debit, head dan Nq, dapat dilihat bahwa Nq tertinggi= 130,13 rpm pada head = 0,218 m dan debit terbesar yaitu 0,000179 /detik pada head = 0,218 m

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil yang di dapat tentang penelitian pompa sebagai turbin ini, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain:

1. Dari kedua data hasil variasi debit efisiensi tertinggi yaitu 1,168% pada debit = 0,000179 / detik, head = 0,218 m dan  $N_q = 130,13$  rpm.
2. Dari kedua data hasil variasi debit, daya terbesar yang dapat di hasilkan yaitu 5,99 watt pada debit = 0,000179 / detik,  $N_q = 130,13$  rpm.

#### 5.2 Saran

Beberapa saran yang penting untuk peneliti yang ingin melanjutkan penelitian pada bidang jenis penelitian ini atau yang ingin mengembangkan penelitian ini.

1. Peneliti haris mengganti impeller yang berbeda agar dapat di lihat perbandingan hasil dari efisiensinya.
2. Mengganti kapasitas pompa menjadi yang lebih besar.
3. Menambah beban lampu untuk melihat daya hasil maksimum yang dapat dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

Digilib. polban. ac.id/files/disk1/71/jbptppolban - gdlaseparifnu-Pump As Turbine. (diakses 12 november 2019).

<http://journals.itb.ac.id/index.php/jtms/article/download/4909/2685>.

(diakses 21 nopember 2019)

Himsar ambarita,(2011).*kajian eksperimental performasi pompa dengan kapasitas 1,25 / menit head 12 m jika di operasikan sebagai turbin*, departemen teknik mesin Fakultas Teknik USU, medan,Sumatera Utara.

Surya agus pratama, (2017) *analisa kinerja aliran fluida pada pompa sentrifugal dengan variasi panjang sudu impeller*. Jurnal teknik mesin, medan: program teknik mesin, UMSU.

Sularso, haruo tahara,(2000). *Pompa dan kompresor, pemulihan, pemakaian, dan pemeliharaan*, cetakan ketujuh, Jakarta. Pradnya paramita.

Teli Handayani, (2007). *Prestasi pompa sentrifugal dengan impeller tertutup sebagai turbin air*, laporan Tugas Akhir, Yogyakarta: program studi teknik mesin, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

yuliani, (2017). *Analisa perbandingan kinerja pompa sentrifugal dengan pengaturan bukaan katup*, jurnal sianstek STT pecanbaru, Vol 5, No 2.

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : AHMAD ALFIAN LUBIS  
 NPM : 1307230211

**KARAKTERISTIK UNJUK KERJA POMPA SEBAGAI TURBIN (PAT) DENGAN DEBIT AIR MASUK MENGGUNAKAN DUA POMPA HISAP SUSUNAN PARALEL UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK**

Dosen Pembimbing 1 : Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Rabu 10/08/2019	Pendahuluan mengenai judul skripsi	
2	Sabtu 16/08/2019	Perbaiki Pendahuluan dan figure	
3	Kamis 22/08/2019	Lanjutan bab 1 masalah	
4	Sabtu 31/08/2019	Lanjutan ke pembab 2	
5	Rabu 04/09/2019	Perbaiki Bab 2	AL
6	Jumat 13/09/2019	Perbaiki Bab 2	AL
7	Senin 23/09/2019	lanjut Bab 3	AL
8	Selasa 08/10/2019	Perbaiki Bab 3	AL
9	Selasa 22/10/2019	lanjut diagram alir	AL
10	Senin 04/11/2019	lanjut Bab 3	AL
11	Selasa 19/11/2019	Perbaiki Bab 4	AL
12	Jumat 06/12/2019	kembali ke pembimbing I	AL

Ace di Sumbar 27/12/2019



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12  
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 84/IL.3AU/UMSU-07/F/2019

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas  
Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 18 Januari 2019 dengan ini Menetapkan :

: **AHMAD ALFIAN LUBIS**  
: 1307230211  
: TEKNIK MESIN  
X1 ( SEBELAS )  
: KOMPARASI KARAKTERISTIK UNJUK KERJA 3 POMPA  
SENTRIFUGAL SEBAGAI TURBIN DENGAN SUSUNAN KOMBINASI  
PARALEL DAN SERI DENGAN DAYA POMPA 05 HP 1 HP DAN 2 HP .  
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK  
: MUNAWAR ALFANSURY SIREGAR ST.MT  
: SUDIRMAN LUBIS ST. MT  
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  
dilaksanakan sebagaimana mestinya.



