

TUGAS AKHIR
PEMBUATAN PROTOTIPE
PEMBANGKIT LISTRIK TURBIN KAPLAN

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

Disusun Oleh:

RENDI FAUJI
1807230052



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rendi Fauji
NPM : 1807230052
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Prototipe Pembangkit Listrik Turbin Kaplan
Bidang ilmu : Manufaktur

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, 29 September 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



H. Muhamif M, S.T., M.Sc

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rendi Fauji
Tempat / Tanggal Lahir : Bangun Rejo / 18 Oktober 2000
NPM : 1807230052
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pembuatan Prototipe Pembangkit Listrik Turbin Kaplan”,

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

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

Medan, 29 September 2022

Saya yang menyatakan,

Rendi Fauji

ABSTRAK

Energi listrik diproduksi oleh banyak jenis pembangkit listrik dengan berbagai sumber tenaga, dimulai dari tenaga konvensional berupa batubara dan gas alam, sampai dengan energi terbarukan berupa energi angin. Salah satu sumber energi untuk menghasilkan energi listrik adalah energi air. Energi potensial air dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran). Tujuan penelitian ini adalah membangun *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan untuk memanfaatkan potensi tenaga air tersebut secara optimal, dan jenis bahan yang harus digunakan untuk kemudahan dalam pembuatan maupun penggunaannya. Dimensi keseluruhan *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan ini berukuran 2889 mm × 604 mm dan tinggi 1150 mm dengan jenis bahan yang digunakan yaitu resin sebagai bahan utama runner blad, Link pengatur dan penyearah air, plat galpanis dengan tebal 1,6 mm sebagai bahan pembuatan rumah turbin, besi hollow 40 ×40 dan besi siku sebagai bahan rangka dan komponen lainnya, dan akrilik sebagai aliran air, besi poros dengan panjang 140 mm tebal 45 mm, panjang 505mm tebal 17 mm, dan panjang 500 mm tebal 17 mm.

Kata Kunci : Prototype Pembangkit Listrik Turbin Kaplan

ABSTRACT

Electrical energy is produced by many types of power plants with various power sources, starting from conventional power in the form of coal and natural gas, to renewable energy in the form of wind energy. One source of energy to produce electrical energy is water energy. The potential energy of water can be used as a power plant by utilizing the available potential energy (waterfall potential and flow velocity). The purpose of this research is to build a prototype of a Kaplan turbine power plant to optimally utilize the hydropower potential, and the types of materials that must be used for ease of manufacture and use. The overall dimensions of the Kaplan turbine power plant prototype are 2889 mm × 604 mm and 1150 mm high with the type of material used, namely resin as the main material for the runner blade, water regulator and rectifier link, 1.6 mm thick galpanic plate as the material for the turbine housing. , 40 × 40 hollow steel and angled iron as frame materials and other components, and acrylic as water flow, shaft iron with a length of 140 mm and a thickness of 45 mm, a length of 505 mm and a thickness of 17 mm, and a length of 500 mm and a thickness of 17 mm.

Keywords: Kaplan Turbine Power Plant Prototype

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan Prototipe Pembangkit Listrik Turbin Kaplan” 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 Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umrani, ST., MT selaku Dosen Pembimbing, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M. Yani, S.T., M.T dan Bapak Muharnif M, S.T., M.T sebagai penguji I dan penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Srg, S.T., M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Tukinun dan Suartik, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Jenitiya Fitriyana, Muhammad Hakim, Mhd Taufiq Hidayat, Dimas Ibnu Kharisma, Andre Suwandana, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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

Medan, 29 September 2022

Rendi Fauji

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xii
i	
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Turbin Air	4
2.1.1 Pengertian Turbin Air	4
2.2 Klasifikasi Turbin Air	4
2.2.1 Turbin Impuls	4
2.2.1.1 Turbin Pelton	5
2.2.1.2 Turbin Turgo	5
2.2.1.3 Turbin Ossberger Atau Turbin Crossflow	6
2.2.2 Turbin Reaksi	6
2.2.2.1 Turbin Francis	6
2.2.2.2 Turbin Kaplan	7
2.3 Pemilihan Jenis Turbin Air	8
2.4 Turbin Kaplan	9
2.4.1 Prinsip Kerja Turbin Kaplan	9
2.4.2 Bagian-Bagian Utama Turbin Kaplan	10
	vii

2.5	Proses Permesinan	11
2.5.1	Proses Pembubutan (<i>Turning</i>)	12
2.5.2	Proses Penyayatan / <i>Frais</i> (<i>Milling</i>)	15
2.5.3	Proses Pengelasan (<i>Welding</i>)	16
2.5.4	Proses Pemotongan (<i>Cutting</i>)	16
2.5.5	Proses Gerinda (<i>Grinding</i>)	17
2.5.6	Proses Pengeboran (<i>drilling</i>)	17
BAB 3		19
METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Tempat dan Waktu	19
3.1.1	Tempat	19
3.1.2	Waktu	19
3.2	Bahan dan Alat	20
3.2.1	Bahan	20
3.2.2	Alat	28
3.3	Diagram Alir Pembuatan	33
3.4	Rancangan Alat	34
3.5	Prosedur Pembuatan	34
3.5.1	Pembuatan Meja Turbin	34
3.5.2	Pembuatan Rumah Turbin Dan Penyearah Tetap	34
3.5.3	Pembuatan Baling-Baling Turbin (<i>Runner Blade</i>) dan Tautan Penyearah (<i>Rectifier Link</i>)	35
3.5.4	Pembuatan Rumah Propeller Shaft, Piring Pengatur, dan Shaft	35
3.5.5	Pembuatan Dudukan Aliran Air	35
3.5.6	Pembuatan Tangki Air dan Aliran Air	35
3.5.7	Pembuatan Tutup Rumah Turbin	36
3.5.8	Perakitan	36
BAB 4		37
HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Hasil dari pembuatan Prototype Pembangkit Listrik Turbin Kaplan	37
4.1.1	Pembuatan Rumah Turbin dan Pipa Hisap (<i>Draft tube</i>)	37
4.1.2	Pembuatan Penyearah Tetap (<i>Stay Vane</i>)	39
4.1.3	Pembuatan Poros Baling-Baling (<i>propeller shaft</i>)	40
4.1.4	Pembuatan Poros Roda Gigi (<i>Gear Shaft</i>)	41
4.1.5	Pembuatan rumah propeller shaft	43
4.1.6	Pembuatan Piring Pengatur	44

4.1.7	Pembuatan Baling-Baling Turbin (<i>Runner Blade</i>)	45
4.1.8	Pembuatan Roda Gigi Payung dan Pulli	46
4.1.9	Pembuatan Sudu Pengarah (<i>Guide Vane</i>) Dan Tautan Penyearah (<i>Rectifier Link</i>)	46
4.1.10	Pembuatan Aliran Air	47
4.1.11	Pembuatan Dudukan Aliran Air	47
4.1.12	Pembuatan Meja <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Turbin Kaplan	48
4.1.13	Proses Pengecatan	49
4.2	Perakitan	50
4.4	Perawatan <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Turbin Kaplan	55
4.4.1	Perawatan <i>Bearing</i>	55
4.4.2	Perawatan Pipa Aliran	55
4.5	Hasil Pembuatan <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Turbin Kaplan	55
BAB 5		57
KESIMPULAN DAN SARAN		57
5.1	Kesimpulan.	57
5.2	Saran.	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		
SK PEMBIMBINGAN		
BERITA ACARA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Turbin Pelton (Harold, 2014)	5
Gambar 2. 2 Turbin Turgo (Harold, 2014)	5
Gambar 2. 3 Turbin Ossberger Atau Turbin Crossflow (Harold, 2014)	6
Gambar 2. 4 Turbin Francis (Harold, 2014)	7
Gambar 2. 5 Turbin Kaplan (Harold, 2014)	7
Gambar 2. 6 Gambar Grafik Pemilihan Jenis Turbin Air (Kusnadi et al., 2018)	8
Gambar 2. 7 Turbin Air Jenis Kaplan (Kusnadi et al., 2018)	9
Gambar 2. 8 Bagian-Bagian Utama Turbin Kaplan (Kurniawan et al., 2019)	10
Gambar 2. 9 Mesin Bubut (Ratlalan, 2019)	12
Gambar 2. 10 Mesin Milling (Yanuar et al., 2014)	16
Gambar 2. 11 Proses Pengelasan (Welding). (Bakhori, 2017)	16
Gambar 2. 12 Mesin Pemotong Besi (Abdurrahman & Widiatmoko, 2020)	17
Gambar 2. 13 Gerinda Tangan (Abdurrahman & Widiatmoko, 2020)	17
Gambar 2. 14 Bor Tangan (Mini, 2016)	18
Gambar 3. 1 Pompa Air	20
Gambar 3. 2 Pipa Pvc	20
Gambar 3. 3 Plat Galpanis	21
Gambar 3. 4 Besi Hollow dan Besi Siku	21
Gambar 3. 5 Bak Air	22
Gambar 3. 6 Filament Pla	22
Gambar 3. 7 Silicon Rubber	23
Gambar 3. 8 Resin	23
Gambar 3. 9 Bearing	24
Gambar 3. 10 Dempul	24
Gambar 3. 11 Flintkote	25
Gambar 3. 12 Cat	25
Gambar 3. 13 Baut dan Mur	26
Gambar 3. 14 Akrilik	26
Gambar 3. 15 Lem Akrilik	27
Gambar 3. 16 Sensor Pengukur Putaran	27
Gambar 3. 17 <i>Arduino Nano</i>	28
Gambar 3. 18 Sensor Load Cell	28
Gambar 3. 19 Mesin Bubut	29
Gambar 3. 20 Bor Tangan	29
Gambar 3. 21 Gerinda Tangan	30
Gambar 3. 22 Mesin Las	30
Gambar 3. 23 Mesin Milling	31
Gambar 3. 24 Jangka Sorong	31
Gambar 3. 25 Sarung Tangan las	32
Gambar 3. 26 Kacamata Las	32
Gambar 3. 27 Diagram Alir Pembuatan	33
Gambar 3. 28 Rancangan Alat	34
Gambar 4. 1 Proses pembuatan mal	37
Gambar 4. 2 Proses pemotongan plat rumah turbin	38
Gambar 4. 3 Pembuatan pipa hisap	38
Gambar 4. 4 Proses pengeboran rumah turbin	38

Gambar 4. 5 Proses pengelasan rumah turbin	39
Gambar 4. 6 Proses pomotongan plat penyearah tetap	39
Gambar 4. 7 Proses pengelasan penyearah tetap	40
Gambar 4. 8 Pembuatan poros baling-baling (propeller shaft) turbin	40
Gambar 4. 9 Pembuatan poros roda gigi (gear shaft)	42
Gambar 4. 10 Pembuatan rumah propeller shaft	44
Gambar 4. 11 Pembuatan piring pengatur	45
Gambar 4. 12 Proses 3D printing	45
Gambar 4. 13 Proses pembuatan runner blade turbin kaplan	45
Gambar 4. 14 Roda gigi payung dan pulli menggunakan 3D printing	46
Gambar 4. 15 Pembuatan Sudu pengarah dan tautan penyearah menggunakan 3D printing	47
Gambar 4. 16 Pembuatan aliran air	47
Gambar 4. 17 Proses pembuatan dudukan aliran air	48
Gambar 4. 18 Proses penggerindaan dudukan aliran air	48
Gambar 4. 19 Proses pengelasan dan pengeboran meja turbin	49
Gambar 4. 20 Proses penggerindaan dan pendempulan meja turbin	49
Gambar 4. 21 Proses pengecatan dudukan dan rumah turbin	50
Gambar 4. 22 Pemasangan Rumah Turbin	50
Gambar 4. 23 Pemasangan penyearah tetap	51
Gambar 4. 24 Pemasangan dudukan aliran turbin	51
Gambar 4. 25 Pemasangan aliran turbin	52
Gambar 4. 26 Pemasangan pipa pengalir	52
Gambar 4. 27 Pemasangan mesin pompa sentri pugal.	52
Gambar 4. 28 Pemasangan penyearah air	53
Gambar 4. 29 Pemasangan dudukan bearing shaft	53
Gambar 4. 30 Pemasangan dudukan sensor	54
Gambar 4. 31 Pemasangan sensor pengukur putaran dan sensor infrared	54
Gambar 4. 32 Hasil pemasangan turbin kaplan	54
Gambar 4. 33 Hasil Pembuatan Prototype pembangkit listrik turbin kaplan	56

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Kriteria Pemilihan Jenis Turbin Air Berdasarkan Head (Kusnadi et al., 2018)	8
Tabel 3. 1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	19
Tabel 4. 1 Hasil Percobaan	56

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Cs	Kecepatan potong	Meter/menit
d	Diameter benda kerja	mm
n	Putaran mesin/benda kerja	Rpm
π	Nilai konstanta = 3,14	
F	Kecepatan pemakanan	mm/menit
f	Besar pemakanan atau bergesernya pahat	mm/putaran
tm	Waktu pemesinan bubut rata	Menit
L	Panjang bubutan rata	mm
ℓ_a	Jarak star pahat	mm
ℓ	Panjang pembubutan rata	mm

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang mempunyai peranan penting bagi masyarakat. Salah satu manfaatnya adalah untuk penerangan. Keadaan kelistrikan di Indonesia sekarang ini sangat memprihatinkan apalagi sumber migas yang terdapat di bumi sangat terbatas, dan pada suatu saat akan habis (Susanto, 2013)Energi listrik tidak semata – mata dihasilkan langsung oleh alam, tetapi diperlukan sebuah alat yang dapat bekerja dan menghasilkan energi listrik secara baik, yang disebut konversi energi air. Alat yang dapat digunakan adalah turbin air (Pangestu & Kn, 2021). Peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia membuat harus adanya produksi energi listrik secara besar di Indonesia, listrik diproduksi oleh banyak jenis pembangkit listrik dengan berbagai sumber tenaga, dimulai dari tenaga konvensional berupa batubara dan gas alam, sampai dengan energi terbarukan berupa energi angin. Salah satu sumber energi untuk menghasilkan energi listrik adalah energi air. Energi potensial air dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran) (Dewangga et al., 2022). Penggunaan pembangkit listrik tenaga air bagi pembangunan di Indonesia perlu ditingkatkan, mengingat potensi tenaga air sangat besar dan sejalan dengan kebijaksanaan pemerintah untuk mendahulukan sumber daya energi yang dapat diperbaharui. Seperti kita ketahui bahwa debit air pada aliran sungai tidaklah tetap besarnya. Hal ini akan berimbas pada kualitas listrik, seperti tegangan dan frekwensi listrik yang dihasilkan. Untuk itu diperlukan penelitian turbin Kaplan yang memiliki keunggulan yaitu sudu geraknya/*runner* dapat menutup atau membuka menyesuaikan dengan debit air yang tersedia, sehingga turbin Kaplan memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan turbin jenis lainnya (Subekti et al., 2017)

Turbin Kaplan adalah salah satu jenis turbin hidrolis yang banyak digunakan yang sebagian besar digunakan dalam digunakan di kepala air rendah dan pembangkit listrik tenaga air berkapasitas besar, dan bilah pelari turbin kaplan

dapat berputar untuk membuat pelari beroperasi di bawah efisiensi tinggi untuk berbagai operasi (Zhang et al., 2021)

Sumber energi alternatif yang dimiliki Indonesia antara lain energi panas bumi dengan total potensi sebesar 19.658 MW, tenaga mikrohidro memiliki total potensi 75.000 MW, sedangkan yang saat ini termanfaatkan baru sekitar 34.000 MW. Untuk energi angin, memiliki potensi sebesar 9.286 MW (www.energi.lipi.go.id). Sedangkan menurut data dari Pusdatin ESDM tahun 2009 sumber energi yang digunakan di Indonesia yaitu Batubara 25.10%, Minyak 50.90%, Gas 20.0%, Air 2.80% dan Panas Bumi 1.20%. Keberadaan wilayah Indonesia yang memiliki sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan merupakan tantangan bagi kita untuk melakukan penelitian agar memperoleh sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat khususnya energi listrik. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah Turbin air. Turbin air adalah alat yang merubah energi aliran menjadi energi mekanik poros. Pemilihan jenis turbin yang sesuai untuk suatu pembangkit tenaga mikro hidro tergantung pada karakteristik aliran yaitu tinggi jatuh dan debit aliran yang tersedia serta kecepatan turbin. Mikrohidro merupakan pembangkit listrik yang mudah diterapkan pada masyarakat karena pembuatannya mudah, peralatan yang digunakan sederhana dan tempat yang digunakan relatif lebih kecil. Hal ini merupakan salah satu keunggulan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, yaitu tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Mengingat masih besarnya potensi tenaga air yang belum termanfaatkan, maka saat ini rekayasa mikrohidro masih sangat dibutuhkan khususnya dalam pemanfaatan potensi pembangkit tenaga listrik (Susanto, 2013)

Mengingat potensi tenaga air sangat besar dan sejalan dengan kebijaksanaan pemerintah untuk mendahulukan sumber daya energi yang dapat diperbaharui maka penulis melakukan penelitian sebagai tugas akhir yang berjudul “*pembuatan prototype pembangkit listrik Turbin Kaplan*”

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah bagaimana memanfaatkan potensi tenaga air tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal dengan membuat *prototype* pembangkit listrik Turbin Kaplan.

1.3 Ruang Lingkup

Pada pembuatan *prototype* pembangkit listrik Turbin Kaplan, penulis perlu membatasi masalah agar tidak meluas. Batasannya adalah :

1. Proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan.
2. Pemilihan bahan dan pembuatan komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas sarjana ini adalah:

1. Untuk membangun *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan.
2. Untuk menentukan jenis bahan yang digunakan pada *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan

1.5 Manfaat

Sedangkan manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya untuk mengkaji hal – hal yang tentunya berkaitan dengan pembuatan *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan.
2. Bagi masyarakat diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pembuatan pembangkit listrik tenaga air khususnya turbin kaplan.
3. Sebagai bahan referensi bagi pemerintah dalam upaya Dapat mengurangi penggunaan sumber daya minyak bumi yang semakin menipis akibat digunakan secara terus menerus.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Air

2.1.1 Pengertian Turbin Air

Turbin air terdapat dalam suatu pembangkit listrik berfungsi untuk mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi kinetik. Selanjutnya energi kinetik ini akan dirubah menjadi energi elektrik melalui generator. Hal ini menyebabkan setiap pembahasan tentang turbin hidrolis akan mengikutsertakan generator sebagai pembangkit listrik.

Turbin air adalah salah satu mesin penggerak yang mana fluida kerjanya adalah air. Berdasarkan perubahan energi turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin Impuls dan turbin reaksi. Turbin air adalah suatu mesin berputar yang mengkonversikan energi suatu gerakan aliran air menjadi energi mekanis yaitu energi puntir. Energi mekanis ini kemudian ditransfer melalui suatu poros untuk mengoperasikan mesin atau generator. (Umurani et al., 2020)

2.2 Klasifikasi Turbin Air

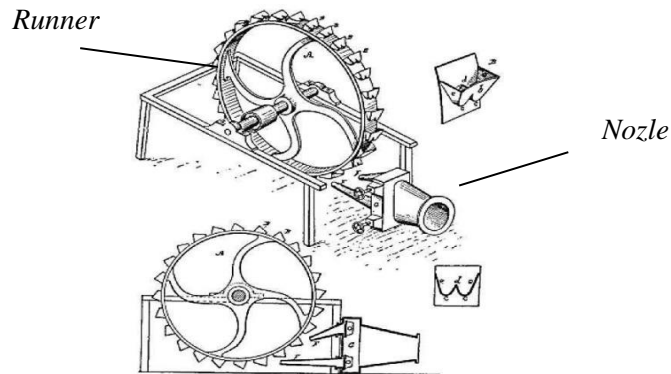
Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

2.2.1 Turbin Impuls

Turbin Impuls adalah turbin yang bekerja karena aliran air. 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 nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. (Harold, 2014)

2.2.1.1 Turbin Pelton

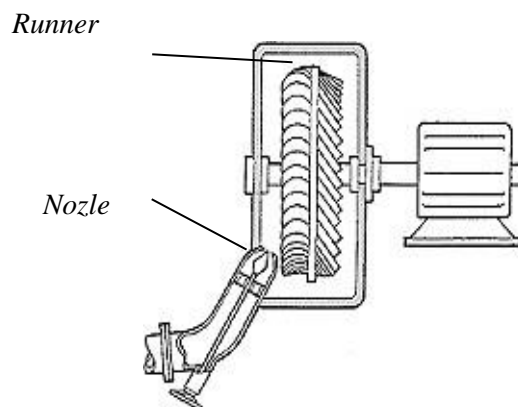
Turbin *Pelton* merupakan turbin *impuls*. Turbin *Pelton* terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut *nozle*. Turbin *Pelton* adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin *Pelton* adalah turbin yang cocok digunakan untuk *head* tinggi. Dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Turbin Pelton (Harold, 2014)

2.2.1.2 Turbin Turgo

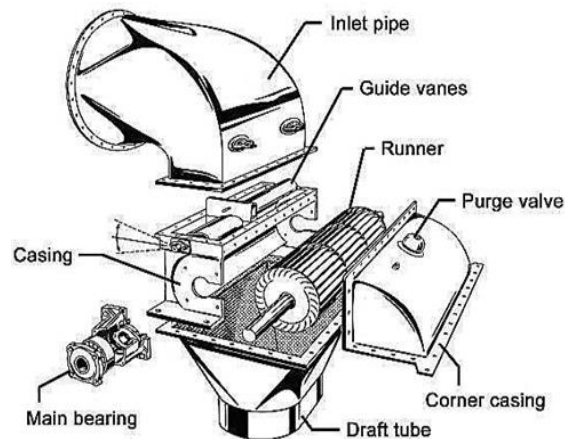
Turbin *Turgo* dapat beroperasi pada *head* 30 s/d 300 m. Seperti turbin *Pelton*, turbin *Turgo* merupakan turbin *impuls*, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari *nozle* membentuk sudu pada sudut 20° . Kecepatan putar turbin *Turgo* lebih besar dari turbin *Pelton*. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan. Dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Turbin Turgo (Harold, 2014)

2.2.1.3 Turbin *Ossberger* Atau Turbin *Crossflow*

Tipe turbin impuls lainnya adalah turbin *Crossflow* (Stapenhorst, 1978) yang biasa disebut sebagai turbin banki atau turbin *Mitchell*. Turbin *crossflow* merupakan turbin *impuls* yang berporos horizontal bekerja dengan cara tekanan air dikonversikan menjadi energi kinetik di inlet adaptor. Aliran air yang menyebabkan berputarnya runner setelah berbenturan pertama dengan sudu turbin, kemudian menyilang (*crossflow*) mendorong sudu tingkat kedua. Dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Turbin *Ossberger* Atau Turbin *Crossflow* (Harold, 2014)

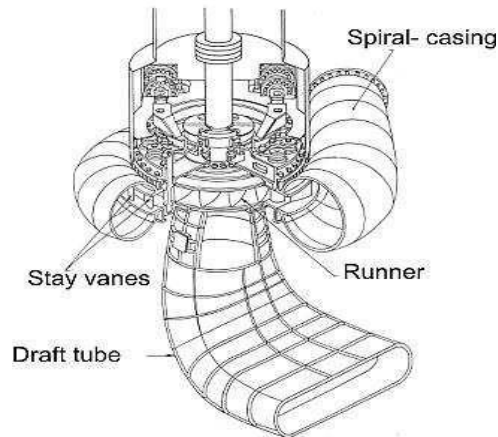
2.2.2 Turbin Reaksi

Yang dimaksud dengan turbin reaksi adalah turbin air yang cara bekerjanya dengan merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi puntir. Turbin air reaksi dibagi menjadi dua jenis yaitu:

2.2.2.1 Turbin Francis

Diciptakan oleh James Francis Bichens dari Inggris. Termasuk jenis turbin reaksi dengan arah aliran aksial-radial. Turbin ini beroperasi pada head (tinggi jatuh) 10 – 650 meter, dapat menghasilkan daya 10 – 750 MW dengan N_s (specific speed) 83 – 1000 rpm. Pada umumnya turbin ini di desain dengan posisi poros vertikal untuk menjaga agar air tidak mengenai rumah generator dan peralatan bantu lainnya. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Sudu pengarah pada

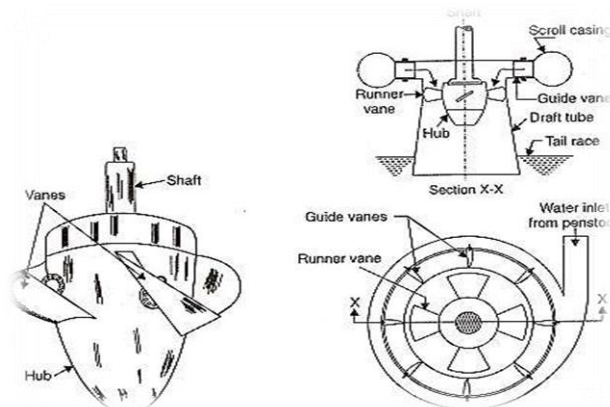
turbin Francis merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudutnya. Dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Turbin Francis (Harold, 2014)

2.2.2.2 Turbin Kaplan

Turbin Kaplan termasuk kelompok turbin air reaksi jenis baling-baling (*propeller*). Keistimewaannya adalah sudut sudu geraknya (*runner*) bisa diatur (*adjustable blade*) untuk menyesuaikan dengan kondisi aliran saat itu yaitu perubahan debit air. Turbin ini beroperasi pada *head* (tinggi jatuh) 10 – 70 meter, dapat menghasilkan daya 5 – 120 MW dengan N_s (*specific speed*) 79 – 429 rpm. Pada pemilihan turbin didasarkan pada kecepatan spesifiknya. Turbin *Kaplan* ini memiliki kecepatan spesifik tinggi (*high specific speed*). Turbin *kaplan* bekerja pada kondisi head rendah dengan debit besar. Dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Turbin Kaplan (Harold, 2014)

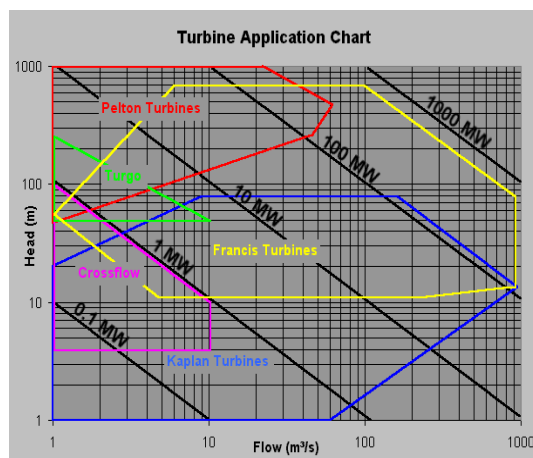
2.3 Pemilihan Jenis Turbin Air

Pada dasarnya pemilihan jenis turbin untuk PLTMH terlebih dahulu harus diketahui besarnya *head* dan besarnya debit. Setelah mengetahui berapa besarnya *head* dan debit air yang tersedia, maka pemilihan jenis turbin air yang akan digunakan dapat ditentukan. Pemilihan jenis turbin dapat pula ditentukan dengan menggunakan tabel kriteria pemilihan jenis turbin air berdasarkan *head* yang tersedia. (Kusnadi et al., 2018)Dapat dilihat pada tabel 2.1.

Table 2.1 Kriteria Pemilihan Jenis Turbin Air Berdasarkan Head (Kusnadi et al., 2018)

Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Kaplan atau Propeller	$1 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Crossflow	$6 < H < 100$
Turgo	$50 < H < 250$

Pada grafik Turbine Application Chart digambarkan secara jelas kriteria berbagai macam jenis turbin air dengan *head* dan debit air tertentu. Turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa cara, namun yang paling utama adalah klasifikasi turbin air berdasarkan prinsip kerjanya. Berdasarkan prinsip kerjanya turbin air dibagi menjadi dua bagian yaitu Turbin Impuls dan Turbin Reaksi. Dapat dilihat pada gambar 2.6.

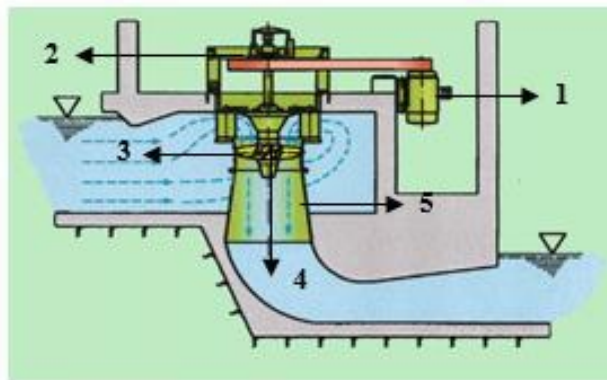


Gambar 2. 6 Gambar Grafik Pemilihan Jenis Turbin Air (Kusnadi et al., 2018)

2.4 Turbin Kaplan

Turbin air Kaplan merupakan salah satu jenis dari turbin reaksi. Turbin Kaplan tersusun dari *propeller*/sudu-sudu roda turbin seperti baling-baling kapal. Roda turbin Kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya putar/tangensial pada poros turbin yang dapat menghasilkan Torsi. (Kusnadi et al., 2018).

Turbin Kaplan adalah turbin tekanan lebih yang special. Sudu jalan turbin kemurniannya sangat kecil dan pada saluran sudu jalan belokannya hanya sedikit. Pada waktu bekerja sudu jalan turbin bisa diatur posisinya, disesuaikan dengan perubahan tinggi air jatuh. Jadi turbin ini cocok untuk pusat tenaga air yang dibangun di sungai. Turbin Kaplan dipakai di pusat listrik tenaga sungai dengan tinggi air jatuh sampai 80 meter. Daya yang dihasilkan turbin bisa lebih dari 100.000 kilowatt. Karena sudu pengarah dan sudu jalan bisa diatur maka Turbin Kaplan pada perubahan tinggi jatuh dan kapasitas air yang besar rendemennya juga tinggi. (Sitompul, 2012). Dapat dilihat pada gambar 2.7.



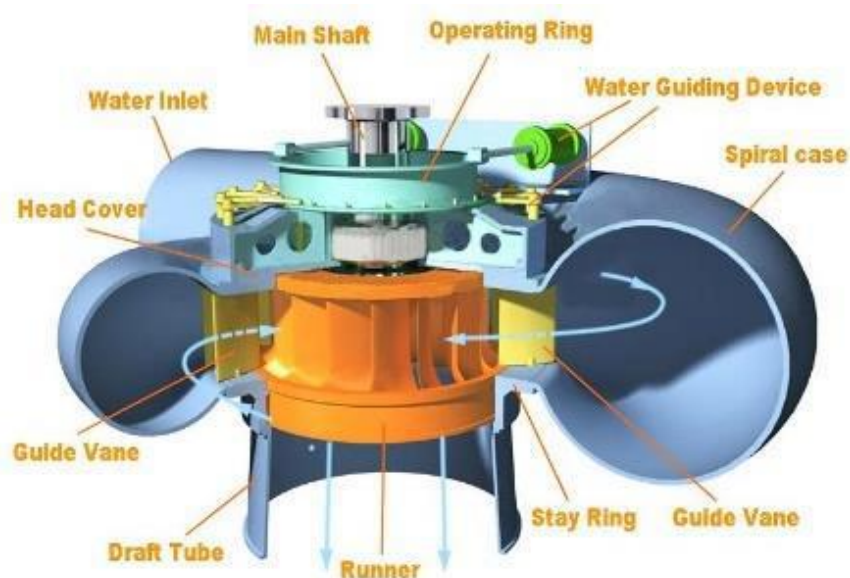
Gambar 2. 7 Turbin Air Jenis Kaplan (Kusnadi et al., 2018)

2.4.1 Prinsip Kerja Turbin Kaplan

Tidak berbeda dengan turbin *Francis*, turbin Kaplan cara kerjanya menggunakan prinsip reaksi. Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Bila baling-baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada Kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya F yaitu gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada *Francis*, sudu-sudu pada roda jalan Kaplan dapat diputar posisinya untuk menyesuaikan kondisi beban turbin. Turbin Kaplan banyak dipakai pada instalasi pembangkit listrik tenaga air sungai, karena

turbin ini mempunyai kelebihan dapat menyesuaikan *head* yang berubah-ubah sepanjang tahun. Turbin Kaplan dapat beroperasi pada kecepatan tinggi sehingga ukuran roda turbin lebih kecil dan dapat dikopel langsung dengan generator. Pada kondisi beban tidak penuh turbin *Kaplan* mempunyai efisiensi paling tinggi, hal ini dikarenakan sudu-sudu turbin *Kaplan* dapat diatur menyesuaikan dengan beban yang ada (Harold, 2014)

2.4.2 Bagian-Bagian Utama Turbin Kaplan



Gambar 2. 8 Bagian-Bagian Utama Turbin Kaplan (Kurniawan et al., 2019)

1. Rumah Turbin

Rumah turbin didesain sedemikian sehingga luas penampang melintangnya berkurang secara seragam. Luas penampang melintangnya maksimum pada sisi masuk dan minimum pada ujung. Rumah turbin akan mendistribusikan air secara merata kepada *guide vane*. Untuk mencapai aliran seragam pada runner blade, maka aliran air harus seragam masuk ke dalam *guide vane*.

2. Penyearah Tetap (Stay Vane)

Penyearah tetap (*stay vane*) terpasang tetap diantara dua cincin dalam bentuk roda. Roda ini dipasang tetap pada rumah turbin. Sudu pengarah didesain untuk:

- 1) Supaya air masuk ke *runner* tanpa kejut.

2) Supaya sejumlah air bisa memasuki turbin.

3. Sudu Pengarah (Guide Vane)

Sudu pengarah (*guide vane*) terpasang diantara dua cincin dalam bentuk roda. Sudu pengarah bisa dibuka dan ditutup dengan memutar poros pengatur, sehingga jumlah air bisa diatur sesuai keperluan.

4. Runner Blade

Runner blade terdiri dari sudu yang terpasang tetap pada poros atau cincin. Sudu didesain supaya air masuk dan meninggalkan turbin tanpa kejut. Runner blade terpasang pada poros. Jika porosnya vertikal, disebut turbin vertikal, dan jika poros horisontal maka disebut turbin horisontal. Untuk head rendah, runner blade bisa dibuat dari besi tuang, tetapi untuk head tinggi, runner blade dibuat dari baja atau paduan. Jika air secara kimia tidak murni, runner blade dibuat dari paduan spesial.

5. Pipa Hisap (Draft tube)

Air setelah melewati *runner*, mengalir turun melalui pipa yang disebut *draft tube*. *Draft tube* mempunyai fungsi antara lain:

- 1) Meningkatkan *head* air sebesar tinggi *runner* dari permukaan air.
- 2) Meningkatkan efisiensi turbin.

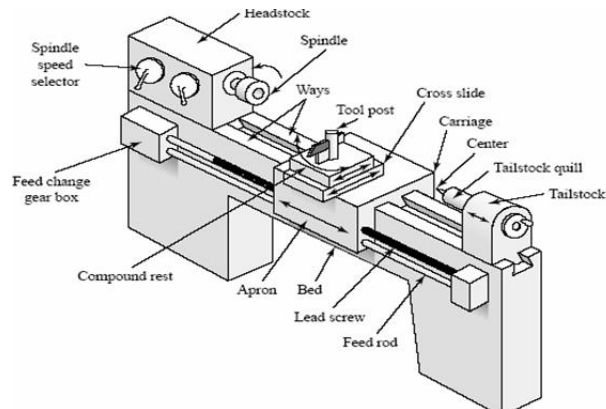
2.5 Proses Permesinan

Proses permesinan adalah proses mengubah bentuk ataupun sifat dari suatu bahan baku menjadi suatu produk baru yang memiliki kelebihan dalam fungsi, kualitas, keandalan, nilai tukar, estetika dan kelebihan-kelebihan lainnya dibandingkan sebelumnya. Proses permesinan merupakan proses yang dilakukan untuk menghasilkan suatu produk atau mesin. Sekitar 70% sampai 90% dari seluruh proses pembuatan suatu mesin yang komplis dilakukan dengan proses permesinan. Salah satu metoda pendukung untuk membuat prototipe Pembangkit listrik turbin kaplan adalah proses permesinan, adapun proses permesinan yang digunakan adalah proses pembubutan (*Turning*), proses penyayatan/frais (*Milling*),

proses pengelasan (*Welding*), proses pemotongan (*Cutting*), proses gerinda (*Grinding*)

2.5.1 Proses Pembubutan (*Turning*)

Proses bubut merupakan proses permesinan yang menghasilkan bagian - bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut. Proses bubut dilakukan dengan benda kerja yang dipegang oleh pencekam kemudian dipasang pada ujung poros utama (*spindle*) dengan mengatur lengan pengatur yang terdapat pada kepala diam. Harga poros utama umumnya dibuat bertingkat dengan aturan yang telah distandarkan misalnya 630, 710, 800, 900, 1000, 1250, 1400, 1600, 1800, dan 2000 rpm. Dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Mesin Bubut (Ratlalan, 2019)

Parameter pemotongan pada proses pembubutan adalah, informasi berupa dasar-dasar perhitungan, rumus dan tabel-tabel yang mendasari teknologi proses pemotongan/penyayatan pada mesin bubut diantaranya. Parameter pemotongan pada proses pembubutan meliputi; kecepatan potong (*Cutting speed - Cs*), kecepatan putaran mesin (*Revolution Permenit - Rpm*), kecepatan pemakanan (*Feed - F*) dan waktu proses pemesinannya.

Kecepatan potong (*Cs*) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang/waktu (meter/menit atau *feet/ menit*). Pada gerak putar seperti mesin bubut, kecepatan potongnya (*Cs*) adalah: Keliling lingkaran benda kerja ($\pi.d$) dikalikan dengan putaran atau :

$$Cs = \pi.d.n \text{ Meter/menit} \quad (2. 1)$$

Keterangan : d : diameter benda kerja (mm)

n : putaran mesin/benda kerja (putaran/menit - Rpm)

π : nilai konstanta = 3,14

Kecepatan putaran mesin bubut adalah, kemampuan kecepatan putar mesin bubut untuk melakukan pemotongan atau penyayatan dalam satuan putaran/menit. Maka dari itu untuk mencari besarnya putaran mesin sangat dipengaruhi oleh seberapa besar kecepatan potong dan keliling benda kerjanya. Mengingat nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku, maka komponen yang bisa diatur dalam proses penyayatan adalah putaran mesin/benda kerjanya. Dengan demikian rumus dasar untuk menghitung putaran mesin bubut adalah:

$$Cs = \pi.d.n / 1000 \text{ (Meter/menit)} \quad (2. 2)$$

Karena satuan kecepatan potong (Cs) dalam meter/menit sedangkan satuan diameter benda kerja dalam milimeter, maka satuannya harus disamakan terlebih dahulu yaitu dengan mengalikan nilai kecepatan potongnya dengan angka 1000 mm. Maka rumus untuk putaran mesin menjadi

$$n = \frac{1000.cs}{\pi.d} \text{ Rpm} \quad (2. 3)$$

Keterangan : d : diameter benda kerja (mm)

Cs : kecepatan potong (meter/menit)

π : nilai konstanta = 3,14

Besarnya kecepatan pemakanan (F) pada mesin bubut ditentukan oleh seberapa besar bergesernya pahat bubut (f) dalam satuan mm/putaran dikalikan seberapa besar putaran mesinnya dalam satuan putaran. Maka rumus untuk mencari kecepatan pemakanan (F) adalah:

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)} \quad (2. 4)$$

Keterangan: f = besar pemakanan atau bergesernya pahat (mm/putaran)

n = putaran mesin (putaran/menit)

Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pemesinan bubut adalah, seberapa besar panjang atau jarak tempuh pembubutan (L) dalam satuan mm dan

kecepatan pemakanan (F) dalam satuan mm/menit. Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa, panjang total pembubutan (L) adalah panjang pembubutan rata ditambah star awal pahat (ℓ_a), atau: $L_{total} = \ell_a + \ell$ (mm). Untuk nilai kecepatan pemakanan (F), dengan berpedoman pada uraian sebelumnya $F = f.n$ (mm/putaran). Berdasarkan prinsip-prinsip yang telah diuraikan diatas, maka perhitungan waktu pemesinan bubut rata (t_m) dapat dihitung dengan rumus :

$$t_m = \frac{L}{f} \text{ Menit} \quad (2.5)$$

$$L = \frac{d}{2} + \ell_a \text{ (mm)} \quad (2.6)$$

$$F = f.n \text{ (mm/menit)} \quad (2.7)$$

Keterangan : f = pemakanan dalam satu putaran (mm/putaran)

n = putaran benda kerja (Rpm)

ℓ = panjang pembubutan muka (mm)

ℓ_a = jarak star pahat (mm)

L = panjang total pembubutan muka (mm)

F = kecepatan pemakanan setiap (mm/menit)

Waktu pemesinan bubut muka pada prinsipnya sama dengan menghitung waktu pemesinan bubut rata, perbedaannya hanya terletak pada arah pemakanan yaitu melintang. Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa, panjang total pembubutan (L) adalah panjang pembubutan muka ditambah star awal pahat (ℓ_a), sehingga;

$$L = r + \ell_a = \frac{d}{2} + \ell_a \quad (2.8)$$

waktu pemesinan bubut muka (t_m)

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ (menit)} \quad (2.9)$$

$$L = \frac{d}{2} + \ell_a \text{ (mm)} \quad (2.10)$$

$$F = f.n \text{ (mm/menit)} \quad (2.11)$$

Keterangan : f = pemakanan dalam satu putaran (mm/putaran)

n = putaran benda kerja (Rpm)

ℓ = panjang pembubutan muka (mm)

- l_a = jarak star pahat (mm)
- L = panjang total pembubutan muka (mm)
- F = kecepatan pemakanan setiap (mm/menit)

Perhitungan waktu pengeboran pada mesin bubut, pada prinsipnya sama dengan menghitung waktu pemesinan bubut rata dan bubut muka. Perbedaannya hanya terletak pada jarak star ujung mata bornya. Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa, panjang total pengeboran (L) adalah panjang pengeboran (ℓ) ditambah star awal mata bor ($l_a = 0,3 d$), sehingga: $L = \ell + 0,3d$ (mm). Untuk nilai kecepatan pemakanan (F) mengacu pada uraian sebelumnya $F = f.n$ (mm/putaran)

$$\text{Waktu pengeboran (t}_{tm}) = \frac{\text{Panjang pengeboran (L)mm}}{\text{Kecepatan pemakanan (f)mm}} \text{ Menit} \quad (2.12)$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ (menit)} \quad (2.13)$$

$$L = \ell + 0,3d \text{ (mm)} \quad (2.14)$$

$$F = f.n \text{ (mm/menit)} \quad (2.15)$$

Keterangan : f = pemakanan dalam satu putaran (mm/putaran)

n = putaran benda kerja (Rpm)

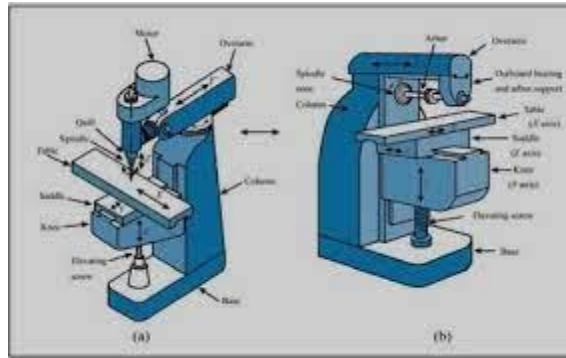
ℓ = panjang pengeboran (mm)

L = panjang total pengeoran (mm)

d = diameter mata bor (Rpm)

2.5.2 Proses Penyayatan / *Frais* (Milling)

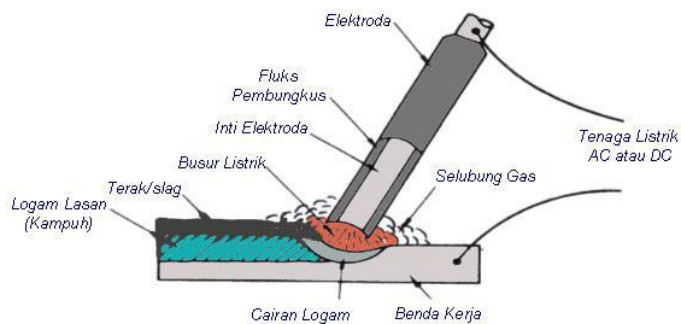
Proses penyayatan / *frais* (*milling*) merupakan proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. (Rahmatullah1*, Khairul Umurani2, 2021). Dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Mesin Milling (Yanuar et al., 2014)

2.5.3 Proses Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. (Ardianto, 2022), dapat dilihat pada gambar 2.11.

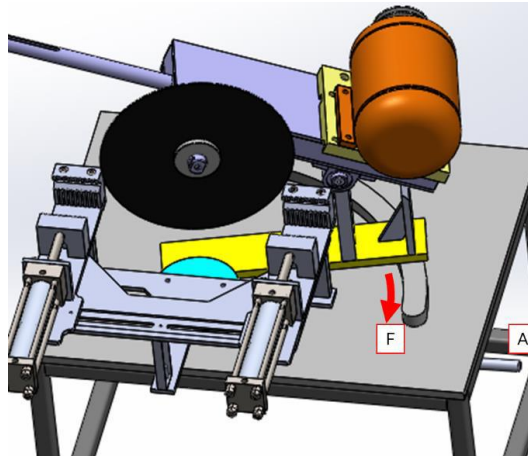


Gambar 1. Proses SMAW

Gambar 2. 11 Proses Pengelasan (Welding). (Bakhori, 2017)

2.5.4 Proses Pemotongan (*Cutting*)

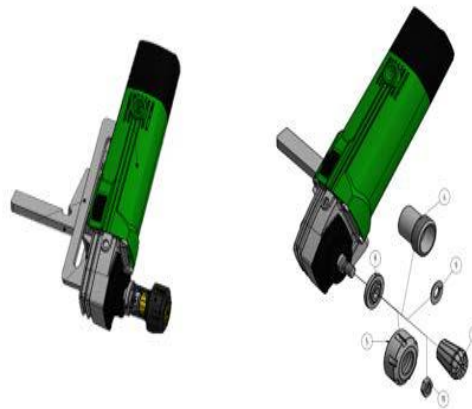
Proses memotong merupakan suatu proses yang digunakan untuk membuang pada bagian-bagian yang tidak terpakai. Dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Mesin Pemotong Besi (Abdurrahman & Widiatmoko, 2020)

2.5.5 Proses Gerinda (*Grinding*)

Proses gerinda dilakukan untuk memotong atau menghaluskan permukaan bahan sisa pengerjaan, dengan tujuan merapikan sisa pengerjaan. Prinsip kerja proses gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, dan pengasahan. dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Gerinda Tangan (Abdurrahman & Widiatmoko, 2020)

2.5.6 Proses Pengeboran (*drilling*)

Proses Pengeboran (*drilling*) adalah proses pembuatan sebuah lubang dalam sebuah objek dengan menekan sebuah mata pahat yang berputar pada objek tersebut. Dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Bor Tangan (Mini, 2016)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya penelitian dan pembuatan ini dilaksanakan di laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai di nyatakan selesai.

Tabel 3. 1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No.	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■					
2	Studi Literatur	■					
3	Penyediaan Alat Dan Bahan		■				
4	Pembuatan Alat		■	■			
5	Penyelesaian Tulisan			■	■	■	
6	Seminar Hasil						■
7	Sidang						■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

1. Pompa Air

Pompa air berfungsi untuk memompa air dari bak penampung air menuju bak turbin. Dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Pompa Air

2. Pipa Pvc

Pipa pvc digunakan untuk mengalirkan air dari bak penampung air menuju bak turbin. Dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Pipa Pvc

3. Plat Besi Galpanis

Plat galpanis digunakan untuk membuat rumah turbin dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Plat Galpanis

4. Besi *Hollow* dan Besi Siku

Besi *hollow* dan besi siku digunakan untuk membuat rangka meja turbin dan dudukan turbin, dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Besi Hollow dan Besi Siku

5. Bak Air

Bak air digunakan untuk menampung air yang jatuh dari rumah turbin. Dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Bak Air

6. *Filament*

Filament adalah bahan baku termoplastik untuk printer 3D. Dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3. 6 Filament Pla

7. *Silikon Rubber*

Silikon rubber digunakan sebagai bahan media cetak. Dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Silicon Rubber

8. Resin

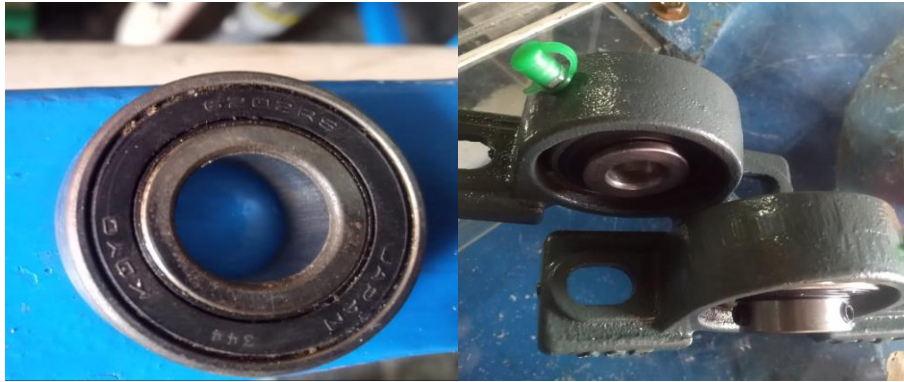
Resin digunakan sebagai bahan dasar sirip-sirip turbin dan penyearah air. Dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Resin

9. *Bearing*

Bearing digunakan untuk mengurangi gesekan pada komponen yang berputar. Dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3. 9 Bearing

10. Dempul

Dempul digunakan untuk merapikan bagian bagian yang berlubang pada meja turbin dan tang lainnya. Dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Dempul

11. Flintkote

Flintkote digunakan untuk melapisi permukaan plat galpanis supaya tidak berkarat. Dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 11 Flintkote

12. Cat

Cat digunakan untuk mewarnai prototipe turbin kaplan. Dapat dilihat pada gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3. 12 Cat

13. Baut dan Mur

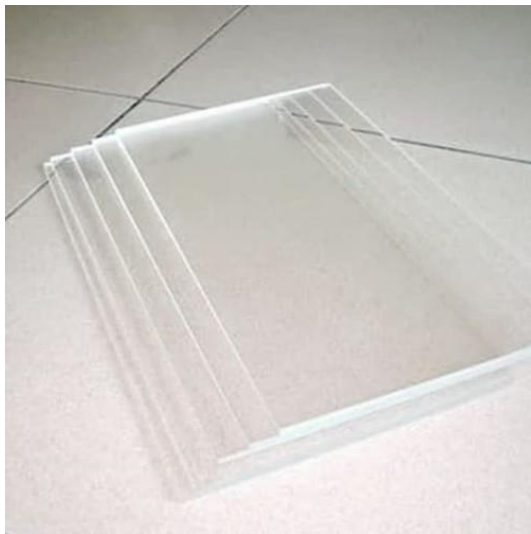
Baut dan mur digunakan untuk mengikat atau mengunci komponen prototipe turbin kaplan. Dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Baut dan Mur

14. Akrilik

Akrilik digunakan sebagai penutup rumah turbin dan aliran air dari bak turbin menuju rumah turbin. Dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Akrilik

15. Lem Akrilik

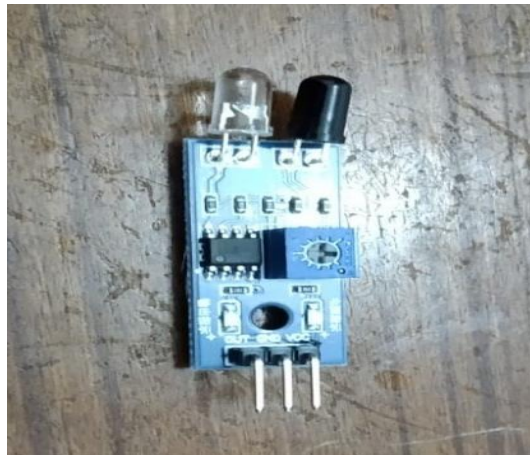
Lem akrilik digunakan untuk menyatukan akrilik. Dapat dilihat pada gambar 3.15



Gambar 3. 15 Lem Akrilik

16. Sensor Pengukur Putaran

Sensor Pengukur Putaran adalah suatu sensor yang dipakai untuk mendeteksi kecepatan gerak benda guna selanjutnya diolah kedalam format sinyal elektrik. Dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3. 16 Sensor Pengukur Putaran

17. *Arduino Nano*

Arduino Nano adalah suatu papan sirkuit pengembang berukuran kecil yang didalamnya sudah tersedia mikrokontroler serta mendukung penggunaan breadboard. Dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 *Arduino Nano*

18. *Sensor load cell*

Load cell berfungsi untuk menimbang berat, pengukuran yang dilakukan oleh *load cell* menggunakan prinsip tekanan, dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18 *Sensor Load Cell*

3.2.2 Alat

1. *Mesin Bubut*

Mesin bubut digunakan untuk memotong benda dengan cara menyayat serta membentuk derajat pada bahan. Dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3. 19 Mesin Bubut

2. Bor Tangan

Bor tangan digunakan untuk melubangi benda kerja yang akan disatukan. Dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3. 20 Bor Tangan

3. Gerinda Tangan

Gerinda tangan digunakan untuk menghaluskan permukaan pengelasan, dan juga untuk memotong bahan yang digunakan untuk pembuatan *prototype* pembangkit listrik skala lab. Dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3. 21 Gerinda Tangan

4. Mesin Las

Mesin las digunakan untuk menyatukan tiap-tiap benda kerja, terutama pada saat pengerjaan meja dan rumah *prototype* pembangkit listrik Turbin Kaplan . Dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3. 22 Mesin Las

5. Mesin Milling

Mesin *milling* digunakan untuk membuat lubang rumah *propeller shaft* dengan presisi. Dapat dilihat pada Gambar 3.22.



Gambar 3. 23 Mesin Milling

6. Jangka Sorong

Jangka sorong dipergunakan untuk mengukur benda kerja. Dapat dilihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3. 24 Jangka Sorong

7. Sarung Tangan las

Sarung tangan berfungsi melindungi kulit tangan dari benda yang panas dan tajam. Dapat dilihat pada gambar 3.24.



Gambar 3. 25 Sarung Tangan las

8. Kacamata las

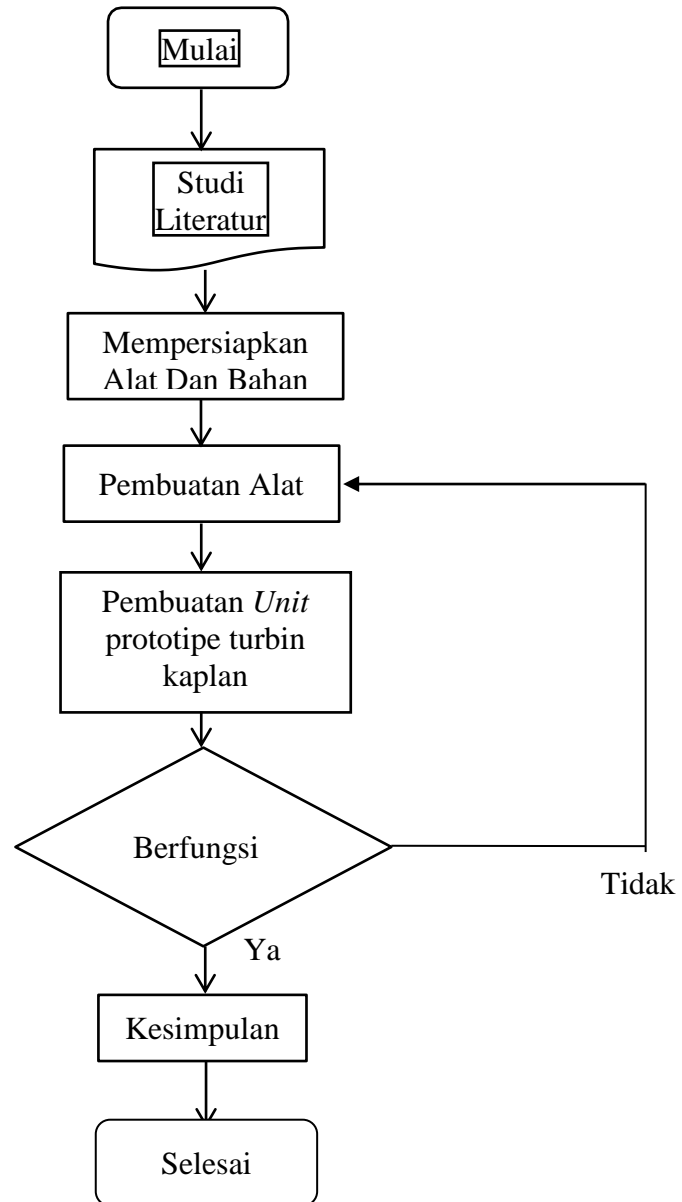
Kacamata las berfungsi melindungi mata dari paparan cahaya las. Dapat dilihat pada gambar 3.25.



Gambar 3. 26 Kacamata Las

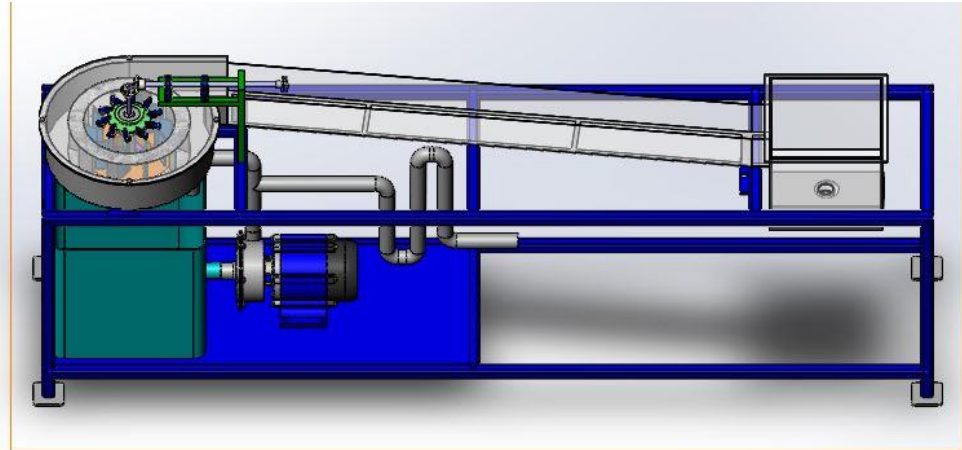
3.3 Diagram Alir Pembuatan

Dalam pembuatan *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan , dimulai dari beberapa tahapan, dapat dilihat pada diagram 3.1



Gambar 3. 27 Diagram Alir Pembuatan

3.4 Rancangan Alat



Gambar 3. 28 Rancangan Alat

3.5 Prosedur Pembuatan

Prosedur pembuatan *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan dilakukan untuk menentukan hasil produk atau mesin yang efektif. Dalam pembuatan *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan perlu prosedur pembuatan sehingga dapat mempercepat proses pengerjaan serta meningkatkan efisiensi waktu dalam pengerjaan. Prosedur pembuatan *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan disini meliputi.

3.5.1 Pembuatan Meja Turbin

1. Siapkan besi *hollow* tebal 2 mm dengan diameter 40x40 mm sepanjang 2.889 mm sebanyak 2 batang, 529 mm sebanyak 7 batang, 192 mm sebanyak 1 batang, 152 mm sebanyak 1 batang, 825 mm sebanyak 4 batang, 2.081 mm sebanyak 2 batang, dan 604 mm sebanyak 2 batang.
2. Lalu hubungkan besi *hollow* tersebut dengan pengelasan, dan lubangin dengan proses pengeboran. Kemudian pasang 4 buah roda.

3.5.2 Pembuatan Rumah Turbin Dan Penyearah Tetap

1. Siapkan plat galpanis dengan tebal 1,6 mm
2. Persiapkan mal sesuai disain, siapkan plat galpanis sesuai ukuran mal
3. Siapkan plat galpanis dengan panjang 2035 mm lebar 133 mm, panjang 471 mm lebar 118 mm, panjang 133 mm lebar 45,42 mm

4. Lalu hubungkan plat galpanis dengan proses pengelasan, dan lubangi plat galpanis dengan proses pengebotran.

3.5.3 Pembuatan Baling-Baling Turbin (*Runner Blade*) dan Tautan Penyearah (*Rectifier Link*)

1. Siapkan disain
2. Lalu siapkan gcode 3D printing
3. Kemudian cetak spesimen yang telah di program pada mesin 3D printing
4. Molding menggunakan silikon rubber
5. Lalu Pembuatan spesimen menggunakan resin

3.5.4 Pembuatan Rumah Propeller Shaft, Piring Pengatur, dan Shaft

1. Persiapkan besi poros dengan panjang 140 mm tebal 45 mm, panjang 505 mm tebal 17 mm, dan panjang 500 mm tebal 17 mm
2. Persiapkan as aluminium panjang 345 mm tebal 17 mm
3. Persiapkan plat dengan diameter bulat, lebar 135 mm tebal 40 mm, dan lebar 145 mm tebal 25 mm
4. Lalu bentuk dengan proses pembubutan dan satukan dengan proses pengelasan sesuai dengan gambar yang telah dibuat.

3.5.5 Pembuatan Dudukan Aliran Air

1. Siapkan besi siku diameter 30×30 mm tebal 2 mm dengan panjang 1720 mm sebanyak 2 batang, panjang 164 mm sebanyak 6 batang, panjang 385 mm sebanyak 2 batang, dan 56 mm sebanyak 2 batang.
2. Lalu satukan sesuai dengan proses pengelasan dan lubangi dengan proses pengeboran.

3.5.6 Pembuatan Tangki Air dan Aliran Air

1. Persiapkan akrilik dengan tebal 5 mm, panjang 1800 mm lebar 250 mm sebanyak 2 potong, panjang 1800 mm lebar 150 mm sebanyak 1 potong, panjang 410 mm lebar 360 mm sebanyak 5 potong dan panjang 250 mm lebar 30 mm sebanyak 6 potong
2. Kemudian satukan dengan proses pengeliman

3.5.7 Pembuatan Tutup Rumah Turbin

1. Siapkan akrilik dekan tebal 5 mm, panjang 700 mm, dan lebar 600 mm.
2. Kemudian potong akrilik sesuai bentuk rumah turbin dengan proses pemotongan dengan penggerindaan tangan.
3. Lalu lubangi dengan proses pengeboran.

3.5.8 Perakitan

1. Pasang rumah turbin pada dudukan rangka yang telah dibuat dan satukan dengan baut dan mur.
2. Pasang penyearah tetap pada rumah turbin dengan baut dan mur.
3. Pasangkan dudukan aliran turbin pada meja turbin yang telah di sesuaikan dengan lubang yang telah di buat.
4. Pemasangan aliran air turbin pada dudukan aliran.
5. Pesangkan rumah *propeller shaft* pada penutup rumah turbin.
6. Pasangkan poros (*shaft*) yang telah di pasang Runner blade pada rumah *propeller shaft*.
7. Pasangkan penyearah air pada tutup rumah turbin lalu hubungkan dengan rumah tubin.
8. Pasangkan tautan penyearah (*rectifier link*).
9. Kemudian pasang piring pengatur pada rumah poros (*shaft*).

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dari pembuatan Prototype Pembangkit Listrik Turbin Kaplan

4.1.1 Pembuatan Rumah Turbin dan Pipa Hisap (Draft tube)

1. Melakukan pembuatan mal rumah turbin pada karton dengan menggunakan jangka, pena, penggaris dan gunting, dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Proses pembuatan mal

2. Melakukan pemotongan plat galpanis dengan tebal 1,6 mm sesuai dengan mal yang telah di buat, lalu potong dengan panjang 2035 mm lebar 133 mm, dan panjang 471 lebar 118 mm dengan menggunakan gerinda. Dapat dilihat pada gambar 4.2.





