

**ANALISIS KINERJA PEMBANGKIT MIKROHYDRO TIPE TURBIN
CROSSFLOW PADA DESA KANAN DEDE SULAWESI SELATAN**



**GILBERT ARSENIO LYSANDER HAMDANI
D021 18 1347**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI

ANALISIS KINERJA PEMBANGKIT MIKROHYDRO TIPE TURBIN CROSSFLOW PADA DESA KANAN DEDE SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh:

**GILBERT ARSENIO LYSANDER HAMDANI
D021 18 1347**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**ANALISIS KINERJA PEMBANGKIT MIKROHYDRO TIPE TURBIN
CROSSFLOW PADA DESA KANAN DEDE SULAWESI SELATAN**

GILBERT ARSENIO L. HAMDANI
D021 18 1347

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Sarjana Teknik Mesin

pada

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS KINERJA PEMBANGKIT MIKROHYDRO TIPE TURBIN
CROSSFLOW PADA DESA KANAN DEDE SULAWESI SELATAN****GILBERT ARSENIO L. HAMDANI****D021 18 1347**

Skripsi,

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada tanggal (tgl/bln/thn)
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Sarjana
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Gowa

Mengesahkan,

Pembimbing Utama

**Ir. Andi Mangkau, MT.****NIP: 196112311990021003**

Pembimbing Pendamping

**Gerard Antonini Duma, ST., MT.****NIP: 199202262019031009**

Mengetahui,

Ketua Program Studi

**Dr. Ir. Muhammad Syahid, ST., MT****NIP: 197707072005111001**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Gilbert Arsenio L. Hamdani
NIM : D021 18 1347
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

ANALISIS KINERJA PEMBANGKIT MIKROHYDRO TIPE TURBIN
CROSSFLOW PADA DESA KANAN DEDE SULAWESI SELATAN

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerimasanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 03 Desember 2024

Yang Menyatakan



Gilbert Arsenio L. Hamdani

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang mengambil judul: “ANALISIS KINERJA PEMBANGKIT MIKROHYDRO TIPE TURBIN CROSSFLOW PADA DESA KANAN DEDE SULAWESI SELATAN”. Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Jurusan Mesin Prodi Teknik Mesin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Orang Tua, Keluarga dan kepada Saudara Penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moral, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Seluruh warga desa kanan dede yang telah menerima saya selama saya meneliti di sana.
3. Bapak Dr. Muhammad Syahid, S.T, MT. selaku Ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Ir. Andi Mangkau, MT. selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Gerard Antonini Duma, S.T., MT. selaku Dosen Pembimbing kedua, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun masukan selama penyusunan tugas akhir
6. Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT. dan Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT. selaku penguji.
7. Bapak dan Ibu Dosen dan serta staff Civitas Akademika Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu Penulis dalam mengurus dan memudahkan perjalanan berkas Penulis menuju Rektorat.
8. Kepada saudara seperjuangan KMKO TEKNIK 2018 dan LANTANG 09 (D.10) yang selalu ada dalam suka maupun duka.
9. Kepada saudara seperjuangan REACTOR'18 yang selalu ada dalam suka maupun duka.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Gowa, 03 Desember 2024

Gilbert Arsenio L. Hamdani

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efisiensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang dioperasikan dengan turbin tipe Crossflow di Desa Kanan Dede, Sulawesi Selatan. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro menawarkan cara yang menjanjikan untuk melayani kebutuhan energi di daerah terpencil yang saat ini kurang terlayani oleh jaringan listrik nasional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak perbedaan tingkat debit air terhadap daya turbin, efisiensi turbin, dan daya listrik yang dihasilkan oleh generator. Temuan penelitian menunjukkan bahwa fluktuasi debit air memberikan dampak besar terhadap daya dan efisiensi turbin, serta daya listrik yang dihasilkan. Turbin Crossflow mencapai efisiensi maksimumnya ketika penyesuaian pembukaan diatur pada 80%. Studi ini memberikan kontribusi berharga bagi kemajuan teknologi energi terbarukan dan menawarkan dokumentasi lebih lanjut untuk penerapan turbin Crossflow pada pembangkit listrik skala kecil.

Keyword: Pembangkit listrik tenaga mikrohidro, Turbin Crossflow, Efisiensi turbin, Debit air, Daya turbin, dan Daya listrik

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the efficiency of a micro-hydro power plant operated with a Crossflow turbine in Kanan Dede Village, South Sulawesi. Micro-hydro power plants offer a promising way to serve the energy needs of remote areas that are currently underserved by the national electricity grid. The purpose of this study was to determine the impact of different water discharge levels on turbine power, turbine efficiency, and the electrical power generated by the generator. The findings of the study indicate that fluctuations in water discharge have a significant impact on turbine power and efficiency, as well as the electrical power generated. The Crossflow turbine reaches its maximum efficiency when the opening adjustment is set at 80%. This study provides a valuable contribution to the advancement of renewable energy technology and offers further documentation for the application of Crossflow turbines in small-scale power plants.

Keywords: Microhydro power plant, Crossflow Turbine, Turbine efficiency, Water discharge, Turbine power, and Electrical power

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Turbin Air.....	3
1.6.1 Prinsip Kerja Turbin Air	4
1.6.2 Komponen Turbin Air	5
1.6.3 Klasifikasi Turbin Air.....	6
1.7 Turbin Crossflow	7
1.8 Prinsip Kerja Turbin Crossflow	8
1.9 Komponen Turbin Crossflow	9
1.10 Karakteristik Turbin Crossflow	9
1.11 Generator Listrik	10
1.11.1 Konstruksi Generator	11
1.11.2 Sistem penguatan generator	13
1.12 Persamaan yang digunakan	13
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	15
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
2.2 Alat yang Digunakan	15
2.3 Spesifikasi Turbin.....	20
2.4 Spesifikasi Generator	20
2.5 Tahap Penelitian	20

2.6 Prosedur Pengambilan Data	21
2.7 Rancangan Alat.....	21
2.7 Flow Chart Penelitian	24
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	25
3.1 Hasil	25
3.1.1 Contoh Perhitungan.....	25
3.1.2 Hubungan antara debit air dengan daya generator	27
3.1.3 Hubungan antara debit air dengan daya teoritis	28
3.1.4 Hubungan antara daya generator dengan efisiensi	29
3.1.5 Hubungan antara daya teoritis dengan efisiensi.....	30
3.1.6 Hubungan antara debit air efisiensi dengan efisiensi.....	31
3.2 Pembahasan	32
3.2.1 Hubungan antara debit air generator dengan daya generator	32
3.2.2 Hubungan antara debit air dengan daya teoritis	33
3.2.3 Hubungan antara daya generator dengan efisiensi	33
3.2.4 Hubungan antara daya teoritis dengan efisiensi.....	34
3.2.5 Hubungan antara debit air dengan efisiensi	34
3.2.6 Perbandingan hasil penelitian.....	35
BAB IV PENUTUP.....	36
4.1 Kesimpulan	36
4.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Turbin Air	4
Gambar 2 Prinsip Kerja Turbin Air	5
Gambar 3 Turbin Pelton	6
Gambar 4 Turbin crossflow	6
Gambar 5 Turbin Francis.....	7
Gambar 6 Turbin Kaplan	7
Gambar 7 Turbin Crossflow.....	8
Gambar 8 Prinsip Kerja Turbin Crossflow	8
Gambar 9 Salient Pole Rotor.....	11
Gambar 10 Non-Salient Pole Rotor	12
Gambar 11 Timer	15
Gambar 12 Meteran	15
Gambar 13 Tang Amper.....	16
Gambar 14 DLC (Digital Load Controller).....	16
Gambar 15 Pipa PVC.....	17
Gambar 16 Rumah Turbin.....	17
Gambar 17 Pelampung	18
Gambar 18 Guide vane	18
Gambar 19 Runner.....	19
Gambar 20 Generator	19
Gambar 21 Instalasi Keseluruhan	21
Gambar 22 Tampak Atas Bk Penampungan	22
Gambar 23 Instalasi Alat	22
Gambar 24 Proyeksi Alat.....	23
Gambar 25 Flowchart Penelitian	24
Gambar 26 Grafik hubungan daya generator dengan debit air	28
Gambar 27 Grafik hubungan daya teoritis dengan debit air	29
Gambar 28 Grafik hubungan efisiensi dengan daya generator	30
Gambar 29 Grafik hubungan efisiensi dengan daya teoritis	31
Gambar 30 Grafik hubungan efisiensi dengan debit air	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Spesifikasi Turbin	20
Tabel 2 Spesifikasi Generator	20
Tabel 3 Hubungan antara daya generator dengan debit air	27
Tabel 4 Hubungan daya teoritis dengan debit air	28
Tabel 5 Hubungan efisiensi dengan daya generator	29
Tabel 6 Hubungan efisiensi dengan daya teoritis	30
Tabel 7 Hubungan efisiensi dengan debit air	31

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

No	Simbol	Keterangan	Satuan
1	Q	Debit air	m ³ /s
2	V	Volume air	m ³
3	t	Waktu	s
4	v	Kecepatan aliran air	m/s
5	A	Luas penampang	m ²
6	P _{teoritis}	Daya teoritis	KW
7	ρ	Massa jenis air	kg/m ³
8	H	Tinggi jatuh air	m
9	V	Tegangan generator	V
10	I	Arus generator	A
11	P _{generator}	Daya generator	KW
12	m	Massa	kg
13	g	Percepatan gravitasi	m/s
14	P _{turbin}	Daya turbin	KW
15	s	Jarak tempuh	m
16	η	Efisiensi	%

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Hasil Pengamatan Pengujian Turbin Crossflow.....	40
Lampiran 2 Tabel Hasil Perhitungan Pengujian Turbin Crossflow.....	40
Lampiran 3 Tabel Densitas Air Berdasarkan Temperatur.....	41
Lampiran 4 Dokumentasi.....	42

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi meningkat disegala bidang dengan begitu cepat. Kemajuan ini membawa konsekuensi pada peningkatan kebutuhan akan daya listrik. Krisis energi adalah masalah yang sangat mendasar di Indonesia, salah satunya adalah krisis energi listrik. Hal ini terjadi akibat dari kurangnya pemanfaatan sumber daya penghasil energi listrik itu sendiri (Fe'i, K, & Irzal, 2016). Kebutuhan energi di Indonesia saat ini masih didominasi oleh energi yang berbasis bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara.

Kurang meratanya penyaluran energi listrik ke pelosok-pelosok daerah di Indonesia menjadi masalah hingga saat ini. Menurut Neraca Energi Indonesia dalam kurun waktu dua tahun yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (Statistik, 2021), konsumsi energi listrik Indonesia pada tahun 2021 mencapai 257 634,26 GWh meningkat 3,25% dari tahun 2020 dengan penggunaan energi listrik sebesar 241 405,61.

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang banyak dibutuhkan, ini dimungkinkan karena energi listrik mudah dalam penyaluran dan dapat dengan mudah dirubah ke bentuk energi lain (Hatib & Larasakti, 2013). Geografis di Indonesia memiliki potensi yang besar dalam pengembangan teknologi pembangkit tenaga listrik berskala kecil, dikarenakan geografis Indonesia memiliki banyak sungai-sungai kecil dan saluran-saluran irigasi. Potensi air sebagai sumber energi terutama digunakan sebagai sumber tenaga melalui pembangkit listrik tenaga air dan pembangkit listrik tenaga *Micro Hydro*. Dalam Jurnal Energi yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2016, Indonesia memiliki potensi mengembangkan energi baru terbarukan yaitu energi bayu (angin) sebesar 950 MegaWatt, tenaga surya sebesar 11 GigaWatt, tenaga air sebesar 75 GigaWatt, energi biomassa 32 MW, biofuel sebesar 32 MW, potensi energi laut sebesar 60 GigaWatt, dan panas bumi (Geothermal) sebesar 29 GigaWatt.

Pembangkit Listrik *microHydro* merupakan pembangkit listrik suatu pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan aliran air sungai sebagai tenaga (resources) untuk menggerakkan turbin, mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanis, memutar turbin dan generator untuk menghasilkan daya listrik skala kecil, yaitu maksimum sebesar 100 kW (Khomsah & Zuliari, 2015). Pada prinsipnya, PLTMH memanfaatkan beda tinggi head dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran atau sungai. Air yang mengalir melalui intake diteruskan oleh saluran pembawa hingga penstock, yang kemudian akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik (Kusuma, Prasetyo, Jabar, & Golwa, 2020). Pemanfaatan pembangkit Listrik Tenaga *Micro*

Hydro (PLTMH) merupakan salah satu solusi yang digunakan untuk mengatasi masalah krisis energi yang ada di Indonesia.

Turbin air adalah mesin konversi energy yang berfungsi untuk merubah/mengkonversi energi potensial yang dimiliki oleh air ke bentuk energi mekanik pada poros turbin. Sebelum diubah menjadi energi mekanik pada turbin maka energi potensial diubah menjadi energi kinetik terlebih dahulu. Pada penelitian ini digunakan turbin *crossflow* yang 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 mendorong sudu tingkat kedua (Hatib & Larasakti, 2013). Keunggulan dari turbin ini dapat beroperasi pada head dan debit air yang sedang, serta ketersediannya bahan baku untuk pembuatan dari turbin ini mudah di dapatkan.

Debit air dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang memutar turbin rendah. Kecepatan aliran air dapat menurun karena putaran turbin juga menurun akibat gesekan yang ditimbulkan oleh massa pembebanan dan untuk menghasilkan energi listrik yang stabil maka perlu dilakukan suatu penelitian dengan memvariasikan massa pembebanan dengan mengatur sudu pengarah pada setiap pembukaan katup sehingga dapat mengetahui karakteristik dari turbin air (Hatib & Larasakti, 2013).

Penelitian sebelumnya mengenai studi pengaruh bukaan guide vane terhadap kinerja turbin picohydro tipe crossflow. Dari hasil penelitian ini di dapatkan Efisiensi tertinggi turbin Cross-flow diperoleh dengan bukaan guide vane 80% yaitu sebesar 40%, sedangkan untuk bukaan 60% efisiensi turbin sebesar 39%, untuk bukaan 40% efisiensi turbin sebesar 37% dan bukaan 20% efisiensi turbin sebesar 35%. Semakin kecil maka efisiensi turbin semakin menurun (Mafruddin & Marsuki, 2017). Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka penulis melakukan penelitian studi eksperimen **“Analisis Kinerja Pembangkit Mikrohydro Tipe Turbin Crossflow Pada Desa Kanan Dede Sulawesi Selatan”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, ada beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan antara lain:

1. Bagaimana pengaruh variasi debit terhadap daya teoritis turbin crossflow
2. Bagaimana pengaruh variasi debit terhadap efisiensi sistem turbin crossflow.
3. Bagaimana pengaruh variasi debit terhadap daya listrik yang dihasilkan generator.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, ada beberapa tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis pengaruh variasi debit terhadap daya teoritis turbin crossflow
2. Menganalisis pengaruh variasi debit terhadap efisiensi sistem turbin crossflow.
3. Menganalisis pengaruh variasi debit terhadap daya listrik yang dihasilkan generator.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Variasi bukaan pada penelitian ini yaitu bukaan 30%, 40%, 60%, 75%, dan 100%
2. Menggunakan 28 jumlah sudu pada turbin air
3. Jenis turbin yang di gunakan berjenis crossflow
4. Tidak memperhitungkan kerugian di pipa dan turbin

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Sebagai salah satu referensi tambahan riset konversi energi dengan memanfaatkan potensi energi air sebagai sumber energi terbarukan.
2. Sebagai sumbangan pengetahuan dan inovasi dalam pengembangan teknologi pico-hidro, terutama dalam hal penggunaan turbin crossflow.
3. Sebagai peluang untuk melibatkan masyarakat Desa Kanan Dede dalam pengembangan dan operasional pembangkit Mikro Hydro.

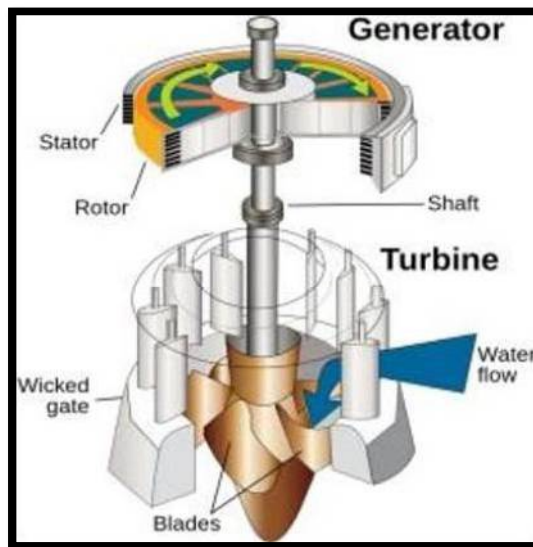
1.6 Turbin Air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi air menjadi energi putar. Energi putar ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Prinsip kerja turbin air adalah mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh nozzle. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik (Saleh, Apriani, Ardianto, & Purwanto, 2019).

Bagian turbin yang bergerak dinamakan rotor atau sudu turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Secara umum, turbin adalah alat mekanika yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap ataupun stationary blade, tidak ikut berputar bersama poros, dan berfungsi mengarahkan aliran fluida. Sedangkan sudu putar atau rotary blade, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga timbul gaya yang memutar poros. Air biasanya dianggap sebagai fluida yang tidak kompresibel, yaitu fluida yang secara virtual massa jenisnya tidak berubah dengan tekana (Prasetyo, 2018).

Perkembangan waterwheel, pertama kali digunakan oleh orang-orang Yunani dan dipergunakan luas pada abad pertengahan di Eropa. Selanjutnya berangsur-angsur muncul berbagai jenis turbin air seperti turbin pelton yang ditemukan oleh Lester A. Pelton pada abad kesembilan belas dan turbin Kaplan yang ditemukan oleh Viktor Kaplan pada abad kedua puluh (Sahbana & Anam, 2018).

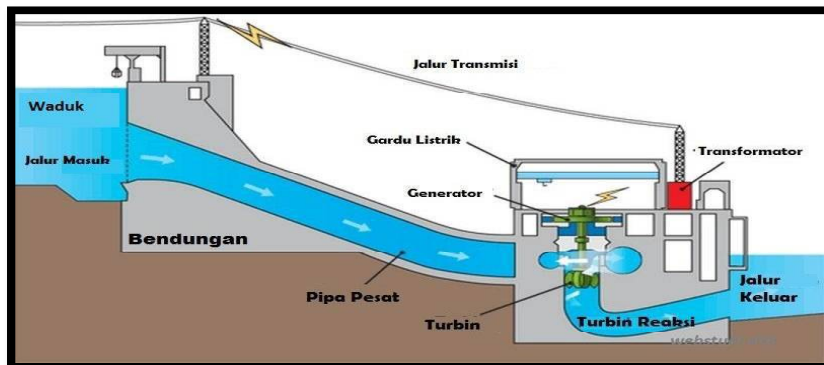
Tenaga air (Hydropower) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai. Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air (John, 2021).



Gambar 1 Turbin Air
(John, 2021)

1.6.1 Prinsip Kerja Turbin Air

Pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut (Sahbana & Anam, 2018).



Gambar 2 Prinsip Kerja Turbin Air
(Ajim, 2020)

1.6.2 Komponen Turbin Air

Komponen turbin air terdiri dari bagian rotor dan stator. Rotor adalah bagian pada sistem turbin air yang berputar dan stator adalah bagian pada sistem turbin air yang tidak bergerak atau statis.

1. Stator

Stator turbin terdiri dari dua bagian, yaitu casing dan sudu diam / tetap (fixed blade).

a. Casing

Casing atau shell adalah suatu wadah berbentuk menyerupai sebuah tabung dimana rotor ditempatkan. Di luar casing dipasang bantalan yang berfungsi untuk menyangga rotor.

b. Sudu tetap

Sudu merupakan bagian dari turbin dimana konversi energi terjadi. Sudu terdiri dari bagian akar sudu, badan sudu dan ujung sudu. Sudu kemudian dirangkai sehingga membentuk satu lingkaran penuh.

2. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar terdiri dari poros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor.

a. Poros

Poros dapat berupa silinder panjang yang solid (pejal) atau berongga (hollow). Pada umumnya sekarang poros terdiri dari silinder panjang yang solid.

b. Sudu gerak

Sudu gerak adalah sudu-sudu yang dipasang disekeliling rotor membentuk suatu piringan.

c. Bantalan

Bantalan berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil/lurus pada posisinya didalam casing dan rotor dapat berputar

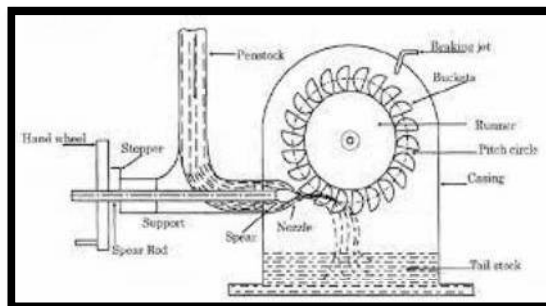
dengan aman dan bebas. Adanya bantalan yang menyangga turbin selain bermanfaat untuk menjaga rotor turbin tetap pada posisinya juga menimbulkan kerugian mekanik karena gesekan (Prasetyo, 2018).

1.6.3 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara namun paling umum adalah berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya. Berdasarkan klasifikasi ini turbin air dapat dibedakan menjadi 2 golongan yaitu:

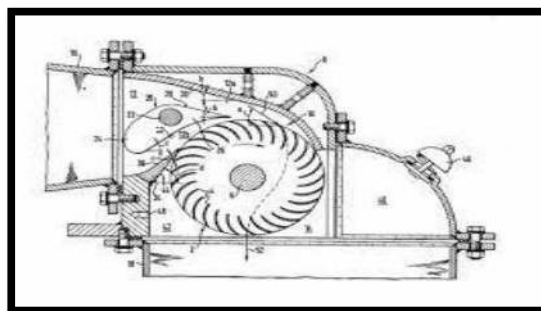
1. Turbin Impuls

Pada turbin impuls seluruh energi potensi air diubah menjadi energi kinetik pada nozzle, sehingga diperoleh kecepatan air yang tinggi yang diarahkan untuk menumbuk sudu gerak (bucket) yang dipasang pada roda turbin. Tekanan pada sisi masuk dan keluar dari sudut gerak selama beroperasi adalah konstan dan umumnya sama dengan tekanan atmosfer oleh karena bentuk sudu gerak yang sedemikian rupa maka akan terjadi perubahan momentum dari aliran fluida yang menyebabkan sudu gerak menerima gaya dorong sebagai hasil konversi dari perubahan momentum fluida. Akibatnya roda jalan berputar dan selanjutnya memutar poros turbin. Contoh dari turbin impuls adalah turbin Pelton dan turbin crossflow.



Gambar 3 Turbin Pelton

(Sumber: <https://digilib.polban.ac.id/download.php?id=36758>)

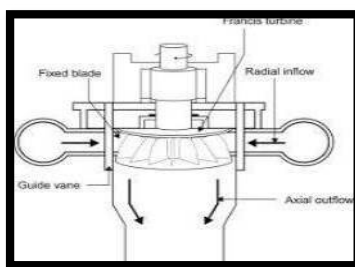


Gambar 4 Turbin crossflow

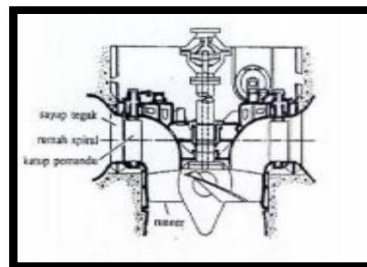
(Aliman, Putri, & Sutikno, 2017)

2. Turbin Reaksi

Pada turbin reaksi energi yang masuk hanya sebagian diubah menjadi energi kinetik, sedangkan dalam bentuk energi tekan. Jadi turbin reaksi juga memanfaatkan tekanan disamping energi kinetik. Terdapat perbedaan tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar roda jalan turbin dimana tekanan pada sisi masuk lebih besar dibandingkan pada tekanan sisi keluar. Tekanan ini dimanfaatkan pada runner (roda jalan) dengan mengubah tekanan menjadi kecepatan sehingga kecepatan relatif air keluar dari runner menjadi lebih besar dibanding kecepatan air masuk ke runner. Contoh dari turbin reaksi adalah turbin Francis dan turbin Kaplan (Haloho, 2002).



Gambar 5 Turbin Francis



Gambar 6 Turbin Kaplan

(Insani, Maulana, & Irawan, 2021) (Lukas, Rohi, & Tumbelaka, 2017)

1.7 Turbin Crossflow

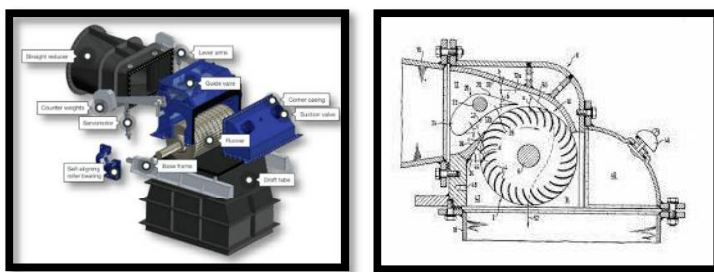
Turbin crossflow merupakan turbin air pembangkit tenaga listrik dengan poros horizontal dilengkapi dengan sudu-sudu yang dilengkungkan dan ditempatkan pada piringan sudu sehingga membentuk silinder sudu dan ditempatkan pada lorong silinder sudu yang tertutup, kecuali pada ujung udik yang terhubung pada pipa pesat ujung hilir. Sudu-sudu diputar oleh aliran air yang memancar ke luar dari pipa pesat yang berfungsi untuk memutar dinamo pembangkit tenaga listrik (Marwansyah & Samkakai, 2020).

Turbin crossflow menggunakan nosel persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanik. Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin (Saleh, Apriani, Ardianto, & Purwanto, 2019).

Telah dilakukan pengujian turbin crossflow oleh ossberger yang merupakan pabrik turbin di Jerman yang menjelaskan bahwa daya efisiensi pada turbin crossflow lebih tinggi 82% dibandingkan dengan daya yang dihasilkan dengan turbin jenis lain meskipun jenis terbaik. Penyebab efisiensi turbin crossflow sangat tinggi dikarenakan terjadinya dua kali pemanfaatan energi air. Pertama terjadi pada sudu-sudu saat air mulai masuk sehingga energy air akan

muncul Ketika saling berumbukan di putaran sudu sudu tersebut. Faktor kedua munculnya gaya dorong air yang terjadi di sudu-sudu ketika air meninggalkan roda gerak. Sistem yang sederhana dan bertingkatnya kerja air inilah yang menyebabkan turbin crossflow dapat menghasilkan daya yang tinggi namun tetap mudah dan efisien (Basya, Santoso, & Ekayuliana, 2022).

Pemakaian jenis turbin crossflow lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin *pyco hydro* lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50% dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran turbin cross flow lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air (Bachtiar, Jauhari, & Sawir, 2014).

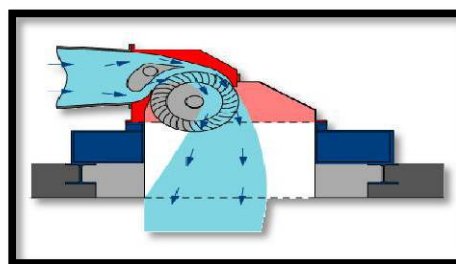


Gambar 7 Turbin Crossflow

(Sumber: <https://www.pngwing.com/id/free-png-yemqk>)

1.8 Prinsip Kerja Turbin Crossflow

Pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut (Mafrudin & Irawan, 2012).



Gambar 8 Prinsip Kerja Turbin Crossflow

(Kosjoko , 2015)

1.9 Komponen Turbin Crossflow

Komponen-komponen dari turbin air antara lain:

1. Daun sudu - sudu turbin
Berupa plat-plat baja berbentuk lengkung yang bagian ujung-ujungnya dirangkai pada piring bulat perletakan sudu-sudu dengan pengelasan sehingga membentuk silinder sudu.
2. Piring sudu - sudu turbin
Berupa piringan baja pipih berbentuk bulat yang diberi celah alur untuk penempatan daun sudu-sudu dan lubang bulat di bagian tengah untuk penempatan pipa sebagai poros silinder sudu; piring sudu-sudu ditempatkan.
3. Rumah turbin.
Rumah turbin merupakan bagian turbin yang berfungsi sebagai tempat memasang bagian-bagian turbin lainnya seperti runner, adapter, dan sebagainya.
4. Baering
Bearing adalah bagian dari mesin, yang terbuat dari logam, yang berfungsi untuk memperkecil gesekan pada perputaran antara poros dengan rumah atau sebaliknya. Dan juga berfungsi menumpu poros yang berbeban, sehingga putaran yang terjadi dapat berlangsung secara halus aman dan tahan lama dalam penggunaannya.
5. Nossel
Nossel merupakan suatu komponen yang berfungsi mengatur jumlah air yang akan dialirkan ke dalam turbin. Nossel dapat diatur dengan membuka atau menutup saluran katup. Dalam pengoperasian turbin cross flow ini, sebuah nossel empat persegi mengarahkan pancaran air ke sepanjang runner. Pancaran air tersebut mendorong sudu dan memindahkan sebagian besar energy kinetiknya ke turbin. Pancaran air tersebut melewati runner dan kembali mendorong sudu yang lain sebelum keluar dari runner.
6. Poros
Poros merupakan suatu bagian yang terpenting dari sebuah turbin karena memiliki peranan penting dalam transmisi, yang meneruskan daya ke bagian - bagian yang lain. Untuk meneruskan daya poros diklasifikasikan menurut fungsinya yaitu poros transmisi, poros spindle, dan gandar. Sesuai dengan fungsi dan kegunaannya, maka dalam perancangan ini poros yang digunakan adalah jenis poros transmisi karena daya yang ditransmisikan kepada poros melalui puli dan sabuk (Marwansyah & Samkakai, 2020).