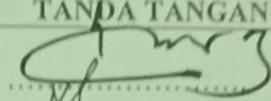
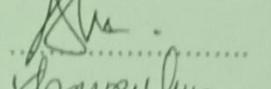
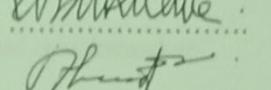
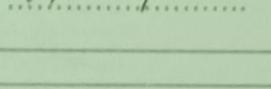
Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan 12 Jumadil Awal 1440 H  
18 Januari 2019 M

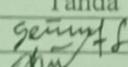
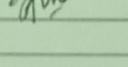
Dekan

**Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT**  
NIDN: 0101017202

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

Peserta Seminar  
 Nama : Ahmad Alfian Lubis  
 NPM : 1307230211  
 Judul Tugas Akhir : Karakteristik Unjuk Kerja Pompa Sebagai Turbin (DAT) Dengan Debit Air Masuk Menggunakan Dua Pompa Hi-Sap Susunan Paralel Untuk Pembangkit Listrik.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Munawar A Siregar.S.T.M.T	
Pembimbing – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	
Pembanding – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	
Pembanding – II	: Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T	

	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230221	Aldi Gusman Lubis	
2	1307230217	Dede Anoni Madi	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 15 Muharam 1442 H  
03 Septembet 2020 M

Ketua Prodi T. Mesin



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ahmad Alpian Lubis  
NPM : 1307230211  
Judul T.Akhir : Karakteristik Unjuk Kerja Pompa Sebagai Turbin ( DAI) Dengan Debit Air masuk Menggunakan Dua Pompa Hisap Susunan Paralel Untuk Pembangkit Listrik.

Dosen Pembimbing - I : Munawar A.Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : SUPIRMAN Lubis.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

.....lihat catatan pada buku.....  
.....Dokumen.....

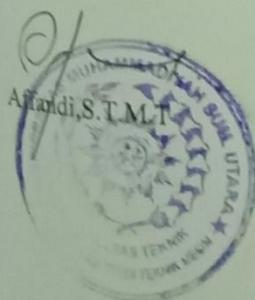
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

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

Medan 17 Muharram 1442 H  
03 September 2020M

Diketahui :  
Ketua Prodi T.Mesin

Dosen Pembanding - I



*Khairul Umurani*  
Khairul Umurani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ahmad Alpian Lubis  
NPM : 1307230211  
Judul T.Akhir : Karakteristik Unjuk Kerja Pompa Sebagai Turbin ( DAI) Dengan Debit Air masuk Menggunakan Dua Pompa Hisap Susunan Para-Lel Untuk Pembangkit Listrik.

Dosen Pembimbing - I : Munawar A.Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - II : AHMAD MARABDI SIREGAR S.T.,MT

KEPUTUSAN

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

*Lihat catatan & koreksi pada buku  
... laporan skripsi ...*

- 3 Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 17 Muharram 1442 H  
03 September 2020M

Diketahui :  
Ketua Prodi T.Mesin

Dosen Pemanding - II



*Ahmad Marabdi Siregar*  
Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Ahmad Alfian Lubis  
NPM : 1307230211  
Tempat/Tanggal Lahir : Sabadolik/02-Mei-1995  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Alamat : Sabadolik/ Kec.Kotanopan/ Kab.Mandailing Natal  
Nomor WhatsApp : 082274980583  
Nama Orang Tua  
Ayah : Saipan Nur Lubis  
Ibu : Sahrani Batubara

### PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : SD Negeri 144461 Kotanopan-Mandailing Natal  
2007-2010 : SMP Negeri 1 Kotanopan  
2010-2013 : SMK Negeri 2 Kotanopan  
2013-2020 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas  
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara