



LAPORAN PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK
PIKOHIDRO MENGGUNAKAN TURBIN KAPLAN PADA
ALIRAN DANAU POLITEKNIK CALTEX RIAU**

**Samuel Supry Antonius Situmorang
NIM. 1921302052**

**Pembimbing
Jupri Yanda Zaira, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
POLITEKNIK CALTEX RIAU
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**“RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK PIKOHIDRO
MENGUNAKAN TURBIN KAPLAN PADA ALIRAN DANAU
POLITEKNIK CALTEX RIAU”**

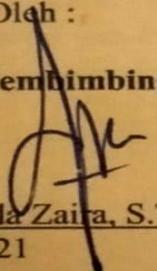
Samuel Supry Antonius
Situmorang
NIM. 1921302052

Proyek Akhir ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan (S.Tr.T)
di Politeknik Caltex Riau

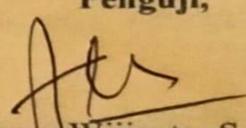
Pekanbaru, 15 September 2023

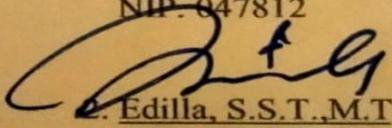
Disetujui Oleh :

Pembimbing,

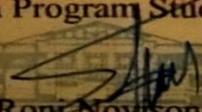

Jupri Yanda Zaira, S.T., M.T
NIP. 078321

Penguji,


1. Agus Wijianto, S.T., M.T.
NIP. 047812


2. Edilla, S.S.T., M.T
NIP. 038004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin


Roni Novison, S.T., M.T
NIP. 178506

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam proyek akhir yang berjudul :

“RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK PIKOHIDRO MENGGUNAKAN TURBIN KAPLAN PADA ALIRAN DANAU POLITEKNIK CALTEX RIAU”

Adalah benar hasil karya saya, dan tidak mengandung karya ilmiah atau tulisan yang pernah diajukan disuatu Perguruan Tinggi.

Setiap kata yang dituliskan tidak mengandung plagiat, pernah ditulis maupun diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam laporan proyek akhir ini dan disebutkan pada daftar pustaka. Saya siap menanggung seluruh akibat apabila terbukti melakukan plagiat.

Pekanbaru, 15 September 2023

Samuel Supry Antonius
Situmorang

ABSTRAK

Energi listrik mempunyai peranan penting bagi masyarakat, oleh karena itu saat ini di bidang energi orang berusaha mengembangkan dan meningkatkan produktivitas di bidang energi listrik. Wilayah Indonesia memiliki berbagai sumber energi alternatif yang dapat di manfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah tenaga pikohidro, untuk mengembangkan tenaga pikohidro hanya memerlukan aliran sungai yang tersedia dan mengarahkan aliran air ke sebuah turbin air untuk memutar generator yang menghasilkan energi listrik, dan aliran air danau Politeknik Caltex Riau memiliki potensi pemasangan turbin. Dengan debit air $0,01937 \text{ m}^3/\text{s}$ memungkinkan pemasangan turbin kaplan. Pada proses perancangan dilakukan perhitungan untuk menentukan dimensi poros turbin, jumlah sudu turbin, sistem transmisi dan daya yang mampu dihasilkan oleh turbin, dengan head 1 meter. Kemudian untuk mengetahui kinerja turbin dilakukan pengujian yang dilaksanakan di saluran pembuangan danau Politeknik Caltex Riau. Dengan objek penelitian yaitu kecepatan putaran poros generator, tegangan arus dan torsi yang dihasilkan serta efisiensi turbin. Dari pembuatan alat ini dapat menghasilkan listrik dengan penerapan di aliran danau Politeknik Caltex Riau dan bisa digunakan sebagai alat penerangan area di sekitar danau Politeknik Caltex Riau atau bisa digunakan untuk pengisian baterai.

Kata kunci: Turbin Kaplan, Generator, Listrik

ABSTRAK

Electrical energy has an important role for society, therefore currently in the energy sector people are trying to develop and increase productivity in the electrical energy sector. The territory of Indonesia has a variety of alternative energy sources that can be utilized to meet the increasing demand for electrical energy. One of the alternative energies that can be developed is pico-hydro power, to develop pico-hydro power it only requires available river flow and directs the water flow to a water turbine to rotate a generator that produces electrical energy, and the lake water flow of the Caltex Riau Polytechnic has the potential to install a turbine. With a water discharge of 0.01937 m³/s, it is possible to install a Kaplan turbine. In the design process calculations are carried out to determine the dimensions of the turbine shaft, the number of turbine blades, the transmission system and the power that can be generated by the turbine, with a head of 1 meter. Then, to determine the performance of the turbine, tests were carried out in the Caltex Riau Polytechnic lake drainage channel. The object of research is the generator shaft rotation speed, current voltage and torque produced and turbine efficiency. From the manufacture of this tool it can generate electricity by applying it to the lake stream of the Caltex Riau Polytechnic and can be used as a lighting device for the area around the lake of the Caltex Riau Polytechnic or can be used to charge batteries.

Keywords: Kaplan Turbine, Generator, Electricity

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISRIK PIKOHIDRO MENGGUNAKAN TURBIN KAPLAN PADA ALIRAN DANAU POLITEKNIK CALTEX RIAU”

Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan pendidikan Diploma IV di Program Studi Teknik Mesin Politeknik Caltex Riau.

Penulis juga menyadari bahwa penyusunan Laporan Proyek Akhir ini masih belum sempurna, sehingga penulis mengharapkan masukan dan saran atas proyek akhir ini. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan teimakasih kepada pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan yang tiada terhingga baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terimakasih tersebut penulis tujukan kepada :

1. Bapak Jupri Yanda Zaira, S.T.,M.T. Selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan semangat kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Bapak Agus Wijianto, S.T.,M.T. Selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan ilmu kepada penulis

dalam menyelesaikan proyek akhir ini.

3. Bapak Edilla, S.S.T., M.T. Selaku dosen penguji yang memberikan masukan dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
4. Seluruh dosen Teknik Mesin Politeknik Caltex Riau yang telah memberikan masukan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
5. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini.
6. Ivana Aurora Manihuruk dan seluruh teman Teknik Mesin yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.

Pekanbaru, 4 September 2022

Samuel Supry Antonius
Situmorang

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN.....	3
ABSTRAK	4
ABSTRAK	5
KATA PENGANTAR.....	6
DAFTAR GAMBAR.....	13
DAFTAR TABEL	15
BAB I	16
PENDAHULUAN.....	16
1.1 Latar Belakang	16
1.2 Rumusan Masalah	18
1.3 Batasan Masalah	18
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	18
1.4.1 Tujuan Penelitian	18
1.4.2 Manfaat	18
1.5 Metodologi Penelitian	19
1.5.1 Studi Literatur	19
1.5.2 Identifikasi Masalah.....	19
1.5.3 Perancangan	19

1.5.4 Laporan	20
1.6 Sistematika Penelitian	20
BAB I PENDAHULUAN	20
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	20
BAB III PERANCANGAN	20
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN.....	21
BAB II	22
TINJAUAN PUSTAKA	22
2.1 Penelitian terdahulu.....	22
2.2 Landasan Teori.....	24
2.2.1 Turbin Kaplan	24
2.3 Komponen-Komponen Turbin Kaplan	24
2.2.1 Rangka	24
2.2.2 Poros.....	25
2.2.3 Pulley	26
2.3.4 Sabuk V (V-Belt)	27

2.3.5 Generator DC	28
2.3.6 Inverter	28
2.3.7 Bearing	29
2.3.8 Baut dan Mur	30
2.4 Alat Ukur.....	31
2.4.1 Roll Meter	31
2.4.2 Jangka Sorong	31
2.4.3 Stopwatch.....	32
2.4.4 Tachometer.....	32
2.5 Perhitungan Rancangan Turbin Kaplan	33
2.5.1 Daya Hidrolisis, Daya Turbin, Daya Indikasi Turbin, Daya Efektifitas Turbin dan Daya Rencana Turbin Kaplan	33
2.5.2 Kecepatan Spesifik Turbin.....	35
2.5.3 Diameter Runner Blade.....	35
2.5.4 Torsi Turbin Kaplan.....	35
2.5.5 Momen Puntir, Momen Lengkung, Tegangan Geser dan Diameter Poros.....	36
BAB III.....	38
PERANCANGAN.....	38

3.1 Studi Literatur	38
3.2 Diskusi	38
3.3 Flow Chart Proses Kerja Turbin Kaplan.....	38
3.4 Perancangan Mekanik	40
3.5 Perhitungan Mekanik.....	40
3.5.1 Perencanaan Spesifikasi Turbin Kaplan	40
3.5.2 Perhitungan Daya Air.....	41
3.5.3 Perhitungan Kecepatan Aliran Air Masuk, Diameter Luar Runner Blade dan Diameter Dalam Runner Blade.....	41
3.5.4 Perhitungan Kecepatan Spesifik	41
3.5.5 Perhitungan Daya Indikasi Turbin	41
3.5.6 Perhitungan Torsi Turbin Kaplan	42
3.5.7 Perhitungan Daya Efektivitas Turbin Kaplan	42
3.5.8 Perhitungan Daya Turbin	42
3.5.9 Perhitungan Daya Rencana	43
3.5.10 Perhitungan Poros	43
3.6 Hasil Perancangan.....	44
3.7 Metode Pengambilan Data.....	45
3.8 Rencana Analisa Data	46

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Pengambilan Data dan Analisa	47
4.1.1 Proses Pengujian Alat	47
4.2 Analisa Data.....	52
4.2.1 Hasil pengukuran beban lampu.....	52
4.2.2. Pengaruh Beban Lampu Terhadap Tegangan (Volt) ...	52
4.2.3 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Arus (Ampere).....	54
4.2.4 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Generator (Rpm)	55
4.2.5 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Turbin (Rpm)	57
4.3 Analisa Data dengan Beban Lampu Led DC	58
4.4 Analisa Data dengan Beban Pengereman	59
BAB V	61
KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 2Angle Bar (stell, 2021) [28]	25
Gambar 2. 3 Poros (Indonesia, 2021) [10].....	25
Gambar 2.4 Pulley (Jaya, 2022) [11]	27
Gambar 2.5 Diagram Pemilihan Sabuk V (Sularso & Suga , 2004) [29].....	27
Gambar 2. 6Generator DC (Dasar , 2022) [8].....	28
Gambar 2. 7 Inverter (Power, 2022) [20].....	29
Gambar 2. 8 Bearing (Makmur, 2021)[13]	29
Gambar 2. 9 Baut dan Mur (merdeka, 2021) [15]	31
Gambar 2. 10 Roll Meter (Saputra & Dwi, Pengertian dan Fungsi Roll meter, 2019) [24].....	31
Gambar 2. 11Jangka Sorong (ID, 2017) [9].....	32
Gambar 2. 12 Stopwatch (Perkakas, 2016)[19]	32
Gambar 2. 13 Tachometer (Darmasakti, 2021) [7]	33
Gambar 3. 1 Flowchart Cara Kerja	39
Gambar 4. 1 Instalasi Turbin Kaplan	48
Gambar 4. 2 Komponen-Komponen Kelistrikan	49
Gambar 4. 3 Uji Coba Lampu	50
Gambar 4. 4 Uji Coba Torsi Pengereman	51
Gambar 4. 5 Pengambilan Data Tegangan Lampu	53

Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Tegangan	54
Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Arus.....	55
Gambar 4. 8 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Generator	56
Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Generator.....	56
Gambar 4. 10 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Turbin	57
Gambar 4. 11 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Turbin.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.2 Hasil Perancangan Turbin Kaplan	44
Tabel 3. 3 Pengambilan Data Daya Mekanik	45
Tabel 3.4 Pengambilan Data Beban Lampu.....	45
Gambar 4. 1 Instalasi Turbin Kaplan	48
Gambar 4. 2 Komponen-Komponen Kelistrikan	49
Gambar 4. 3 Uji Coba Lampu	50
Gambar 4. 4 Uji Coba Torsi Pengereman	51
Gambar 4. 5 Pengambilan Data Tegangan Lampu	53
Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Tegangan	54
Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Arus.....	55
Gambar 4. 8 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Generator	56
Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Generator.....	56
Gambar 4. 10 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Turbin	57
Gambar 4. 11 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Turbin.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan satu diantara kebutuhan hidup manusia yang utama, sehingga diperlukan suatu instalasi pembangkit listrik yang dapat berkelanjutan. Indonesia memiliki potensi yang besar dalam penggunaan pembangkit listrik tenaga air, satu diantaranya adalah pembangkit listrik tenaga pikohidro dikarenakan dapat memanfaatkan potensi tenaga air low-head dengan teknologi dan desain yang memungkinkan untuk di buat dan dirawat secara mandiri.

(BPS, 2020) [4]. Jumlah konsumsi listrik di indonesia pada tahun 2018 sebanyak 1,06 MWh/Kapita kemudian di tahun 2019 sebanyak 1,08 MWh/Kapita dan di tahun 2020 sebanyak 1,09 MWh/Kapita. Lalu jumlah produksi listrik di Indonesia pada tahun 2018 sebanyak 178.193,86 GWh kemudian di tahun 2019 sebanyak 186.457,23 GWh dan di tahun 2020 sebanyak 274.851,18 GWh.

Menurut (Kusnadi, Mulyono, Pakki, & Gunarko, 2018)[12]. Energi air dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perencanaan, metode perancangan, metode pengujian, dan metode analisa hasil. Perancangan turbin kaplan mengacu pada hasil observasi awal yang menunjukkan bahwa tinggi jatuhnya air 1,6m dan debit 0,0512m³/s. Daya air yang tersedia di kolam sebesar 805,047 watt. Hasil perancangan turbin kaplan menghasilkan putaran spesifik turbin sebesar 249,372 rpm dengan diameter luar roda turbin 10,70 cm dan diameter dalam roda turbin 3,56 cm serta tinggi sudu pengarah turbin 3 cm. Daya indikasi yang dihasilkan turbin turbin air sebesar 351,590 watt dengan momen puntir sebesar 6,711 Nm dan daya efektif turbin air sebesar 280,964 watt serta efisiensi turbin sebesar 79%.

(Pranio & Karnowo, 2020) [21]. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Variasi jumlah sudu yang digunakan adalah 2 sudu, 3 sudu, dan 4 sudu. Variasi kecepatan air yang digunakan yaitu 0,81m/s, 0,94m/s, 1,08m/s, dan 1,18m/s. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa efisiensi turbin air tidak terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sudu dan meningkatnya kecepatan air. Hal ini dikarenakan penambahan jumlah sudu dalam satu lengan turbin mengakibatkan massa/beban yang diterima oleh turbin saat berputar akan meningkat dan semakin tinggi kecepatan air yang mengenai turbin menyebabkan putaran turbin air menjadi tidak stabil sehingga kinerja turbin tidak maksimal. Turbin dengan dua sudu dengan kecepatan air 0,94m/s merupakan turbin yang paling optimal karena menghasilkan koefisien daya (C_p) tertinggi yaitu sebesar 0,00376.

(Nadapdap, 2021) [17]. Terkhusus di aliran danau Politeknik Caltex Riau memiliki potensi yang besar untuk dijadikan sumber energi listrik kelas pikohidro dan untuk jenis turbin yang akan di aplikasikan adalah turbin crossflow, mengapa demikian karena aliran air pada danau Politeknik Caltex Riau memiliki debit yang cukup rendah yaitu 0,019m³/s dan head yang cukup rendah juga yaitu ≤ 1 m pada debit dan head tersebut turbin crossflow masih bisa beroperasi dengan optimal dan efisien.

Dari uraian diatas baik peluang dari berbagai potensi yang ada serta kebutuhan tenaga listrik yang masih perlu dikembangkan maka penulis mengambil judul yaitu merangkai dan membuat pembangkit listrik pikohidro dengan metode turbin kaplan yang di aplikasikan langsung di aliran danau Politeknik Caltex Riau. Diharapkan dari pembuatan alat ini adalah dapat menghasilkan listrik dengan penerapan di aliran danau Politeknik Caltex Riau dan bisa digunakan sebagai alat penerangan area di sekitar danau Politeknik Caltex Riau atau bisa digunakan untuk pengisian baterai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, terdapat rumusan masalah yang selanjutnya menjadi bahan kajian dalam proyek akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana melakukan perancangan turbin kaplan yang optimal dan efisien untuk digunakan sebagai pembangkit listrik pikohidro pada aliran danau Politeknik Caltex Riau.
2. Bagaimana membuat instalasi pembangkit listrik pikohidro dengan menggunakan turbin Kaplan yang diaplikasikan pada aliran danau Politeknik Caltex Riau.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pembuatan proyek akhir ini adalah:

1. Perancangan turbin Kaplan dengan jumlah sudu sebanyak 4 buah.
2. Aliran air yang digunakan adalah aliran air danau Politeknik Caltex Riau.
3. Generator yang digunakan adalah generator DC.
4. Tidak membahas mengenai spiral casing.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari rancang bangun turbin kaplan adalah:

1. Merancang dan membuat turbin kaplan yang mampu memperdaya aliran danau Politeknik Caltex Riau.
2. Merancang turbin kaplan dengan kapasitas pikohidro.

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat dari proyek akhir ini adalah membuat turbin kaplan dengan memanfaatkan aliran danau Politeknik Caltex Riau. Adapun manfaat yang diharapkan dari proyek akhir ini adalah:

1. Dapat menambah wawasan penulis tentang proses pembangkit energi listrik dengan sistem turbin kaplan.

2. Dapat mendukung pengembangan pembangkit energi listrik pikohidro.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dipakai dalam pembuatan proposal proyek akhir ini adalah:

1.5.1 Studi Literatur

Studi literatur yang akan dilakukan untuk menunjang pengerjaan pembuatan turbin kaplan pikohidro dapat dilakukan melalui:

1. Pencarian informasi dari jurnal yang terkait dengan turbin kaplan.
2. Media berupa internet.
3. Survey lapangan.
4. Diskusi.
5. Bimbingan dengan dosen pembimbing

1.5.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, maka identifikasi masalah yang didapatkan adalah membuat turbin kaplan pikohidro pada aliran danau Politeknik Caltex Riau.

1.5.3 Perancangan

Pada pembuatan proyek akhir rancang bangun pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin kaplan pada aliran danau Politeknik Caltex Riau meliputi:

1. Perancangan Mekanik
2. Merancang desain mekanik rancang bangun pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin kaplan pada aliran danau Politeknik Caltex Riau dengan menggunakan *software Solidworks*.
3. Perhitungan Sudu
4. Melakukan perhitungan pada sudu turbin kaplan agar presisi dan sesuai dengan perencanaan.

1.5.4 Laporan

Dalam membuat laporan hasil penelitian yang telah dilakukan pada rancang bangun pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin kaplan pada aliran danau Politeknik Caltex Riau.

1.6 Sistematika Penelitian

Tugas akhir ini terbagi dalam bab-bab yang diuraikan secara terperinci. Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan dari rancang bangun pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin kaplan pada aliran danau Politeknik Caltex Riau.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang penelitian terdahulu dan beberapa teori yang mendukung tentang rancang bangun pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin kaplan pada aliran danau Politeknik Caltex Riau.

BAB III PERANCANGAN

Pada bab ini membahas perancangan dan perhitungan rancang bangun pembangkit listrik pikohidro menggunakan turbin kaplan pada aliran danau Politeknik Caltex Riau.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini membahas tentang cara mengolah data hasil dari penelitian dan melakukan pembahasan dari hasil yang didapatkan dari langkah dan proses penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan yang diambil dari penelitian dan perencanaan ini. Selain itu juga berisi tentang saran-saran yang diberikan penulis yang bertujuan untuk pengembangan penelitian ini pada tahap selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka merupakan daftar acuan (literatur) yang dipergunakan untuk menyelesaikan projek akhir ini.

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan (Kusnadi, Mulyono, Pakki, & Gunarko, 2018) [12] dengan judul “Rancang Bangun Dan Uji Perforansi Turbin Air Jenis Kaplan Skala Mikohidro”. Berdasarkan perhitungan head dan kapasitas aliran air pada kolam ikan di Lemjiantek, didapatkan head sebesar 1,6 m dan debit $0,0224 \text{ m}^3/\text{s}$ maka turbin air yang tepat sebagai penggerak pada prototype PLTMH di Lemjiantek adalah Turbin Kaplan dan daya air yang tersedia di kolam sebesar 805,047 Watt. Hasil perancangan Turbin Kaplan menghasilkan putaran spesifik turbin sebesar 249,372 rpm dengan diameter dalam roda turbin (*boss*) 3,56 cm serta tinggi sudu pengarah 3 cm, daya indikasi yang dihasilkan turbin air (*Water Horse Power*) sebesar 351,590 Watt dengan momen puntir sebesar 6,711 Nm dan daya efektif turbin air (BHP) sebesar 280,964 Watt serta efisiensi turbin sebesar 79%.



Gambar 2.1 Rancang Bangun Turbin Air Jenis Kaplan Skala Mikohidro (Kusnadi, Mulyono, Pakki, & Gunarko, 2018) [12]

Penelitian terdahulu lainnya (Pranio & Karnowo, 2020) [21] yaitu “Pengaruh Jumlah Sudu Dan Kecepatan Air Terhadap Kinerja Turbin Air Sumbu Vertikal Tipe Heliks Gorlov”. Jumlah sudu mempengaruhi kinerja turbin air Heliks Gorlov, hal ini dikarenakan penambahan jumlah sudu dalam satu lengan turbin mengakibatkan massa yang diterima oleh turbin saat berputar akan meningkat. Turbin Heliks 2, 3, dan 4 sudu memiliki jari-jari yang sama, sehingga variabel yang membedakan diantara ketiganya ialah massa. Massa turbin akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah sudu. Sehingga Turbin Heliks 4 sudu memiliki momen inersia (beban saat berputar) yang lebih tinggi dari pada Turbin Heliks 3 sudu dan 2 sudu. Oleh karena itu, Turbin Heliks 4 sudu memiliki putaran, daya, koefisien daya, dan TSR yang paling rendah diantara ketiga variasi turbin yang lainnya. Kecepatan air mempengaruhi kinerja turbin air Heliks Gorlov, hal ini dikarenakan kecepatan air berbanding lurus dengan putaran, daya, dan TSR. Semakin tinggi kecepatan air maka semakin tinggi juga putaran, daya, dan TSR, sedangkan nilai C_p berbanding terbalik dengan kecepatan air, hal ini disebabkan karena peningkatan daya air tidak sebanding dengan daya mekanik yang dihasilkan turbin. Turbin Heliks Gorlov paling optimal berdasarkan hasil penelitian dengan nilai koefisien daya (C_p) tertinggi yaitu turbin dengan 2 sudu pada kecepatan air 0,94 m/s yang menghasilkan nilai C_p sebesar 0,00376 dan nilai TSR 1,35.

Penelitian terdahulu lainnya (Alam & Amin, 2019) [2] yaitu “Pembuatan Rangka Turbin Air Jenis Kaplan Dengan Desain Kapasitas 250 Watt”. Pada saat dilakukan pengujian di lab Hycom Cimahi tidak sesuai dengan desain karena menyesuaikan dengan tempat pengujian, dimana head yang didesain sebesar 1,7 m diubah menjadi 1,4 m dan terdapat beberapa kebocoran pada lasan PVC yang digunakan untuk menghubungkan rangka turbin. Head dan kecepatan spesifik turbin menentukan pemilihan jenis turbin yang akan digunakan, penggunaan material PVC dipilih karena ketahanannya terhadap korosi, ringan, dan mudah dibentuk. Pada proses perangkaian turbin dengan material PVC dengan teknik yang benar akan menghasilkan lasan yang baik, sehingga tidak adanya kebocoran pada sambungan. PLTMH dipilih karena dianggap sesuai untuk karakteristik perairan di daerah Majalengka, dengan memanfaatkan aliran irigasi yang tidak memiliki head yang terlalu tinggi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Turbin Kaplan

Turbin Kaplan adalah turbin air jenis propeller yang memiliki blade yang dapat disesuaikan. Turbin ini dikembangkan pada tahun 1913 oleh profesor Austria Victor Kaplan, yang mengkombinasikan secara otomatis baling-baling yang dapat diadjust dengan otomatis disesuaikan gerbang gawang (wicket gates) untuk mencapai efisiensi melalui berbagai tingkat dan aliran air. Turbin Kaplan merupakan evolusi dari turbin Francis. Penemuannya menyebabkan listrik dapat diproduksi secara efisien dengan menggunakan head yang rendah, yang tidak mungkin dapat dicapai dengan turbin Francis. Tinggi head berkisar 10-70 meter dan output daya 5-200 MW. Diameter Runner adalah antara 2 dan 11 meter. Kisaran rotasi turbin adalah 79-429 rpm. Instalasi Turbin Kaplan dipercaya untuk menghasilkan kekuatan yang paling optimal jika head nominalnya adalah 34.65 m adalah seperti Tocoma Power Plant (Venezuela) Turbin Kaplan 235 MW dengan masing-masing diameter runnernya adalah 4.8 m. Turbin Kaplan saat ini sudah banyak digunakan di seluruh dunia dalam high-flow, pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan head rendah. Turbin Kaplan adalah turbin reaksi aliran ke dalam, yang berarti bahwa fluida perubahan tekanan bekerja ketika bergerak melalui turbin dan memberikan energinya. Power dipulihkan dari kedua kepala hidrostatis dan dari energi kinetik dari air yang mengalir. Desain menggabungkan fitur radial dan aksial turbin. Inlet adalah tabung berbentuk scroll yang membungkus di sekitar gerbang gawang turbin. Air diarahkan tangensial melalui gerbang gawang dan spiral ke baling-baling berbentuk runner, menyebabkan ia berputar. Outlet berbentuk draft tube yang membantu mengurangi kecepatan air dan memulihkan energi kinetik (Saputra & Aris, Analisa Pengaruh Diameter Sudu, 2018) [23].

2.3 Komponen-Komponen Turbin Kaplan

2.2.1 Rangka

Rangka adalah struktur datar yang terdiri dari sejumlah batang-batang yang disambung-sambung satu dengan yang lain pada ujungnya dengan pen-pen luar, sehingga membentuk suatu rangka kokoh, gaya luar serta reaksinya dianggap terletak di bidang yang sama dan hanya bekerja pada tempat-tempat pen. (Prasetyo, 2012) [22]



Gambar 2. 2Angle Bar (stell, 2021) [28]

2.2.2 Poros

Poros dalam suatu mesin berperan untuk menyambung tenaga bersama-sama dengan putaran. Tiap komponen mesin yang berputar, seperti roda tali, v-belt, piringan kabel, tromol kabel, roda jalur serta roda gigi, dipasang berputar pada poros dukung yang tetap ataupun dipasang tetap pada poros dukung yang berputar (teknikjaya, 2021) [30].



Gambar 2. 3 Poros (Indonesia, 2021) [10]

Jenis-jenis poros:

1. Poros Transmisi (Transmission Shaft)

Poros transmisi lebih dikenal dengan sebutan shaft. Shaft akan

mengalami beban puntir berulang, beban lentur berganti ataupun keduanya. Pada shaft, daya dapat ditransmisikan melalui gear, belt pulley, sprocket rantai, dan lainnya.

2. Gandar

Poros gandar merupakan poros yang dipasang diantara roda-roda kereta barang. Poros gandar tidak menerima beban puntir dan hanya mendapat beban lentur.

3. Poros Spindle

Poros spindle merupakan poros transmisi yang relatif pendek, misalnya pada poros utama mesin perkakas dimana beban utamanya berupa beban puntiran. Selain beban puntiran, poros spindle juga menerima beban lentur (*axial load*). Poros spindle dapat digunakan secara efektif apabila deformasi yang terjadi pada poros tersebut kecil.

Tabel 2 1 Baja Karbon Untuk Poros (Sularso & Suga , 2004)[29]

Standar dan macam	Lamban g	Perlakuan Panas	Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbonkonstruksi mesin (JIS G 4501)	S 30 C	Penormalan	48	
	S 35 C	an	52	
	S 40 C	“	55	
	S 45 C	“	58	
	S 50 C	“	62	
	S 55 C	“	66	

2.2.3 Pulley

Pulley adalah suatu alat berbentuk lingkaran yang sisi-sisinya dilingkari tali, sabuk, hingga rantai untuk mewujudkan pergerakan rotasional (berputar) dengan tujuan meringankan beban, mengubah arah, dan mendapatkan manfaat mekanikal lainnya (caramesin, 2021) [5].

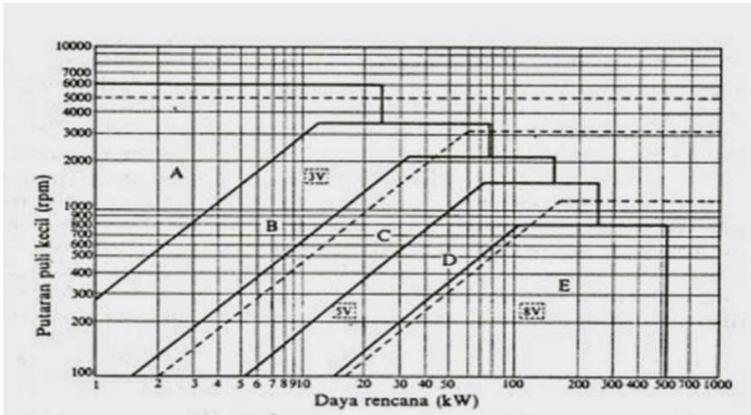


Gambar 2.4 Pulley (Jaya, 2022) [11]

2.3.4 Sabuk V (V-Belt)

V-Belt adalah sabuk yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan, teteron dan semacamnya digunakan untuk mentransmisikan daya dari turbin Kaplan ke generator dc. Kemudian sabuk V-Belt dibelitkan pada alur pulley yang berbentuk V juga. Bagian sabuk yang membelit akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar (auto2000, 2020) [3].

Pemilihan V-Belt:



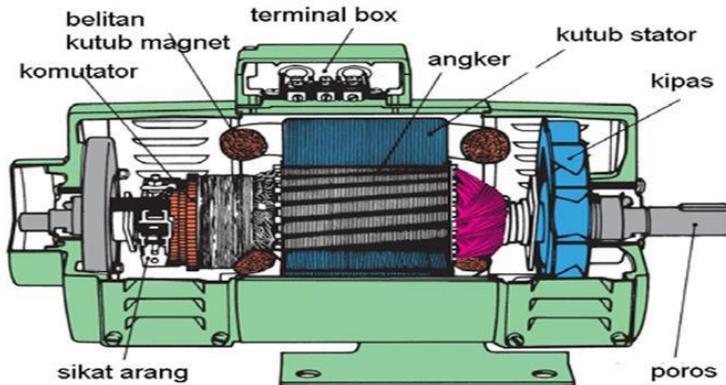
Gambar 2.5 Diagram Pemilihan Sabuk V (Sularso & Suga , 2004) [29]

Jika sudah mendapatkan (rpm) pada pulley kecil dan daya

rencana (kw) yang direncanakan maka pemilihan tipe sabuk pada diagram diatas dapat dilakukan.

2.3.5 Generator DC

Generator DC (*Direct Current*) merupakan sebuah mesin yang digunakan untuk menghasilkan arus listrik searah. Adapun perbedaan dengan generator AC (*Alternating Current*) ialah tidak mempunyai slip ring, melainkan dua buah brush yang terletak di bagian kiri dan kanan kumparan. Nantinya, kedua ujung kumparan yang berpolaritas akan menyentuh brush secara bergantian dan generator mampu menghasilkan arus listrik searah (merdeka, 2021) [14].



Gambar 2. 6Generator DC (Dasar , 2022) [8]

2.3.6 Inverter

Inverter merupakan perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan gelombang sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, turbin, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformers (Power, 2022) [20].



Gambar 2. 7 Inverter (Power, 2022) [20]

2.3.7 Bearing

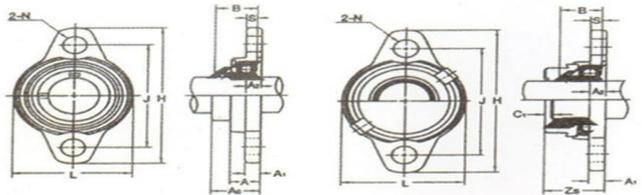
Bearing adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Bearing menjaga poros agar selalu berputar terhadap sumbu poros nya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya. Bearing merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bearing yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bearing harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik.



Gambar 2. 8 Bearing (Makmur, 2021)[13]

Bearing atau laher adalah komponen sebagai bantalan untuk membantu mengurangi gesekan peralatan berputar pada poros. Bearing atau laher ini biasanya berbentuk bulat. Bearing di mobil di pasang pada as roda dan ditempat-tempat yang berputar lainnya. Tujuan dari bearing balok untuk mengurangi gesekan rotasi dan mendukung radial dan aksial beban (Wikipedia, 2021) [33]

Tabel 1 Tabel Pillow Bearing (Tokopedia, 2021)[31]



Code	轴径	Dimension mm													螺栓
	(mm)	H	J	A1	A2	A	N	L	A0	Bi	S	Ci	Zs	(mm)	
KFL08	8	48	37	4.5	4	8.5	4.8	27	16	15	3.5			M4	
KFL000	10	60	45	5.5	5.5	12	7	36	16	14	4	6	22	M6	
KFL001	12	63	48	5.5	5.5	12	7	38	16	15	4	6.5	22	M6	
KFL002	15	67	53	6.5	6.5	13	7	42	19	17	4.5	5	24	M6	
KFL003	17	71	56	7	7	14	7	46	20	18	5	6	26	M6	
KFL004	20	90	71	8	8	16	10	55	23	21	6	7.5	31	M8	
KFL005	25	95	75	8	8	16	10	60	25	23	6	7	32	M8	
KFL006	30	112	85	9	9	18	13	70	27	25	6.5	6.5	34	M10	
KFL007	35	122	95	10	10	20	13	80	30	28	7	6	38	M10	

2.3.8 Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan alat pengikat yang sangat penting, untuk mencegah kecelakaan atau kerusakan pada mesin. Pemilihan baut dan mur sebagai alat pengikat harus dilakukan dengan seksama untuk mendapatkan ukuran yang sesuai. Untuk menentukan ukuran baut dan mur, berbagai faktor harus di perhatikan seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan dan kelas ketelitian (Merdeka, 2022) [15].



Gambar 2. 9 Baut dan Mur (merdeka, 2021) [15]

2.4 Alat Ukur

2.4.1 Roll Meter

Roll meter digunakan untuk mengukur jarak atau panjang benda. Roll meter juga berguna untuk mengukur sudut, membuat sudut siku-siku, dan juga dapat dipakai untuk membuat lingkaran. Pada ujung pita dilengkapi dengan pengait dan diberi magnet agar lebih mudah ketika sedang melakukan pengukuran, dan pita tidak lepas ketika mengukur. Ketelitian pengukuran dengan roll meter hingga 0,5 mm (Saputra & Dwi, Pengertian dan Fungsi Roll meter, 2019) [24].



Gambar 2. 10 Roll Meter (Saputra & Dwi, Pengertian dan Fungsi Roll meter, 2019) [24]

2.4.2 Jangka Sorong

Jangka sorong itu alat untuk mengukur panjang, diameter luar maupun diameter dalam suatu benda. Selain itu, bisa juga untuk

mengukur kedalaman lubang atau bangun ruang, misalnya tabung. jangka sorong lebih dipakai untuk mengukur benda yang ukurannya kecil dan tidak bisa diukur menggunakan penggaris dan jangka sorong mempunyai ketelitian yang presisi yaitu sampai 0.02mm (MT, 2022) [16].



Gambar 2. 11Jangka Sorong (ID, 2017) [9].

2.4.3 Stopwatch

Stopwatch adalah alat pengukur waktu yang digunakan untuk mencari debit air dengan cara mengukur seberapa lama sebuah wadah penuh terisi oleh air dan setelah itu waktu dicatat dan dilakukan perhitungan debit air (Perkakas, 2016)[19].



Gambar 2. 12 Stopwatch (Perkakas, 2016)[19]

2.4.4 Tachometer

Fungsi dari Tachometer adalah digunakan untuk mengukur putaran pada sebuah alat yang berputar pada porosnya, khususnya jumlah

putaran yang sedang dilakukan oleh sebuah poros dalam satuan waktu dan ini dipakai untuk mengukur rpm dari turbin screw dan rpm generator. Dan mempunyai layar yang menunjukkan kecepatan putaran per menitnya (Abdul, 2019) [1].



Gambar 2. 13 Tachometer (Darmasakti, 2021) [7]

2.5 Perhitungan Rancangan Turbin Kaplan

2.5.1 Daya Hidrolisis, Daya Turbin, Daya Indikasi Turbin, Daya Efektifitas Turbin dan Daya Rencana Turbin Kaplan

Daya pembangkitan tenaga listrik dengan menggunakan tenaga air merupakan suatu perubahan tenaga dari air dan ketinggian jatuh air serta debit air tertentu yang diubah menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

1. Perhitungan Debit Air (Setiawan, 2008) [27]

Perhitungan debit air dapat diperoleh berdasarkan persamaan:

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

Dimana:

V = Volume wadah (m^3)

T = Waktu (s)

2. Daya Hidrolisis (Saputra, Weking, & Artawijaya, 2019) [25]

Perhitungan daya hidrolisis dapat diperoleh berdasarkan

persamaan:

$$P_{Hydrolisis} = \rho \times g \times H \times Q \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- P = Daya hiydrolisis (Watt)
- ρ = Massa jenis air (kg/m^3)
- g = Percepatan grafitasi (m/s^2)
- H = *Head* (m)
- Q = Debit aliran air (m^3/s)

3. Daya Turbin (Saputra & Liichan, 2018) [26]

Perhitungan daya turbin dapat diperoleh berdasarkan persamaan:

$$Pt = \frac{nt \times \rho \times Q \times H}{75} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- Pt = Daya turbin (W)
- ηt = Efisiensi daya indikasi (%)
- ρ = Massa jenis air (kg/m^3)
- Q = Debit aliran air (m^3/s)
- H = *Head* (m)

4. Daya Indikasi Turbin (Kusnadi, Mulyono, Pakki, & Gunarko, 2018)[12]

Perhitungan daya turbin dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$Pi = \rho \times g \times H \times Q \times nt \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- Pi = Daya indikasi turbin
- ρ = Massa jenis air (kg/m^3)
- g = Percepatan grafitasi (m/s^2)
- H = *Head* (m)
- Q = Debit aliran air (m^3/s)
- nt = Efisiensi daya indikasi (%)

5. Daya Efektivitas Turbin Kaplan [12]

Mencari daya efektifitas pada turbin Kaplan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pe = T \times \omega \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

- T = Momen gaya (Nm)
- ω = Kecepatan sudut (rad/s)

6. Daya Rencana Turbin Kaplan [26]

Mencari daya rencana suatu turbin dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_d = 1,2 \times P_t \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

$$P_t = \text{Daya turbin (W)}$$

2.5.2 Kecepatan Spesifik Turbin

Untuk mencari kecepatan spesifik suatu turbin dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Dandekar & Sharma, 1979) [6]:

$$N_s = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{0,75}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

$$N_s = \text{Putaran spesifik turbin (rpm)}$$

$$n = \text{Putaran poros turbin (rpm)}$$

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

$$H = \text{Head (m)}$$

2.5.3 Diameter Runner Blade

Mencari diameter runner blade suatu turbin dapat menggunakan rumus sebagai berikut [12]:

Diameter luar runner blade:

$$D_e = \frac{60 \times u}{\pi \times n} \dots\dots\dots (2.8)$$

Diameter dalam runner blade:

$$d = 1/3 \times D_e \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

$$u = \text{Kecepatan keliling (m/s)}$$

$$n = \text{Putaran poros turbin (rpm)}$$

2.5.4 Torsi Turbin Kaplan

Untuk mencari nilai torsi pada turbin dapat menggunakan persamaan 2.10 sebagai berikut [12]:

$$T = Q \times \rho_{air} \times C \times \left(\frac{D_e}{2}\right) \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

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

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

$$C = \text{Kecepatan keliling (m/s)}$$

$$= 5,6 \text{ m/s [12]}$$

2.5.5 Momen Puntir, Momen Lengkung, Tegangan Geser dan Diameter Poros

1. Momen Puntir [26]

Momen puntir yang terjadi pada poros turbin, diperoleh dari persamaan 2.11.

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

- Pd = Daya rencana (W)
- n = Putaran poros turbin (rpm)

2. Momen Lengkung [26]

Untuk mendapatkan nilai kecepatan aliran air masuk (V_{in}) pada persamaan 2.12. (Warnick, Mayo, Carson, & Sheldon, 1984) [32] untuk mendapatkan nilai gaya yang terjadi pada poros turbin didapatkan persamaan 2.13.[26] dan untuk mendapatkan nilai momen lengkung didapatkan persamaan 2.14.[26]

$$V_{in} = \frac{3,17+759,21}{N_s} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$F = Q \times (0 - V_{in}) \dots\dots\dots (2.13)$$

$$M = F \times L \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

- F = Gaya yang bekerja (kg)
- V_{in} = Kecepatan aliran air masuk (m/s)
- Q = Debit aliran air (m^3/s)
- N_s = Putaran spesifik turbin (rpm)
- L = Momen inersia (mm)

3. Tegangan Geser [26]

Untuk mendapatkan nilai dari tegangan geser dapat menggunakan persamaan 2.15.

$$\tau_{xy} = \frac{58}{6 \times 2} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

- τ_{xy} = Tegangan geser (kg/mm^2)

4. Diameter Poros [26]

Untuk mencari besar diameter poros dapat dipakai persamaan

2.16.

$$ds = \left[\frac{5,1}{\tau a} \sqrt{(2.M)^2 + (1,5.T)^2} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana:

τa = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm^2)

M = Momen lentur ($kg.mm$)

T = Momen puntir ($kg.mm$)

BAB III

PERANCANGAN

Perancangan merupakan hal terpenting dalam melakukan suatu proyek, sehingga dalam pengerjaan proyek akhir ini sangat diperlukan desain dan perhitungan yang tepat agar proyek ini berjalan dengan lancar dan sesuai dengan keinginan. Dalam pembuatan dan pengerjaan proyek akhir harus dirancang sebaik mungkin agar hasil yang didapat nantinya sesuai dengan yang diharapkan sehingga diperlukan beberapa tahap dalam proses perancangannya, yaitu:

3.1 Studi Literatur

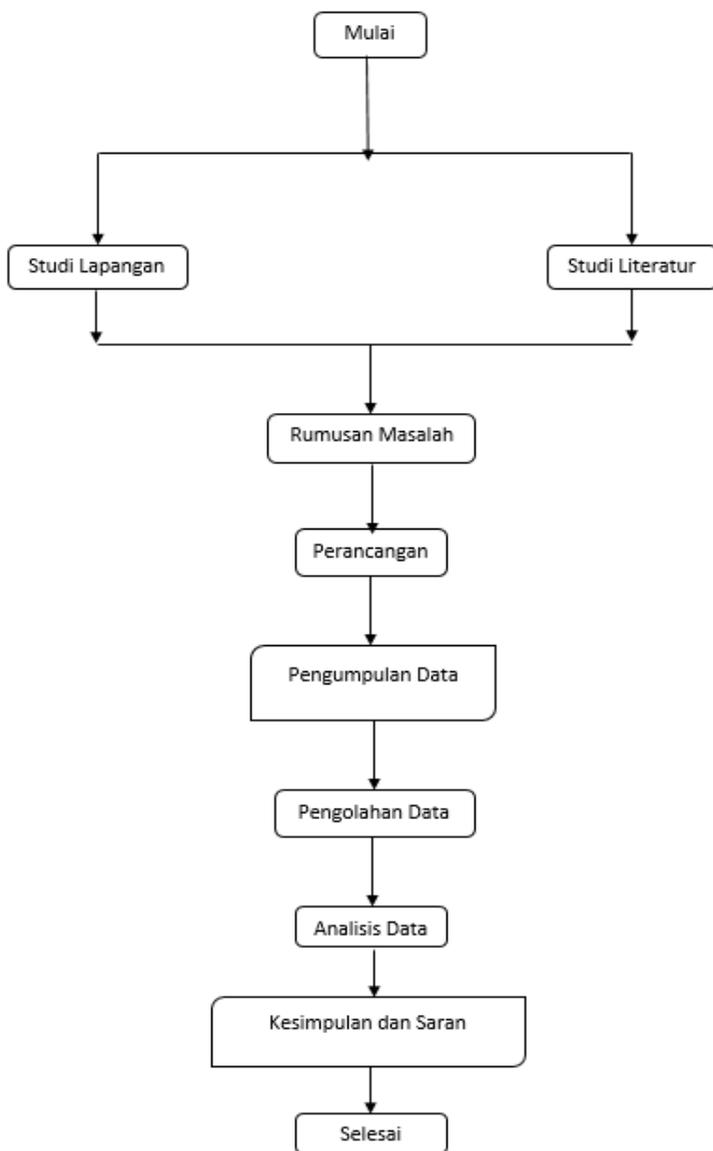
Studi literatur yang dilakukan dengan cara melakukan pencarian referensi dari buku dan jurnal penelitian yang berkaitan dengan proyek akhir yang akan dibuat dan melakukan diskusi dengan dosen pembimbing, melakukan survei lapangan di aliran air danau Politeknik Caltex Riau.

3.2 Diskusi

Diskusi yang dilakukan terhadap referensi berupa bimbingan dan konsultasi dengan dosen pembimbing. Serta melakukan tanya jawab bersama teman-teman mengenai hal-hal yang berkaitan dengan proyek akhir ini.

3.3 Flow Chart Proses Kerja Turbin Kaplan

Flowchart merupakan gambaran alur proses pembuatan proyek akhir. Flowchart berfungsi mendeskripsikan urutan pelaksanaan pengerjaan proyek akhir dan juga digunakan dalam merancang dan mendokumentasikan proses atau program sederhana. Flowchart dapat membantu dalam memahami suatu proses dan juga menentukan fitur yang kurang jelas dalam proses tersebut. Seperti kekurangan dan hambatan yang ada. Untuk penjelasan dalam proyek akhir ini akan dijelaskan pada diagram flowchart yang dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Flowchart Cara Kerja

3.4 Perancangan Mekanik

Dalam perancangan turbin Kaplan harus diperhitungkan dengan baik agar bagian-bagian yang dirancang tidak salah yang mengakibatkan besarnya biaya produksi dan juga agar spesifikasi turbin sesuai dengan rancangan yang sudah dibuat menggunakan aplikasi Solidworks sebagai gambaran untuk pembuatan alat nantinya.

Pada desain turbin Kaplan ini menggunakan generator DC (Direct Current) sebagai sumber daya listrik dan menggunakan pulley dan belting untuk mempercepat putaran dari turbin agar menghasilkan daya listrik yang lebih besar. Pada turbin Kaplan ini memiliki 4 sudu yang mana berfungsi sebagai penggerak poros pada turbin Kaplan. Prinsip kerja:

Pada turbin Kaplan air di alirkan ke turbin melalui spiral casing, air kemudian mengalir kebawah sehingga dapat memutar sudu-sudu turbin. Setelah turbin berputar, energi mekanik pun tercipta. Selanjutnya, putaran atau energi mekanik turbin ditransmisikan untuk memutar generator dan menghasilkan energi listrik.

3.5 Perhitungan Mekanik

Perhitungan mekanik pada proyek akhir ini mengacu pada buku dan jurnal yang membahas tentang komponen-komponen yang bergerak untuk menghitung dan menentukan daya listrik yang dihasilkan pada turbin Kaplan.

3.5.1 Perencanaan Spesifikasi Turbin Kaplan

Spesifikasi turbin kaplan yang akan direncanakan dalam proyek akhir ini dapat diasumsikan dengan data-data sebagai berikut:

n	= 900 Rpm
H	= 1 m
ρ	= 1000 kg/m ³
g	= 9,81 m/s ²
Q	= 0,01937 m ³ /s (Naibaho, 2022)[18]
nt	= 85%

3.5.2 Perhitungan Daya Air

$$\begin{aligned} P &= \rho \times g \times Q \times H \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0,019 \text{ m}^3/\text{s} \times 1 \text{ m} \\ &= 186,39 \text{ watt} \end{aligned}$$

3.5.3 Perhitungan Kecepatan Aliran Air Masuk, Diameter Luar Runner Blade dan Diameter Dalam Runner Blade

1. Kecepatan aliran air masuk

$$C = 5,6 \text{ m/s (Kusnadi, Mulyono, Pakki, & Gunarko, 2018)[12]}$$

$$U = \frac{C}{2} = 2.80 \text{ m/s}$$

2. Diameter Luar Runner Blade

$$\begin{aligned} De &= \frac{60 \times U}{\pi \times N} = \frac{60 \times 2.80}{3,14 \times 900} \\ &= 0,06 \text{ m} \simeq 5,94 \text{ cm} \end{aligned}$$

3. Diameter Dalam Runner Blade

$$d = \frac{1}{3} \cdot DE$$

$$\begin{aligned} De &= \frac{1}{3} \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot 0,06 \\ &= 0,02 \text{ m} \simeq 1,98 \text{ cm} \end{aligned}$$

3.5.4 Perhitungan Kecepatan Spesifik

Untuk mendapatkan kecepatan spesifik (Ns) maka dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Ns &= n \times \sqrt{\frac{Q}{H^{0,75}}} \\ &= 900 \sqrt{\frac{0,019}{1^{0,75}}} = 124,06 \text{ rpm} \end{aligned}$$

3.5.5 Perhitungan Daya Indikasi Turbin

Untuk mendapatkan daya indikasi turbin dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Pi &= \rho_{air} \times g \times Q \times H \times nt \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,019 \text{ m}^3/\text{s} \times 1 \text{ m} \times 0,85 \\ &= 158,43 \text{ watt} \end{aligned}$$

3.5.6 Perhitungan Torsi Turbin Kaplan

Untuk mengetahui torsi yang dihasilkan oleh turbin dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T &= Q \times \rho_{air} \times C \times \left(\frac{D_e}{2}\right) \\ &= 0,019m^3/s \times 1000kg/m^3 \times 5,60 \times \left(\frac{0,05}{2}\right) \\ &= 3,162633 \text{ Nm} \end{aligned}$$

3.5.7 Perhitungan Daya Efektivitas Turbin Kaplan

Untuk mengetahui daya efektivitas turbin dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$P_e = T \times \omega$$

Sebelum mencari daya efektifitas maka harus diketahui dulu nilai dari ω , maka dari itu untuk mencari nilai ω dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \omega &= 2 \times \pi \times 50 \\ &= 2 \times 3,14 \times 50 \\ &= 314 \end{aligned}$$

Setelah nilai ω didapatkan, selanjutnya daya efektifitas dapat dihitung, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_e &= T \times \omega \\ &= 1,978662 \times 314 \\ &= 621,3 \text{ Watt} \end{aligned}$$

3.5.8 Perhitungan Daya Turbin

Untuk mengetahui daya dari turbin dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_t &= \frac{nt \times \rho_{air} \times Q \times H}{75} \\ &= \frac{0,85 \times 1000kg/m^3 \times 0,019m^3/s \times 1m}{75} \\ &= 160,57 \text{ Watt} \end{aligned}$$

3.5.9 Perhitungan Daya Rencana

Untuk mengetahui daya rencana dari turbin dapat menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_d &= 1,2 \times P_t \\ &= 1,2 \times 160,57 \text{ Watt} \\ &= 192,69 \text{ Watt} \end{aligned}$$

3.5.10 Perhitungan Poros

Poros merupakan salah satu bagian terpenting dalam komponen turbin kaplan, yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari sudu. Oleh karena itu untuk mendapatkan poros yang sesuai dengan turbin maka dilakukan perhitungan momen puntir, momen lengkung, tegangan geser dan diameter poros, sebagai berikut:

1. Momen Puntir

Untuk mencari momen puntir dari poros dapat dilakukan perhitungan, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T &= 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{N} \\ &= 9,74 \times 10^5 \times \frac{192,69 \text{ watt}}{900} \\ &= 208532,19 \text{ kg/mm} \end{aligned}$$

2. Momen Lengkung

Untuk mencari nilai dari momen lengkung pada poros dapat menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{in} &= \frac{3,17+759,21}{N_s} \\ &= \frac{3,17+759,21}{388,56} = 5,12 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= Q \times (0 - V_{in}) \\ &= 0,019 \text{ m}^3/\text{s}(0-5,12) \\ &= 0,10 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= 0,10 \text{ N} \times 500 \\ &= 48,68 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

3. Tegangan Geser

Untuk mendapatkan tegangan geser dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_a &= \frac{58}{6 \times 2} \\ &= 4,83 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4. Diameter Poros

Untuk mendapatkan diameter dari poros dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} ds &= \left[\frac{5,1}{\tau a} \sqrt{(2.M)^2 + (1,5.T)^2} \right]^{1/3} \\ &= \left[\frac{5,1}{4,83} \sqrt{(2.39,40)^2 + (1,5.1,97866)^2} \right]^{1/3} \\ &= 27,73551458 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.6 Hasil Perancangan

Dari perhitungan yang dilakukan maka turbin kaplan sudah dapat dibuat desain nya berdasarkan perhitungan diatas melalui *software* desain 3D yaitu *Solidwork* kemudian perhitungan turbin kaplan diatas disimpulkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Perancangan Turbin Kaplan

DATA HASIL RANCANGAN TURBIN KAPLAN		
NO	DATA	NILAI
1.	Jumlah Sudu	4
2.	Kecepatan Spesifik	124,06 rpm
3.	Diameter Luar Runner Blade	5,94 cm
4.	Diameter Dalam Runner Blade	1,98 cm
5.	Kecepatan Aliran Air	5,12 m/s
6.	Torsi Turbin	3,17 N.m
7.	Efisiensi Turbin	85%
8.	Diameter Poros	27,73 mm
9.	Kapasitas Generator DC	350 Watt
10.	Daya Efektifitas	993 Watt
11.	Diameter Puli	2" dan 10"

3.7 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data akan dilakukan saat turbin kaplan dalam keadaan beroperasi di aliran danau Politeknik Caltex Riau, kemudian untuk pengambilan data yang pertama adalah mengukur RPM turbin Kaplan menggunakan Tachometer setelah itu mengukur torsi turbin Kaplan dengan melakukan pengereman terhadap poros turbin maka didapatlah torsi kemudian ukurlah tegangan dan arus dari output generator menggunakan multimeter setelah itu masukkan kedalam tabel 3.3 kemudian menambahkan beban berupa lampu.