Gambar 4. 2 Proses pemotongan plat rumah turbin

3. Proses pembuatan pipa hisap dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pembuatan pipa hisap

4. Lalu lubangi plat galpanis dengan proses pengeboran. Dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Proses pengeboran rumah turbin

5. Kemudian hubungkan plat galpanis dengan proses pengelasan. Dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Proses pengelasan rumah turbin

4.1.2 Pembuatan Penyearah Tetap (*Stay Vane*)

1. Melakukan pembuatan mal rumah turbin pada karton menggunakan jangka, pena, penggaris dan gunting, lalu lakukan pemotongan plat galpanis sesuai dengan mal yang telah dibuat, dan potong plat galpanis dengan panjang 133 mm lebar 45,42 mm sebanyak 10 potong dengan proses pemotongan dengan mesin gerinda. Dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Proses pomotongan plat penyearah tetap

2. Kemudian hubungkan plat galvanis dengan proses pengelasan. Dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Proses pengelasan penyearah tetap

4.1.3 Pembuatan Poros Baling-Baling (*propeller shaft*)

Memasang atau mengikat sebuah poros aluminium padu berdiameter 17 mm dan panjang 260 mm pada cekam, Lalu melakukan pembubutan tepi (*facing*), kemudian lakukan pembubutan lubang (*drilling*) sebagai tempat senter yang di ikat pada kepala lepas, setelah itu melakukan pembubutan alur (*grooving*) sepanjang 210 mm sampai dengan diameter 15 mm, kemudian lakukan kembalikan pembubutan alur sepanjang 130 mm sampai dengan diameter 12,58 mm, kemudian melakukan pemotongan pada benda kerja pada diameter panjang 210 mm . proses inni dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Pembuatan poros baling-baling (*propeller shaft*) turbin

- a. Kecepatan potong (Cs)

$$\begin{aligned} Cs &= \pi \cdot d \cdot n \\ &= 3,14 \cdot 17 \cdot 770 \end{aligned}$$

$$= 41102,6 \text{ mm/menit}$$

b. Kecepatan putaran mesin (n)

$$\begin{aligned} n &= 1000.Cs / 3,14.d \\ &= 1000.4112,6 / 3,14.17 \\ &= 770 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

c. Kecepatan pemakanan (F)

$$\begin{aligned} F &= f.n \\ &= 0,4. 770 \\ &= 308 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

d. Waktu pemesinan (tm)

$$tm = L/F$$

$$\text{Dimana } L = la + l$$

$$= 4 + 210$$

$$= 214$$

$$F = f.n$$

$$= 0,4 . 770$$

$$= 308$$

$$tm = 214 / 308$$

$$= 0,7 \text{ menit}$$

4.1.4 Pembuatan Poros Roda Gigi (*Gear Shaft*)

memasang atau mengikat sebuah poros besi padu berdiameter 17 mm dan panjang 550 mm pada cekam, Lalu melakukan pembubutan tepi (*facing*), kemudian lakukan pembubutan lubang (*drilling*) sebagai tempat senter yang di ikat pada kepala lepas, setelah itu melakukan pembubutan alur (*grooving*) lakukan melakukan pemotongan pada benda kerja pada diameter panjang 500 mm . proses ini dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Pembuatan poros roda gigi (gear shaft)

- a. Kecepatan potong (C_s)

$$\begin{aligned}
 C_s &= \pi \cdot d \cdot n \\
 &= 3,14 \cdot 17 \cdot 770 \\
 &= 41102,6 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

- b. Kecepatan putaran mesin (n)

$$\begin{aligned}
 n &= 1000 \cdot C_s / 3,14 \cdot d \\
 &= 1000 \cdot 4112,6 / 3,14 \cdot 17 \\
 &= 770 \text{ Rpm}
 \end{aligned}$$

- c. Kecepatan pemakanan (F)

$$\begin{aligned}
 F &= f \cdot n \\
 &= 0,4 \cdot 770 \\
 &= 308 \text{ mm/menit}
 \end{aligned}$$

- d. Waktu pemesinan (t_m)

$$t_m = L/F$$

$$\text{Dimana } L = l_a + l$$

$$= 4 + 500$$

$$= 504$$

$$F = f \cdot n$$

$$= 0,4 \cdot 770$$

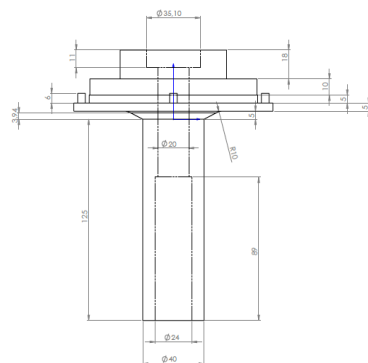
$$= 308$$

$$t_m = 504 / 308$$

$$= 1,6 \text{ menit}$$

4.1.5 Pembuatan rumah propeller shaft

Memasang atau mengikat sebuah plat berbentuk bulat berdiameter 140 mm dengan tebal 40 mm pada cekam, lalu melakukan pembubutan tepi (*facing*), kemudian lakukan pembubutan lubang (*drilling*) sampai dengan diameter lubang 20 mm dengan kedalaman lubang 20 mm, lalu melakukan pembubutan *boring* lubang sebagai tempat dudukan lahar dengan diameter lubang 35,1 mm dengan kedalaman 11 mm, setelah itu melakukan pembubutan alur (*grooving*) sepanjang 33 mm sampai dengan diameter 109,19 mm, kemudian lakukan kembali pembubutan alur sepanjang 18 mm sampai dengan diameter 69,5 mm, kemudian lepas kan benda kerja lalu ikat kembali di bagian yang telah di bubut pada diameter 69,5 mm, kemudian lakukan pembubutan alur sepanjang 10 mm sampai dengan diameter 130 mm, lalu lakukan pembubutan tepi sampai dengan diameter tebal keseluruhan mencapai 38 mm, kemudian lakukan pembesaran (*boring*) sampai dengan diameter lubang 34 mm dan panjang 5 mm, kemudian melakukan pengeboran, lalu Melakukan pemasangan poros besi padu berdiameter 40 mm dengan panjang 140 mm, lalu lakukan pembubutan lubang dengan diameter lubang 20 mm dan kedalaman lubang sampai dengan 140 mm, lalu lakukan kembali pembesaran lubang sampai diameter lubang 24 mm dan kedalaman lubang 69 mm, kemudian lepaskan benda kerja dan ikat kembali di bagian depan, lalu melakukan pembubutan dengan diameter 34 mm dengan panjang 5mm, kemudian satukan dengan pembubutan sebelumnya dengan proses pengelasan, kemudian lakukan pembubutan tirus pada bagian yang di las. Proses ini dapat dilihat pada gambar 4.10.



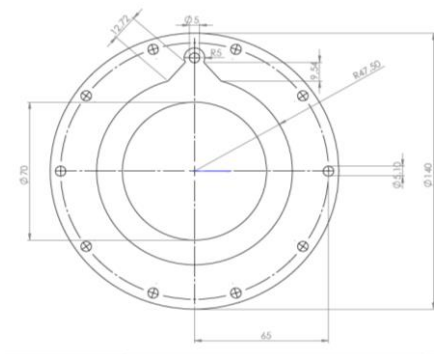


Gambar 4. 10 Pembuatan rumah propeller shaft

4.1.6 Pembuatan Piring Pengatur

Piring pengatur berfungsi sebagai pengatur pembuka tutup penyearah air, prosedur pembuatannya yaitu:

Lakukan pemasangan benda kerja dengan diameter lingkaran 140 mm dan tebal 20 mm, Lalu melakukan pembubutan tepi (*facing*), kemudian lakukan pembubutan lubang (*drilling*) dan *boring* sampai dengan diameter lubang 70 mm dengan kedalaman lubang 20 mm, kemudian melakukan pengeboran. Dapat dilihat pada gambar 4.11.

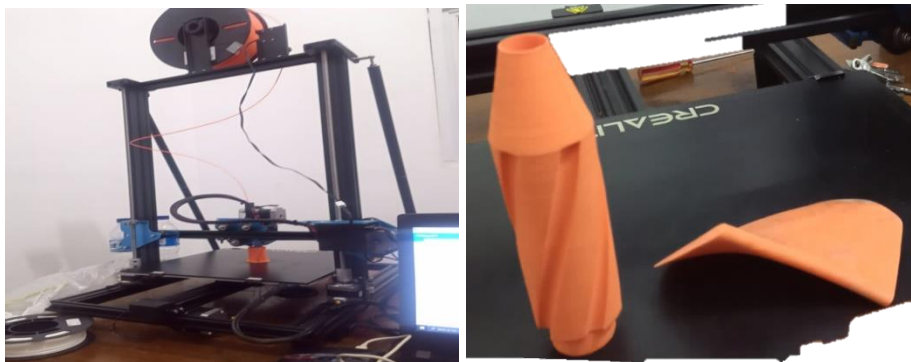




Gambar 4. 11 Pembuatan piring pengatur

4.1.7 Pembuatan Baling-Baling Turbin (*Runner Blade*)

1. Desain gambar dengan menggunakan software solidwork, lalu siapkan gcode 3D printing kemudian cetak spesimen sesuai program pada mesin 3D printing. Dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Proses 3D printing

2. Kemudian proses pencetakan baling-baling turbin dengan cara menuangkan resin yang telah di campur dengan katalis kedalam cetakan. Dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Proses pembuatan runner blade turbin kaplan

4.1.8 Pembuatan Roda Gigi Payung dan Pulli

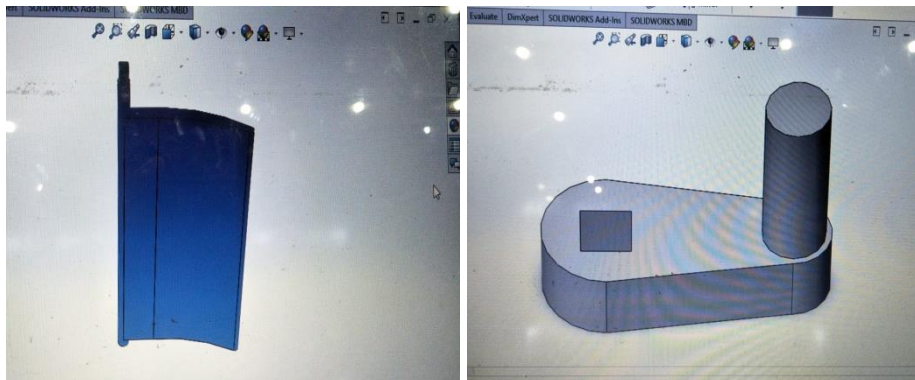
1. Desain gambar dengan menggunakan software solidwork, lalu siapkan gcode 3D printing kemudian cetak spesimen sesuai program pada mesin 3D printing. Dapat dilihat pada gambar 4.14.

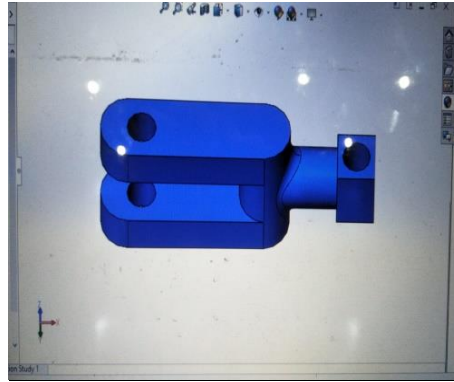


Gambar 4. 14 Roda gigi payung dan pulli menggunakan 3D printing

4.1.9 Pembuatan Sudu Pengarah (*Guide Vane*) Dan Tautan Penyearah (*Rectifier Link*)

1. Desain gambar dengan menggunakan software solidwork, lalu siapkan gcode 3D printing kemudian cetak spesimen sesuai program pada mesin 3D printing. Dapat dilihat pada gambar 4.15.