1.10 Karakteristik Turbin Crossflow

Dalam karakteristik turbin ulir dinyatakan secara umum beberapa konstanta sebagai berikut:

1. Rasio kecepatan

Perbandingan antara kecepatan keliling linier turbin pada ujung diameter nominalnya dibagi dengan kecepatan teoritis air melalui curat dengan tinggi terjun sama dengan tinggi terjun (H) yang bekerja pada turbin.

$$r_{nc} = \frac{n_g}{n_t} \quad (1)$$

2. Kecepatan spesifik

Kecepatan turbin model (turbin dengan bentuk sama tetapi skalanya berlainan). Kecepatan spesifik dipakai sebagai tanda batasan untuk membedakan tipe roda turbin dan dipakai sebagai suatu besaran yang penting dalam merencanakan turbin air.

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}} \quad (2)$$

3. Tinggi jatuh air (*head*)

Head adalah ketinggian vertical dimana air jatuh. Besarnya head dinyatakan dengan satuan meter (m).

4. Debit

Laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu, dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³ /dt).

$$Q = v \cdot A \quad (3)$$

5. Kecepatan satuan (Nu)

Kecepatan satuan (Nu) adalah kecepatan putar turbin yang mempunyai diameter (D) satu satuan panjang dan bekerja pada tinggi terjun (H) satu satuan Panjang (Saleh, Apriani, Ardianto, & Purwanto, 2019).

$$N_n = \frac{N \cdot D}{\sqrt{H}} \quad (4)$$

1.11 Generator Listrik

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik. Generator berhubungan erat dengan hukum faraday. Berikut hasil dari hukum faraday “bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik”.

Dalam kelistrikan, ada dua besaran fisika yang menjadi besaran dasar yaitu muatan listrik (selanjutnya disebut dengan singkat muatan) dan energi listrik (selanjutnya disebut dengan singkat energi). Muatan dan energi, merupakan konsep dasar fisika yang menjadi fondasi ilmiah dalam teknologi elektro. Namun dalam praktik, kita tidak mengolah langsung besaran dasar ini, karena kedua

besaran ini tidak mudah untuk diukur. Besaran yang sering kita olah adalah yang mudah diukur yaitu arus, tegangan, dan daya.

Arus listrik dinyatakan dengan simbol i ; ia merupakan ukuran dari aliran muatan. Ia merupakan laju perubahan jumlah muatan yang melewati titik tertentu. Dalam sistem satuan SI, arus mempunyai satuan ampere, dengan singkatan A Tegangan.

Tegangan dinyatakan dengan simbol v ; ia terkait dengan perubahan energi yang dialami oleh muatan pada waktu ia berpindah dari satu titik ke titik yang lain di dalam rangkaian Satuan tegangan adalah volt, dengan singkatan V. Oleh karena satuan energi adalah joule dengan singkatan J, maka $1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coulomb} = 1 \text{ J/C}$.

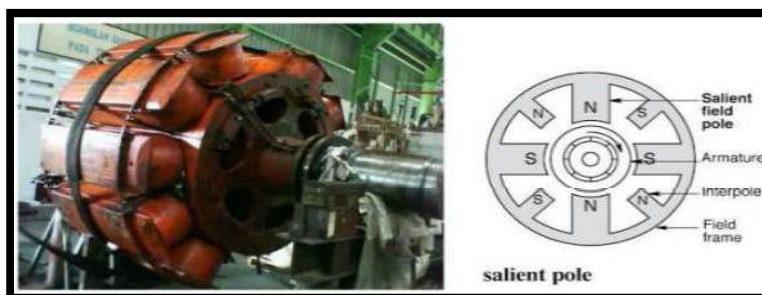
Daya dinyatakan dengan simbol p , didefinisikan sebagai laju perubahan energi Satuan daya adalah watt, dengan singkatan W.

1.11.1 Konstruksi Generator

Secara umum konstruksi generator sinkron terdiri dari stator yang merupakan bagian yang diam dan rotor adalah bagian yang bergerak. Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk simetris dan silindris. Selain itu generator sinkron memiliki celah udara ruang antara stator dan rotor yang berfungsi sebagai tempat terjadinya fluksi atau induksi energi listrik dari rotor ke stator. Generator sinkron memiliki 2 tipe rotor yaitu:

1. Salient Pole Rotor

Salient Pole Rotor. Pada Salient Pole Rotor mempunyai kutub yang jumlahnya banyak. Pada Kumparannya dibelitkan pada tangkai kutub, dimana kutub-kutub diberi laminasi untuk mengurangi panas yang ditimbulkan oleh arus Eddy. Pada belitan-belitan medannya dihubung seri, sehingga ketika belitan medan ini disuplai oleh eksiter, maka kutub yang berdekatan akan membentuk kutub yang berlawanan. Salient Pole Rotor umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putaran rendah dan sedang sehingga salient pole akan mengalami rugi-rugi yang besar dan mengeluarkan suara bising jika diputar dengan kecepatan tinggi.