Tabel 3. 2 Pengambilan Data Daya Mekanik

F1 (kg)	F2 (kg)	ΔF (kg)	D (m)	Rpm

Tabel 3.3 Pengambilan Data Beban Lampu

Beban Lampu DC (Watt)	Rata-Rata Tegangan Generator (Volt)	Rata-Rata Arus Generator (Ampere)	Kecepatan Generator (Rpm)	Kecepatan Turbin (Rpm)	Keterangan Lampu (Hidup/Mati)
0					Mati
30					Hidup
60					Hidup
90					Hidup
120					Hidup
150					Redup

3.8 Rencana Analisa Data

Untuk proyek akhir ini akan menganalisa data yang diambil dari turbin kaplan dan untuk membatasi hal-hal yang akan dianalisa maka dibuatlah *point-point* penting dan berikut *point-point* tersebut adalah menganalisa mengapa beban lampu dapat mempengaruhi RPM dari turbin kaplan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas terkait hasil Perancangan, pengujian, dan analisa mengenai turbin kaplan pada aliran danau Politeknik Caltex Riau. Kemudian dilakukan pengujian pada turbin kaplan setelah data pengujian didapatkan maka selanjutnya dianalisa mengapa beban lampu dapat mempengaruhi Rpm dari turbin kaplan.

Kemudian dalam pengambilan data di aliran danau politeknik caltex riau dengan sudut turbin 20° debit air $0,132 \text{ m}^3/\text{s}$ dan head 1 m pengujian dilakukan untuk mengetahui daya dan efisiensi turbin screw

4.1 Pengambilan Data dan Analisa

Dalam proses pengambilan data dibutuhkan susunan pengambilan data agar pengambilan data sesuai dengan yang diharapkan dan tujuan pengambilan data dapat tercapai dan kemudian menganalisa data yang didapat untuk mengetahui efisiensi dari turbin kaplan dan menganalisa penyebab kegagalan dari turbin kaplan.

4.1.1 Proses Pengujian Alat

Untuk mendapatkan data dari percobaan yang dilakukan pada turbin kaplan yang menjadi beban untuk pengujian adalah lampu led dc 30 Watt yang akan dijadikan beban turbin sebanyak 5 buah lampu untuk mengetahui daya dan efisiensi turbin dan untuk melakukan pengujian tersebut diperlukan beberapa langkah untuk melakukannya yaitu sebagai berikut:

1. Instalasi Turbin Kaplan

Hal pertama yang dilakukan adalah memposisikan turbin kaplan di aliran danau politeknik caltex riau dengan cara mengangkat turbin kedalam selokan dengan bantuan beberapa orang setelah itu pasanglah bendungan kemudian tutuplah bagian yang mempunyai celah antara dinding selokan dan bendungan menggunakan kain bekas agar air cepat memenuhi bendungan untuk instalasi turbin kaplan dan proses pembendungan air.



Gambar 4. 1 Instalasi Turbin Kaplan

2. Mempersiapkan Komponen-Komponen Kelistrikan dan Pengukuran

Untuk melakukan pengujian komponen-komponen kelistrikan haruslah lengkap dibawa saat dilapangan yaitu lampu dc led 30 Watt 5 buah yang dijadikan beban listrik generator, *stepdown dc to dc* dijadikan untuk penstabil dan penurun tegangan dari generator, kabel-kabel untuk menjadi saklar lampu dc, *multimeter digital* digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, *tachometer* digunakan untuk mengukur rpm generator dan turbin screw, timbangan digital digunakan untuk mengukur beban pengereman terhadap turbin kaplan dan generator dc digunakan untuk menghasilkan energi listrik dc



Gambar 4. 2 Komponen-Komponen Kelistrikan

3. Persiapan Pengujian Beban Lampu DC

Hal pertama yang dilakukan adalah menyambungkan kabel output dari generator ke kabel input *stepdown dc to dc* setelah terhubung karena adanya putaran dari turbin kaplan maka akan menggerakkan generator dan menghasilkan tegangan listrik kemudian ukurlah keluaran tegangan dari *stepdown dc to dc* jika lebih dari 12,5 volt maka harus di turunkan tegangannya dengan memutar knob ke arah berlawanan jarum jam yang ada pada *stepdown dn to dc* sampai rentang tegangan 12-12,5 volt karena lampu led dc 30 Watt menggunakan tegangan listrik di rentang tersebut.

4. Uji Coba Lampu DC LED

Untuk pengujian lampu dilakukan secara bertahap yaitu hiduapkan satu buah lampu 30 Watt lalu ukur tegangan dan arus menggunakan multimeter digital dan juga rpm pada generator menggunakan tachometer setelah itu hiduapkan lampu kedua 30 Watt yang total menjadi 60 Watt lampu led dc kemudian ukur tegangan dan arus nya dan juga rpmnya lalu lakukan cara yang sama sampai beban lampu mencapai 150 Watt.



Gambar 4. 3 Uji Coba Lampu

5. Uji Coba Torsi Pengereman Pada Turbin Kaplan

Dalam melakukan torsi pengereman pada turbin kaplan dilakukan saat tanpa beban dari lampu led dc dengan menghubungkan timbangan digital menggunakan tali kemudian tali di tempatkan pada pulley 10 inch lalu dihubungkan ke kedua timbangan lalu tempatkan timbangan di dudukan yang di sediakan pada alat pengukur torsi kemudian tali ditarik bersamaan selanjutnya timbangan akan naik sampai putaran pada turbin kaplan melambat atau pada putran yang di inginkan kemudian catatlah hasil yang tertera pada kedua timbangan tersebut.



Gambar 4. 4 Uji Coba Torsi Pengereman

4.2 Analisa Data

Pada percobaan kali ini akan memaparkan hasil dari pengambilan data yang dilakukan secara langsung di aliran danau Politeknik Caltex Riau dan hasilnya berupa rata-rata tegangan dan arus dan putaran generator serta putaran turbin.

4.2.1 Hasil pengukuran beban lampu

Pada pengujian lampu led dc 30 Watt yang di ukur menggunakan multimeter digital dan mengambil data berupa rata-rata tegangan, rata-rata arus,dan kecepatan generator serta kecepatan turbin, lalu pengujian lampu led dc dilakukan sampai beban lampu 150 watt atau 5 buah lampu dc.

Tabel 4. 1 Data Beban Lampu Led Dc

Beban Lampu DC (Watt)	Rata-Rata Tegangan Generator (Volt)	Rata-Rata Arus Generator (Ampere)	Kecepatan Generator (Rpm)	Kecepatan Turbin (Rpm)	Keterangan Lampu (Hidup/Mati)
0	10.14	0	1950	617	Mati
30	9.87	5.42	1378	316	Hidup
60	9.87	5.42	1231	310	Hidup
90	9.87	5.42	1158	301	Hidup
120	9.87	5.42	1012	289	Hidup
150	8.98	4.93	984	271	Redup

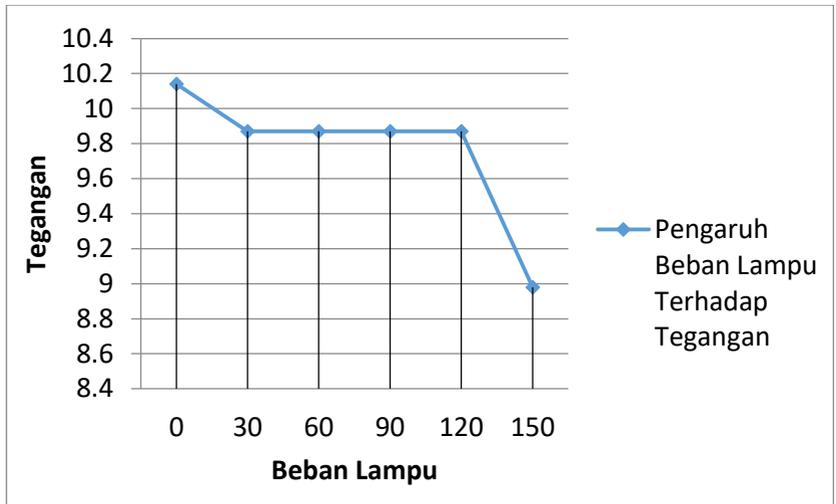
4.2.2. Pengaruh Beban Lampu Terhadap Tegangan (Volt)

Mengacu pada tabel 4.1 pengaruh beban lampu terhadap rata-rata tegangan generator dapat dilihat bahwa tegangan generator akan tetap stabil dari beban lampu 30 Watt sampai dengan beban lampu 90 Watt akan tetapi tegangan generator pada beban lampu 150 Watt mengalami penurunan sampai 8.98 Volt dan karena hal tersebut lampu dc led akan kekurangan tegangan listrik yang menyebabkan nyala lampu mulai

berkedip dan kurang terang hal yang menyebabkan turunnya tegangan generator adalah kurangnya putaran dari turbin kaplan dan untuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.6



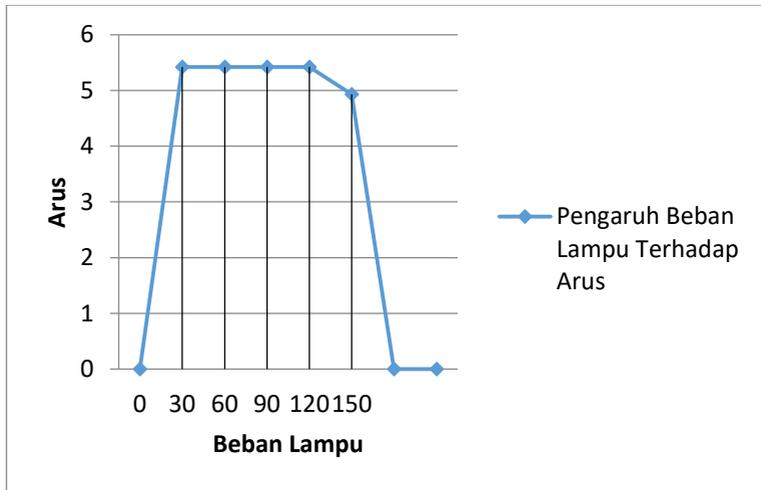
Gambar 4. 5 Pengambilan Data Tegangan Lampu



Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Tegangan

4.2.3 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Arus (Ampere)

Beban lampu akan sangat mempengaruhi arus listrik dan hal tersebut bisa dilihat pada tabel 4.1 pada saat beban lampu 30 Watt di hidupkan arus berada pada angka 5,42 A dan jika beban lampu semakin ditambah maka arus akan selau naik dengan stabil sampai lampu dc hidup dengan terang tetapi saat lampu mulai berkedip atau kurang terang saat beban 150 Watt maka amper akan mengalami penurunan dan karena ampere kurang mencukupi dengan beban 150 watt maka akan menyebabkan lampu berkedip atau kurang terang hal tersebut terjadi karena kurangnya putaran dari turbin screw yang mengakibatkan generator tidak dapat mencukupi arus yang dibutuhkan beban lampu 150 Watt.