Gambar 4. 15 Pembuatan Sudu pengarah dan tautan penyearah menggunakan 3D printing

4.1.10 Pembuatan Aliran Air

memotong akrilik dengan panjang 1800 mm lebar 250 mm sebanyak 2 potong, panjang 1800 mm lebar 150 mm sebanyak 1 potong, panjang 410 mm lebar 360 mm sebanyak 5 potong dan panjang 250 mm lebar 30 mm sebanyak 6 potong pemotongan dilakukan dengan mesin gerinda tangan, kemudian satukan dengan proses pengeliman. Dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Pembuatan aliran air

4.1.11 Pembuatan Dudukan Aliran Air

1. Lakukan pemotongan besi siku berdiameter 30×30 mm tebal 2 mm dengan panjang 1720 mm sebanyak 2 batang, panjang 164 mm sebanyak 6 batang, panjang 385 mm sebanyak 2 batang, dan 56 mm sebanyak 2 batang, Kemudian melakukan proses pengelasan untuk menghubungkan bagian-bagian yang telah di potong. Dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 4. 17 Proses pembuatan dudukan aliran air

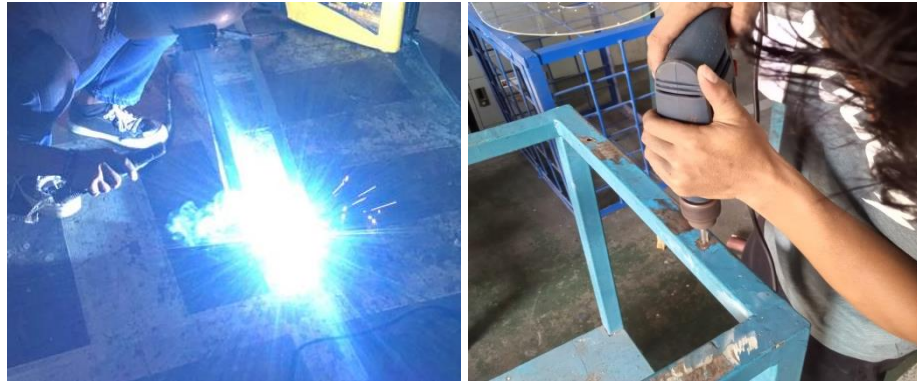
2. Lakukan proses penggerindaan untuk membersihkan terak. Dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4. 18 Proses penggerindaan dudukan aliran air

4.1.12 Pembuatan Meja *Prototype* Pembangkit Listrik Turbin Kaplan

1. Melakukan pemotongan besi hollow berdiameter 40×40 tebal 2 mm dengan panjang 2.889 mm sebanyak 2 batang, panjang 529 mm sebanyak 7 batang, panjang 192 mm sebanyak 1 batang, panjang 152 mm sebanyak 1 batang, panjang 825 mm sebanyak 4 batang, panjang 2.081 mm sebanyak 2 batang, dan panjang 604 mm sebanyak 2 batang, lalu proses menghubungkan besi *hollow* tersebut dengan proses pengelasan, dan lubangi dengan proses pengeboran kemudin. Dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Proses pengelasan dan pengeboran meja turbin

2. Lalu melakukan proses penggerindaan untuk menghilangkan terak hasil pengelasan, kemudiam melakukan pendempulan. Dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4. 20 Proses penggerindaan dan pendempulan meja turbin

4.1.13 Proses Pengecatan

Pengecatan dilakukan agar komponen tidak mengalami korosi atau kerusakan. Sebelum proses pengecatan dilakukan, pada bagian-bagian yang ingin di cat harus di amplas terlebih dahulu, setelah itu lakukan proses pengecatan. Dapat dilihat pada gambar 4.21.



Gambar 4. 21 Proses pengecatan dudukan dan rumah turbin

4.2 Perakitan

Perakitan merupakan tahapan dimana suatu komponen-komponen disatukan sehingga menghasilkan suatu alat atau mesin.

1. Pasangkan rumah turbin pada meja turbin yang telah disesuaikan dengan lubang yang telah di buat. Dapat dilihat pada gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Pemasangan Rumah Turbin

2. Pasangkan penyearah tetap pada rumah turbin. Dapat dilihat pada gambar 4.23.



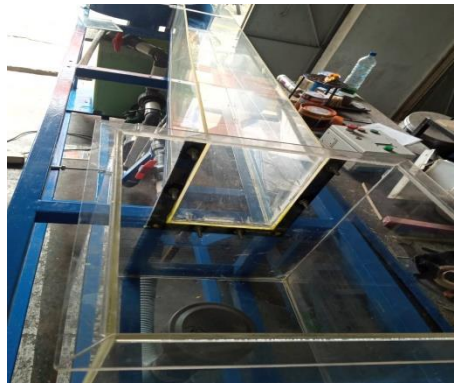
Gambar 4. 23 Pemasangan penyearah tetap

3. Kemudian pasang dudukan aliran turbin pada meja turbin yang telah disesuaikan dengan lubang yang telah dibuat. Dapat dilihat pada gambar 4.24.



Gambar 4. 24 Pemasangan dudukan aliran turbin

4. Pemasangan aliran turbin padaudukan aliran. Dapat dilihat pada gambar 4.25.



Gambar 4. 25 Pemasangan aliran turbin

5. Pemasangan pipa pengalir yang menuju bak penampung.. Dapat dilihat pada gambar 4.26.



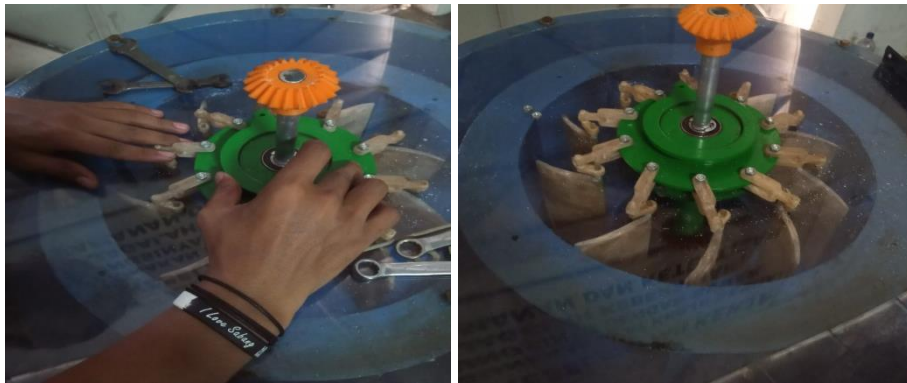
Gambar 4. 26 Pemasangan pipa pengalir

6. Kemudian pasang mesin pompa sentri pugal padaudukan yang telah di buat. Dapat dilihat pada gambar 4.27.



Gambar 4. 27 Pemasangan mesin pompa sentri pugal.

7. Pasangkan rumah *propeller shaft* pada penutup rumah turbin, lalu pasang pros (*shaft*) yang telah di pasang *runner blade* pada rumah *propeller shaft*, lalu pasang penyearah air pada tutup rumah turbin lalu hubungkan dengan rumah turbin, pemasangan ini harus di lakukan dengan hati-hati dan harus disesuaikan tata letaknya, dan pasang link pengatur penyearah air, kemudian pasang piring pengatur pada rumah shaft. Dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4. 28 Pemasangan penyearah air

8. Pemasanganudukan bearing shaft. Dapat dilihat pada gambar 4.29.



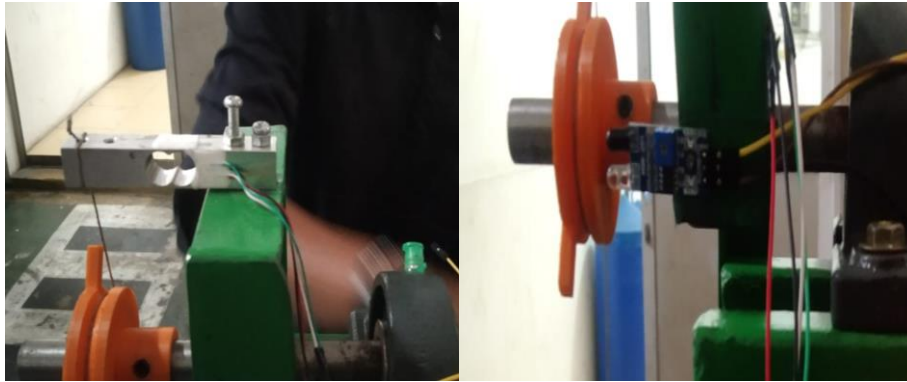
Gambar 4. 29 Pemasanganudukan bearing shaft

9. Pemasanganudukan sensor padaudukan bearing shaft. Dapat dilihat pada gambar 4.30.



Gambar 4. 30 Pemasanganudukan sensor

10. Pemasangan sensor pengukur putaran dan sensor infrared. Dapat dilihat pada gambar



Gambar 4. 31 Pemasangan sensor pengukur putaran dan sensor infrared

4.3 Hasil Pemasangan Turbin Kaplan



Gambar 4. 32 Hasil pemasangan turbin kaplan

4.4 Perawatan *Prototype* Pembangkit Listrik Turbin Kaplan

Perawatan dilakukan untuk membuat komponen *Prototype* pembangkit listrik turbin kaplan dapat berfungsi secara optimal dan memperpanjang umur pemakaian.

4.4.1 Perawatan *Bearing*

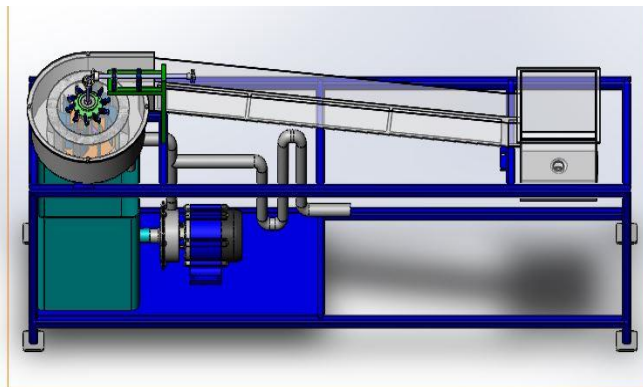
1. Memberi pelumas pada *bearing*, perawatan ini bertujuan agar *bearing* dapat berfungsi dengan lancar dan tidak berkarat serta mengakibatkan kesat.
2. Setiap 5 kali *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan beroperasi, cukup 1 kali melakukan pelumasan.

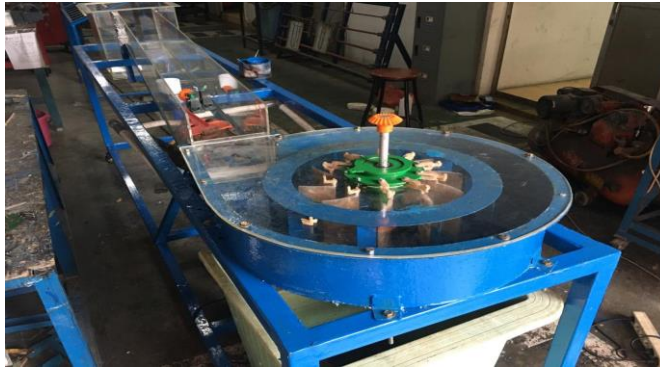
4.4.2 Perawatan Pipa Aliran

Membersihkan sisa air yang ada pada pipa aliran setiap kali digunakan

4.5 Hasil Pembuatan *Prototype* Pembangkit Listrik Turbin Kaplan

Secara keseluruhan, dalam pembuatan *protorype* pembangkit listrik turbin kaplan dapat berjalan sesuai dengan perancangan. Dapat dilihat pada gambar





Gambar 4. 33 Hasil Pembuatan Prototype pembangkit listrik turbin kaplan

Adapun hasil dari percobaan prototipe pembangkit listrik turbin kaplan yaitu:

Tabel 4. 1 Hasil Percobaan

No	Putaran poros
1.	180 Rpm
2.	245 Rpm
3.	342 Rpm
4.	390 Rpm
5.	390 Rpm
6.	390 Rpm
7.	390 Rpm
8.	393 Rpm
9.	392 Rpm
10.	390 Rpm
Hasil Rata-Rata	350,2 Rpm

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.

Dari pembuatan *prototype* pembangkit listrik turbin kaplan ini dapat disimpulkan bahwa :

1. *Prototype* pembangkit listrik turbin kaplan ini dibuat dengan tahap-tahap yang sesuai dengan perancangan sehingga lebih mudah dan efisien dalam penggunaannya.
2. *Prototype* pembangkit listrik turbin kaplan ini dibuat dengan jenis bahan yaitu: plat galpanis, resin, besi siku berdiameter 30×30 mm tebal 2 mm, besi hollow berdiameter 40×40 tebal 2 mm, akrilik, dan komponen lain yang mudah di dapat.