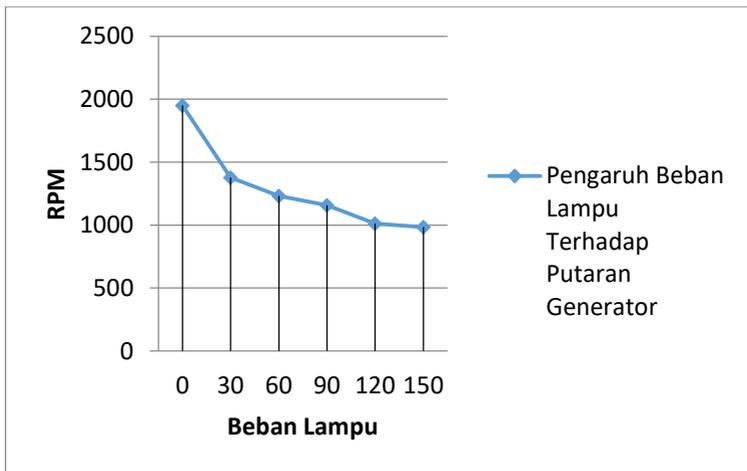
Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Arus

4.2.4 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Generator (Rpm)

Jumlah putaran pada generator akan sangat mempengaruhi beban lampu yang sanggup untuk ditanggung dan hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.11 saat beban lampu 30 Watt dihidupkan putaran dari generator langsung mengalami penurunan dari 1950 menjadi 984 dan penurunan juga terus berlanjut jika beban lampu terus ditambah berarti semakin tinggi beban lampu yang diberikan kepada generator maka putaran generator akan semakin berat untuk di putar oleh turbin kaplan.



Gambar 4. 8 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Generator



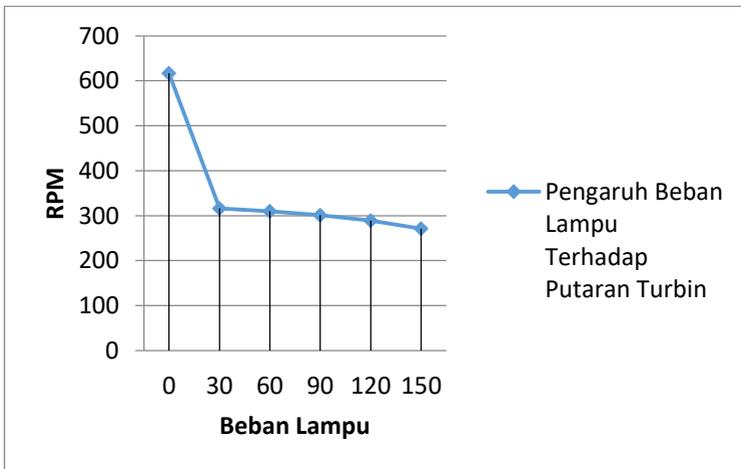
Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Generator

4.2.5 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Turbin (Rpm)

Jumlah putaran pada turbin akan sangat mempengaruhi putaran generator hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13 saat beban lampu 30 Watt dihidupkan putaran dari turbin langsung mengalami penurunan dari 617 menjadi 271 dan penurunan juga terus berlanjut jika beban lampu terus ditambah berarti semakin tinggi beban lampu yang diberikan kepada generator maka putaran turbin akan semakin berat untuk di putar.



Gambar 4. 10 Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Turbin



Gambar 4. 11 Grafik Pengaruh Beban Lampu Terhadap Putaran Turbin

4.3 Analisa Data dengan Beban Lampu Led DC

Dari data yang telah diambil adalah data yang diambil dari percobaan dengan hasil yang maksimal, dimana data dengan hasil yang maksimal didapatkan pada beban lampu 120 Watt dengan keterangan menggunakan 4 buah lampu 20 Watt dan 4 buah lampu 10 watt, rata-rata putaran generator saat percobaan beban lampu 120 Watt adalah 1012 rpm dan rata-rata putaran turbin adalah 289 rpm dengan rata-rata tegangan pengukuran menggunakan multimeter digital mencapai 9.87 Volt dan arus rata-rata pengukuran menggunakan tang ampere adalah 5.42 A.

1. Daya generator (P_g)

Untuk menghitung daya dari genrator harus diketahui tegangan dan arus maksimal yaitu tegangan $V=10.14$ dan arus $I=5.42$ dan untuk menghitungnya digunakan persamaan dibawah ini.

$$P_g = V \cdot I \\ = 9,87 V \times 5.42 A = 53,4 \text{ Watt}$$

2. Daya turbin (P_t)

Kemudian untuk mengetahui daya turbin dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

$$T_t = \frac{P_g}{\eta_{Transmisi} \times \eta_g} \\ T_t = \frac{53,4 \text{ Watt}}{0,85 \times 1,86} \\ T_t = 33,7 \text{ Watt}$$

3. Torsi turbin (T_t)

Untuk mencari torsi turbin turbin dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

$$T_t = \frac{P_t}{\omega_t} \\ T_t = \frac{33,7 \text{ Watt}}{1,256 \text{ Rad/s}} \\ T_t = 26,8 \text{ Nm}$$

4. Efisiensi Turbin (η_t)

Untuk mencari torsi turbin dapat menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_{Hydrotisis}} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{33,7 \text{ Watt}}{186,3 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta_t = 18,08\%$$

Diketahui bahwa dari percobaan beban 120 Watt led dc dengan putaran di generator sebesar 1012 rpm dan tegangan 9,87 Volt dengan arus 5,42 A didapatlah daya turbin sebesar 33,7 Watt dengan efisiensi 18,08%.

4.4 Analisa Data dengan Beban Pengereman

Tabel 4. 2 Data Pengereman Turbin Kaplan

F1 (kg)	F2 (kg)	ΔF (kg)	D (m)	Rpm
1.024	0.095	0.929	0.254	12

Data yang diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan adalah 0.929 kg dengan beban maksimal dengan putaran saat pengereman berlangsung adalah 12 rpm dengan diameter pulley pengereman adalah 0,254 m.

1. Torsi Turbin dengan Beban Pengereman

Untuk mencari torsi turbin dengan sistem pengereman digunakan persamaan dibawah ini

$$T = F \cdot r$$

$$T = 0.929 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times \frac{1}{2} \times 0,254 \text{ m}$$

$$T = 1,15 \text{ Nm}$$

2. Daya turbin (P_t)

Mencari daya mekanik turbin dapat menggunakan persamaan dibawah ini

$$P_t = T \cdot \omega_t$$

$$P_t = 1,15 \text{ Nm} \times 64,5 \text{ Rad/s}$$

$$P_t = 74,1 \text{ Watt}$$

3. Efisiensi Turbin

Untuk mencari efisiensi turbin dapat menggunakan persamaan dibawah ini

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_{Hydrotisis}} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{74,1 \text{ Watt}}{186,3 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta_t = 39,7\%$$

Diketahui dari hasil percobaan dan perhitungan yang telah dilakukan bahwa daya turbin kaplan dari beban pengereman adalah 74,1 Watt dengan efisiensi 39,7%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan percobaan, data dan analisa yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dari data yang di ambil didapatkan pada beban lampu 120 Watt dengan keterangan menggunakan 4 buah lampu 20 Watt dan 4 buah lampu 10 watt, rata-rata putaran generator saat percobaan beban lampu 120 Watt adalah 1012 rpm dan rata-rata putaran turbin adalah 289 rpm dengan rata-rata tegangan pengukuran menggunakan multimeter digital mencapai 9.87 Volt dan arus rata-rata pengukuran menggunakan tang ampere adalah 5.42 A..
2. Diketahui dari percobaan beban 120 Watt led dc dengan putaran di generator sebesar 1012 rpm dan tegangan 9,87 Volt dengan arus 5,42 A didapatlah daya turbin sebesar 33,7 Watt dengan efisiensi 18,08%.
3. Dari hasil percobaan dan perhitungan yang telah dilakukan bahwa daya turbin kaplan dari beban pengereman adalah 74,1 Watt dengan efisiensi 39,7%.
4. Beban lampu led dc yang mampu di hidupkan dengan terang oleh turbin kaplan adalah 120 Watt

5.2 Saran

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka penulis memberikan beberapa saran yang harus di perhatikan:

1. Jalur keluar air pada turbin harus lebih besar dari jalur masuk air agar efisiensi dari turbin menjadi lebih baik
2. Diameter lubang poros pada pulley harus pas agar pulley tetap center saat di lakukan pemasangan pada poros pulley
3. Proses manufaktur yang baik akan meningkatkan efisiensi turbin

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul. (2019, Mei 5). *BELAJAR ELEKTRONIKA*. Retrieved from Pengertian dan Fungsi Tachometer: <https://abdulelektro.blogspot.com/2019/05/pengertian-dan-fungsi-tachometer.html>
- Alam, E., & Amin, N. (2019). Pembuatan Rangka Turbin Air Jenis Kaplan Dengan Desain Kapasitas 250. 1-6.
- auto2000. (2020, desember 18). *Fungsi V Belt dan Cara Merawatnya Pada Mesin Mobil*. Retrieved from auto2000: <https://auto2000.co.id/berita-dan-tips/fungsi-v-belt#>
- BPS. (2020). *Konsumsi Listrik per Kapita*. Retrieved from Badan Pusat Statistik: www.bps.go.id
- caramesin. (2021, november 6). *Pulley Adalah: Pengertian, Fungsi, Prinsip Kerja dan Jenisnya*. Retrieved from caramesin: <https://caramesin.com/fungsi-pulley-adalah/>
- Dandekar, M. M., & Sharma, K. N. (1979). *Water Power Engineering*. New Delhi: Vikas Publishing House PVT. LTD.
- Darmasakti. (2021, juli 21). *Tachometer*. Retrieved from Darmasakti: <https://darmasakti.com/jual/cem-at-10-digital-tachometer>
- Dasar , I. (2022). Pengertian Generator Adalah : Jenis, Fungsi, dan Cara Kerja.

- ID, A. F. (2017 , JANUARY 18). *Pengukuran Jangka Sorong*. Retrieved from Fisika Indonesia: <https://fisika.id/2017/01/18/pengukuran-jangka-sorong/>
- Indonesia, S. (2021). Poros.
- Jaya, T. (2022). fungsi pulley dan sabuk belt kelebihan dan kekurangannya.
- Kusnadi, Mulyono, A., Pakki, G., & Gunarko. (2018). RANCANG BANGUN DAN UJI PERFORMANSI TURBIN AIR JENIS KAPLAN SKALA MIKROHIDRO. *Karya Ilmiah*, 211.
- Makmur, L. (2021). Ketahui Ukuran Dan Jenis Dari Kode Bearing.
- merdeka. (2021, januari 19). *Mengenal Fungsi Generator dan Cara Kerjanya, Perlu Diketahui*. Retrieved from merdeka.com: <https://www.merdeka.com/jateng/mengenal-fungsi-generator-dan-cara-kerjanya-perlu-diketahui-klm.html>
- Merdeka. (2022). Mengenal Jenis Baut beserta Fungsinya, Perlu Diketahui. <https://www.merdeka.com/jateng/mengenal-jenis-baut-beserta-fungsinya-perlu-diketahui-klm.html>.
- MT, E. (2022, Juli 20). *Jangka Sorong: Bagian, Fungsi, Cara Menggunakan & Menghitung* . Retrieved from Ruang Guru : <https://www.ruangguru.com/blog/alat-ukur-jangka-sorong>

- Nadapdap, J. P. (2021). *Rancang Bangun Turbin Crossflow Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Dengan Memanfaatkan Air Selokan Pcr*. Pekanbaru: Pustaka Politeknik Caltex Riau.
- Naibaho, O. R. (2022). RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK PIKOHIDRO MENGGUNAKAN TURBIN SCREW PADA ALIRAN DANAU POLITEKNIK CALTEX RIAU. *Karya Ilmiah*, 29.
- Perkakas, I. (2016, October 28). *Fungsi dan Prinsip Kerja Stopwatch*. Retrieved from INFOPERKAKAS.COM: <http://infoperkakas.com/fungsi-dan-prinsip-kerja-stopwatch/>
- Power, S. (2022). Inverter: Pengertian, Cara Kerja, dan Macamnya.
- Pranio, J., & Karnowo. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu dan Kecepatan Air Terhadap Kinerja Turbin Air Sumbu Vertikal Tipe Heliks Gorlov. *Karya Ilmiah*, 1-12.
- Prasetyo, R. (2012). RANCANG BANGUN RANGKA MESIN PENCACAH PLASTIK KEMASAN. *Karya Ilmiah*, 3.
- Saputra, & Aris, O. (2018). Analisa Pengaruh Diameter Sudu. *Karya Ilmiah*, 1-13.
- Saputra, & Dwi, W. S. (2019). Pengertian dan Fungsi Roll meter. *Program Studi D3 Desain Furnitur*, <https://df.poltek-furnitur.ac.id/2019/04/24/pengertian-dan-fungsi-rol->

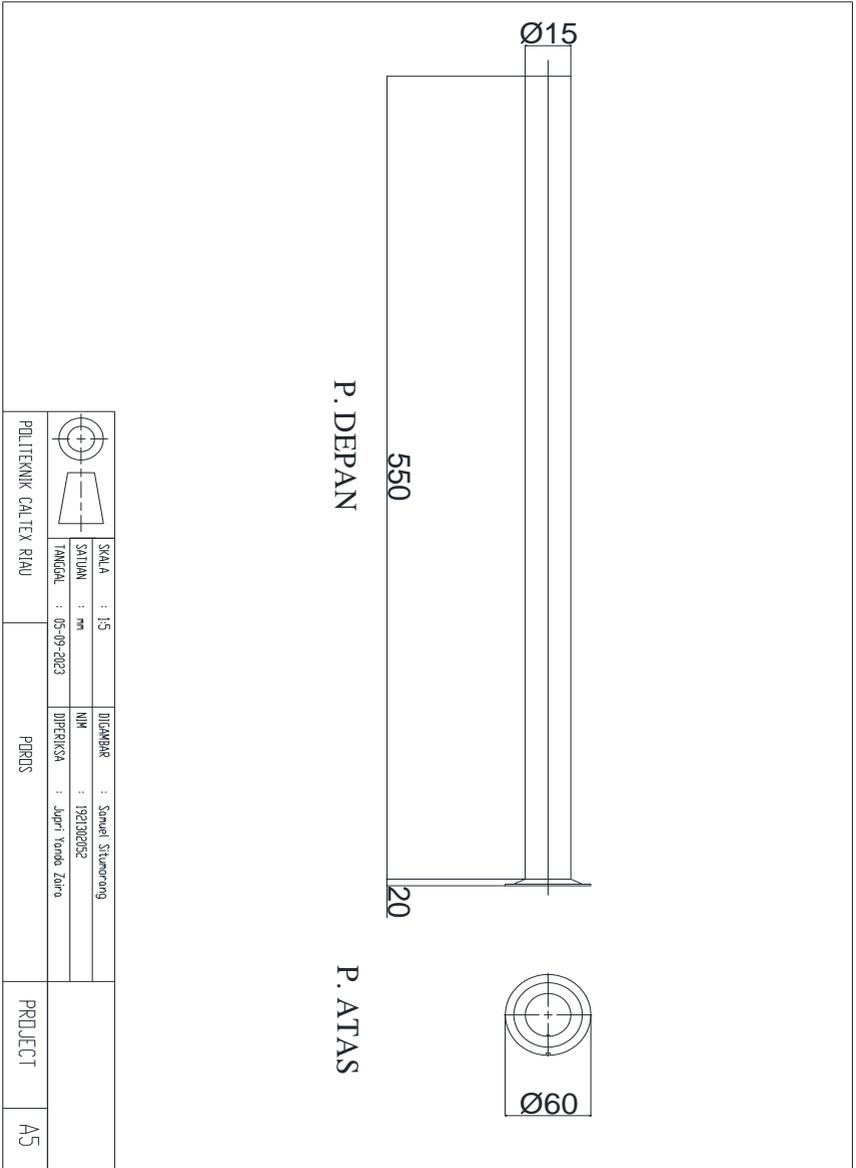
kp004-20mm-kp002-

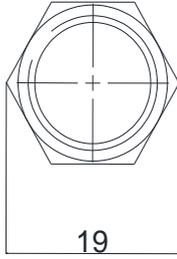
15mm?extParam=ivf%3Dfalse%26src%3Dsearch.

Warnick, C. C., Mayo, H. A., Carson, J. L., & Sheldon, L. H. (1984). *Hydropower Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.

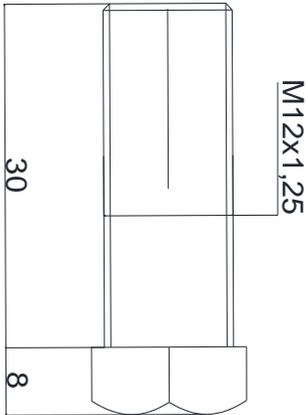
Wikipedia. (2021). Bantalan .
<https://id.wikipedia.org/wiki/Bantalan>.

LAMPIRAN



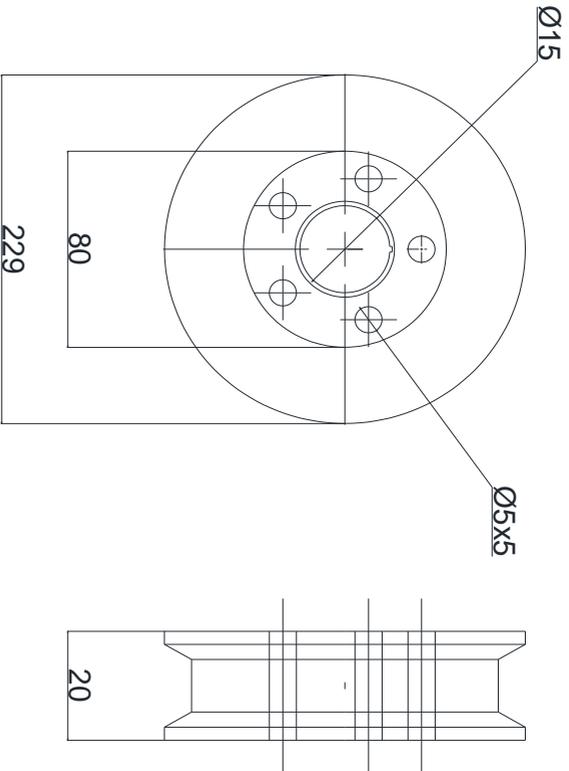


P. DEPAN



P. SAMPING

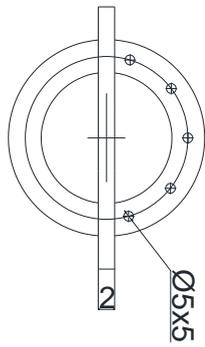
	SKALA : 1:20	DIGAMBAR : Sonuel Stunorng	PROJECT
	SATUAN : mm	NIM : 192100052	
TANGGAL : 05-09-2023	DIPERIKSA : Jupri Yando Zetra	BAUT M12x1,25	A5
POLITEKNIK CALTEX RIAU			



P. DEPAN

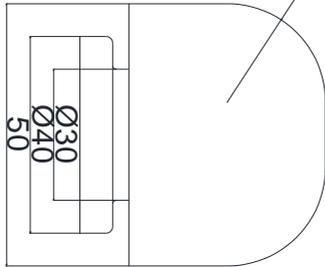
P. SAMPING

	SKALA : 1:10	DUGMABAR : Samuel Stumoring
	SATUAN : mm	NIM : 1921202052
TANGGAL : 05-09-2023	DIPERIKSA : Jagan Yanda Zaira	
POLITEKNIK CALTEX RIAU	PULLEY 2'	PROJECT
		A5

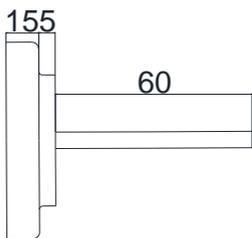


P. ATAS

R16x2

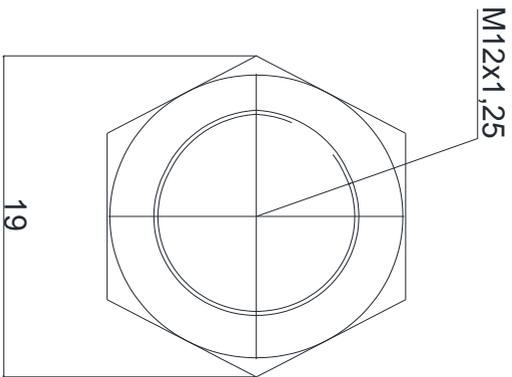


P. SAMPIING

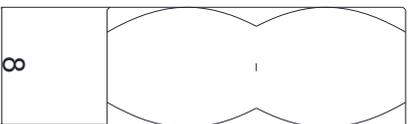


P. DEPAN

	SKALA : 1:5	DIGAMBAR : Samuel Stunorung	PROJECT	A5
	SATUAN : mm	NIM : 1921302052		
TANGGAL : 05-09-2023		DIPERIKSA : Jupri Yonda Zahro		
POLITEKNIK CALTEX RIAU		SUDU TURBIN		



P. DEPAN



P. SAMPING



SKALA : 1:20
 SATUAN : mm
 TANGGAL : 05-09-2023

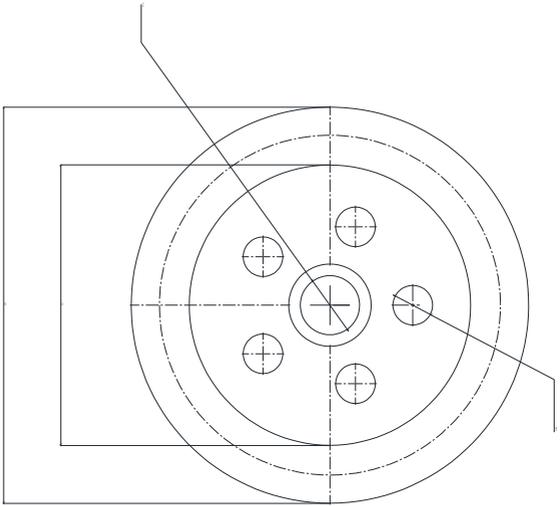
DIGAMBAR : Samuel Situmorang
 NIM : 192130202
 DIPERIKSA : Jupri Yanda Zetra

POLITEKNIK CALTEX RIAU

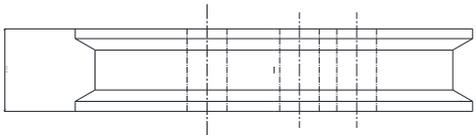
MIR 12x1,25

PROJECT

A5



P. DEPAN



P. SAMPING

	SKALA :	1:4	DIGAMBAR :	Samuel Sitorang
	SATUAN :	mm	MM	192130202
TANGGAL :		05-09-2023	DIPERIKSA :	Jupri Yonda Zaro
POLITEKNIK CALTEX RIAU		PULLEY 12"		PROJECT
				A5