5.2 Saran.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa pembuatan *prototype* mesin pembangkit listrik turbin kaplan ini masih belum cukup sempurna, adapun saran untuk pembuatan pembangkit listrik turbin kaplan ini adalah:

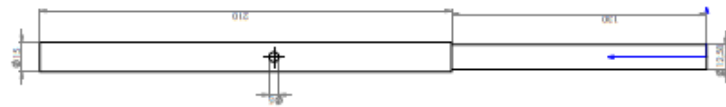
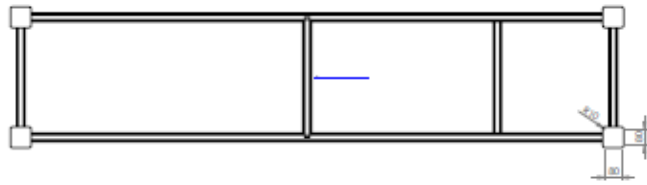
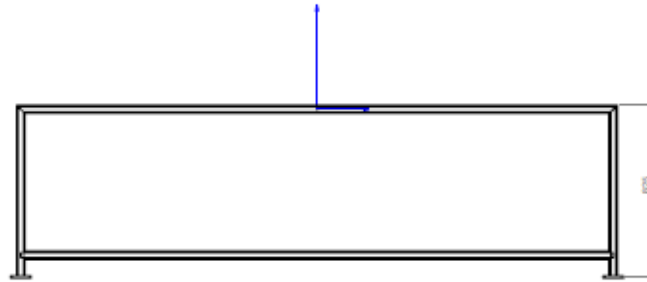
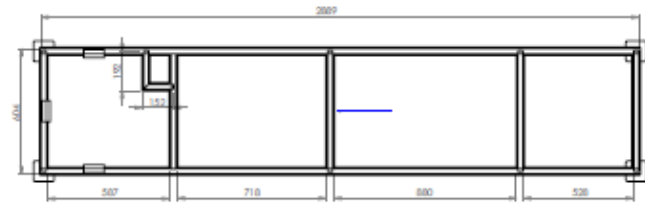
1. Pada riset berikutnya penulis menyarankan agar pembuatan *Prototype* pembangkit listrik turbin kaplan ini bisa lebih dikembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi yang semakin hari semakin maju.
2. Lebih teliti dalam merancang sudu-sudu turbin kaplan ini karna hasil putaran poros yang akan diperoleh nantinya sangat berpengaruh.
3. Lebih teliti dalam merancang rumah turbin kaplan ini karena hasil putaran poros yang akan diperoleh nantinya juga sangat berpengaruh.

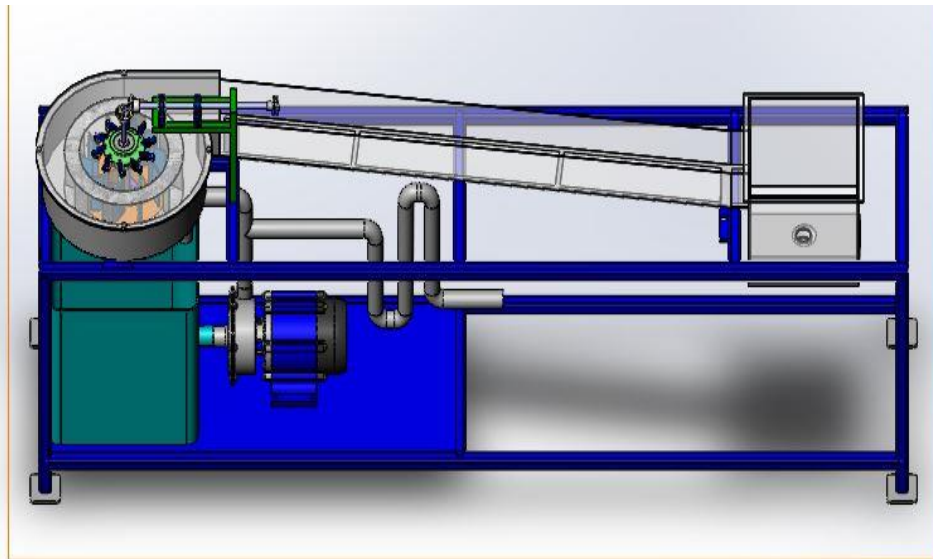
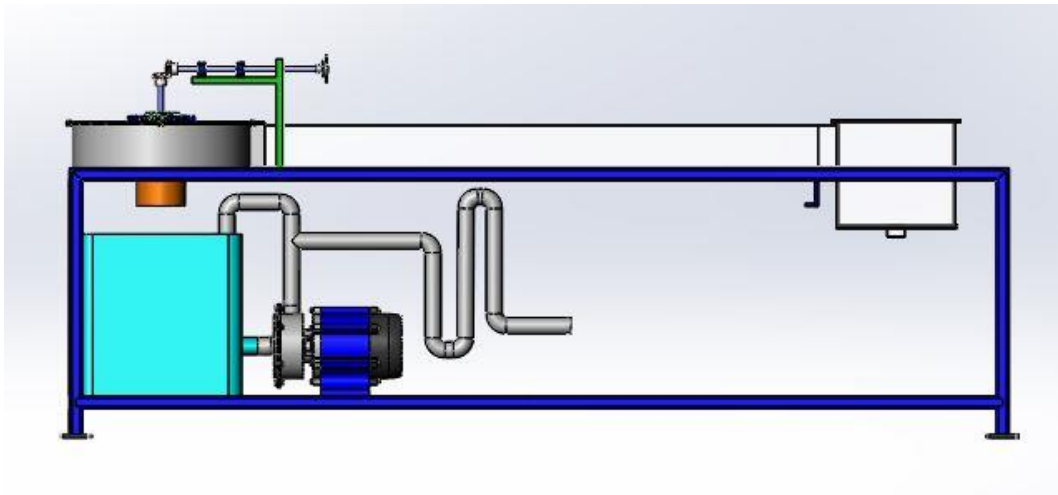
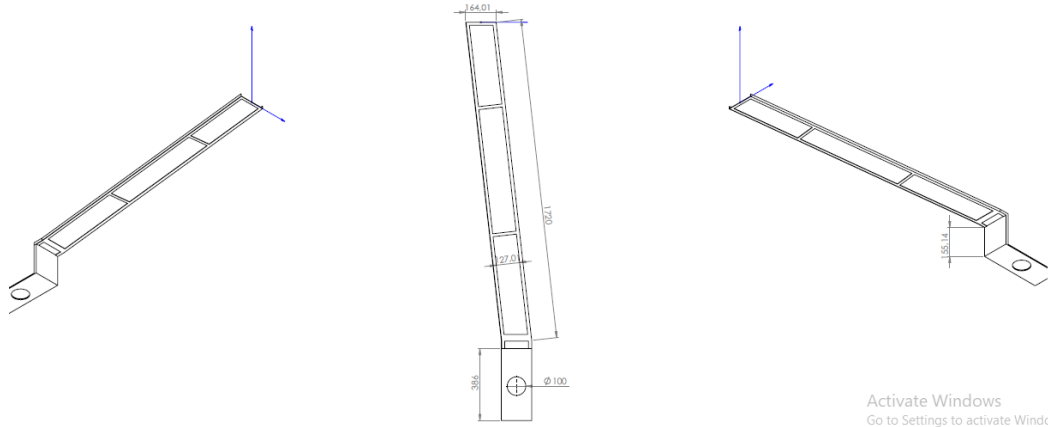
DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A. S., & Widiatmoko, R. Y. (2020). *Perancangan Mesin Gerinda Potong Multiguna pada Aplikasi Pemotongan Baja Profil Dengan Variasi Sudut Potong 15-90 Derajat*. 26–27.
- Ardianto, F. (2022). *Kajian Kapasitas Pengelasan Plat Baja Karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidworks)*. 2(April), 86–96.
- Bakhori, A. (2017). Perbaikan Metode Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil Di Kota Medan. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 14–21.
- Dewangga, Y. A., Kholis, N., Baskoro, F., & Haryudo, S. I. (2022). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Teknik Elektro*, 11(1), 79–84.
- Harold, D. (2014). *UJI EKSPERIMENTAL TURBIN KAPLAN DENGAN 5 RUNNER BLADE DAN ANALISA PERBANDINGAN VARIASI JARAK VERTIKAL RUNNER TERHADAP SUDUT GUIDE VANE 600*.
- Kurniawan, Y. H., Mujiburrahman, & Arifin, J. (2019). Efektifitas Sudu Sudu Pengarah Pada Perancangan Turbin Kaplan Tipe Open Flume Dengan Daya 100 W. *Concept and Communication*, 23, 301–316.
- Kusnadi, A. M., Pakki, G., & Gunarko, K. (2018). Rancang Bangun Dan Uji Performansi Turbin Air Jenis KAPLAN SKALA MIKROHIDRO. *Jurnal Teknik Mesin Universitas*, 7(2).
- Mini, M. (2016). Perencanaan mesin bor meja skala praktikum. *Staf Pengajar Pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Dan Kebumihan Universitas Sains Dan Teknologi Jayapura ABSTRAK*, 33–43.
- Pangestu, A. D., & Kn, N. (2021). Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Teknik Turbulent Whirlpool. *Ikraith-Teknologi*, 5(3), 58–65.
- Rahmatullah1*, Khairul Umurani2, M. A. S. (2021). Pengembangan Lintasan Pahat Pada Pengefraisan “Umsu” Menggunakan Cnc Tu-3a. *Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 4(March), 08–15. <https://doi.org/10.30596/rmme.v4i1.6690>

- Ratlalan, R. M. (2019). Variasi Kecepatan Putaran Dan Kedalaman Gaya Potong Mesin Bubut Gedee Weiler LZ 330 G Terhadap Permukaan Baja Karbon ST 37. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 113–120.
- Sitompul, A. W. (2012). *PEMBANGKIT LISTRIK TENAGAMIKROHIDRO MENGGUNAKAN TURBIN PELTON* (Issue May).
- Subekti, R. A., Susatyo, A., & Sudibyo, H. (2017). PERANCANGAN TURBIN KAPLAN. *Puslit Tenaga Listrik Dan Mekatronik –Lipi*, 21, 93–116.
- Susanto, A. (2013). *PERANCANGAN DAN PENGUJIAN TURBIN KAPLAN PADA KETINGGIAN (H) 4 M SUDUT SUDU PENGARAH 30° DENGAN VARIABEL PERUBAHAN DEBIT (Q) DAN SUDUT SUDU JALAN*.
- Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 103–111. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5272>
- Yanuar, H., Syarief, A., & Kusairi, A. (2014). Pengaruh Variasi Kecepatan Potong Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Dengan Berbagai Media Pendingin Pada Proses Frais Konvensional. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, 03(1), 27–33. <http://eprints.ulm.ac.id/314/1/27-33.pdf>
- Zhang, M., Chen, Q., Tinggi, P., Mesin, T., Sains, U., & Cina, P. R. (2021). Pengaruh interaksi blade internal pada massa tambahan dan menambahkan redaman prototipe kaplan turbin pelari. *Jurnal Teknik Alexandria*, 61(Juli), 2376–2385.

LAMPIRAN







**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar

Nama : Rendi Fauji

NPM : 1807230052

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Prototipe Pembangkit Listrik Turbin Kaplan

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT		:	
Pembanding – I : Rahmatullahi, ST, M.Sc M. Yani, ST MT		:	
H. Muharrij, ST. M. Sc		:	
Pembanding – II : Suherman ST, MT		:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1807230054	Muhammad Hareem	
2	1807230027	SAID RAISAL APRIZA	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 11 Rabi'ul Awal 1444 H
07 Oktober 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

Nama : Rendi Fauji
NPM : 1807230052
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Prototipe Pembangkit Listrik Turbin Kaplan

Dosen Pembanding – I : Rahmatullah, ST, M.Sc
Dosen Pembanding – II : Suherman, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

KEPUTUSAN

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

Wahat pada draft skripsi, bagian yg harus diperbaiki !!

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

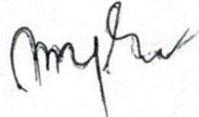
Medan, 11 Rabi'ul Awal 1444 H
07 Oktober 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



M. YANI, ST, MT

Rahmatullah, ST, M.Sc

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

Nama : Rendi Fauji
NPM : 1807230052
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Prototipe Pembangkit Listrik Turbin Kaplan

Dosen Pembanding – I : Rahmatullah, ST, M.Sc
Dosen Pembanding – II : Suherman, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

KEPUTUSAN

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

.....
tihar buku skripsi.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 11 Rabi'ul Awal 1444 H
07 Oktober 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



~~Suherman, ST, MT~~
Muharny M



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

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [f](#) umsumedan [ig](#) umsumedan [fb](#) umsumedan [yt](#) umsumedan

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1390/II.3AU/UMSU-07/F/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 26 September 2022 dengan ini Menetapkan :

Nama : RENDI FAUZI
Npm : 1807230052
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : VI11 (Delapan)
Judul Tugas Akhir : PEMBUATAN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TURBIN KAPLAN

Pembimbing 1 : KHAIRUL UMURANI ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

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

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 29 Shafar 1444 H

26 September 2022 M



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT

NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pembuatan Prototipe Pembangkit Listrik Turbin Kaplan

Nama : Rendi Fauji

NPM : 1807230052

Dosen Pembimbing : Khairul Umurani, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pembelian skripsi tugas sarjana	h
		- Perbaikan pendahuluan	h
		- Perbaiki tujuan	h
		- Perbaiki tinjauan pustaka	h
		- Lengkapi data-data	h
		- Perbaiki metode	h
		- Perbaiki diagram alir	h
		- Acc, seminar proposal	h
		- Perbaiki Analisis	h
		- Perbaiki kesimpulan	h
		- Acc, seminar hasil	h

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Rendi Fauji
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Bangun Rejo, 18 Oktober 2000
Alamat : Dusun v Bangun Rejo
E-mail : fauzirendi537@gmail.com
No.Hp : 081262386288

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD N 112292 Kuala Beringin	Tahun 2006-2012
2. MTS Islamiyah Londut	Tahun 2012-2015
3. SMK Swasta Pelita 1 Aek Kanopan	Tahun 2015-2018
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2018-2022