Gambar 9 Salient Pole Rotor
(John, 2021)

Pada rotor salient pole terdiri dari sejumlah besar kutub yang diproyeksikan yang dipasang pada roda magnetik. Pemasangan rotor salient pole ditunjukkan pada gambar kanan. Kutub yang diproyeksikan terdiri dari lapisan baja. Lilitan rotor disediakan pada kutub-kutub ini dan didukung oleh sepatu kutub. rotor salient pole memiliki panjang aksial berdiameter besar. Secara umumnya digunakan pada mesin listrik dengan kecepatan rendah, misalnya 100 rpm sampai 1500 rpm. Karena kecepatan rotor lebih rendah, lebih banyak jumlah kutub diperlukan untuk mencapai frekuensi yang dibutuhkan. ($N_s = 120f / P$ di sana, $f = N_s * p / 120$) yaitu frekuensi sebanding dengan jumlah kutub). Biasanya jumlah kutub antara 4 sampai 60. Distribusi fluks relatif buruk daripada non salient pole sehingga bentuk gelombang emf yang dihasilkan tidak sebagus rotor non salient pole. Rotor salient pole umumnya membutuhkan lilitan peredam untuk mencegah osilasi rotor selama beroperasi. Generator sinkron salient pole banyak digunakan di pembangkit listrik tenaga air.

2. Non-Salient Pole Rotor

Non-Salient Pole Rotor. Dibuat dari plat baja berbentuk silinder yang mempunyai sejumlah slot sebagai tempat kumparan. Karena adanya slot-slot dan juga kumparan medan pada rotor maka mengakibatkan jumlah kutub pun sedikit terbentuk. Konstruksi ini memberikan keseimbangan mekanis yang lebih baik karena rugi-rugi anginnya lebih kecil dibandingkan Salient Pole Rotor. Non-Salient Pole Rotor umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putaran tinggi (1500 atau 3000 rpm) karena distribusi disekeliling rotor mendekati bentuk gelombang sinus sehingga lebih baik dari kutub menonjol dan juga konstruksinya memiliki kekuatan mekanik pada kecepatan putar tinggi.



Gambar 10 Non-Salient Pole Rotor
(John, 2021)

Rotor non salient pole berbentuk silindris yang memiliki slot paralel di atasnya untuk menempatkan belitan rotor. Ini terbuat dari baja padat. Pembangunan rotor non salient pole (rotor silinder) ditunjukkan pada gambar diatas. Dahulu mereka juga disebut sebagai rotor drum. Diameternya lebih kecil tapi memiliki panjang aksial yang lebih panjang. Rotor silinder digunakan pada mesin listrik berkecepatan tinggi, biasanya 1500 Rpm sampai 3000 rpm. (John, 2021).

1.11.2 Sistem penguatan generator

Penguatan pada generator berfungsi sebagai pengatur generator dalam pembangkitan tegangan listrik dan output tegangan generator itu sendiri. Gaya gerak listrik (ggl) yang ditimbulkan generator disebabkan perpotongan medan magnet atau fluksi dengan konduktor. Medan magnetnya dapat berupa magnet buatan atau magnet permanen. Penguatan untuk generator adalah berupa arus dc, arus dc tersebut dapat diperoleh dari sumber arus searah atau dari arus ac yang di suplai (Armansyah & Sudaryanto, 2016).

1.12 Persamaan yang digunakan

1. Debit air (Q)

Debit Air (Q) Debit dapat diartikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik (m^3/s). Perhitungan debit air dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = A \cdot v \quad (5)$$

Keterangan:

Q = debit air (m^3/s)

A = luas penampang (m^2)

v = kecepatan aliran air (m/s)

2. Luas penampang (A)

Luas penampang pipa adalah ukuran luas permukaan bagian dalam atau luar pipa yang tegak lurus terhadap arah aliran fluida di dalamnya.

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (6)$$

Keterangan:

A = luas penampang (m^2)

π = konstanta Pi (3.14)

D = diameter (m)

3. Kecepatan aliran

Kecepatan aliran adalah jarak yang ditempuh aliran air pada saluran dalam satuan waktu. Perhitungan kecepatan aliran dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$v = \frac{s}{t} \quad (7)$$

Keterangan:

v = kecepatan aliran air (m/s)

s = jarak tempuh (m)

t = waktu (s)

4. Daya generator

Daya generator atau output listrik merupakan daya keluaran dari generator yang didapatkan menggunakan persamaan berikut.

$$P_{\text{generator}} = V \cdot I \quad (8)$$

Keterangan:

P_G = Daya Generator (KW)

V = Tegangan Generator (volt)

I = Arus Generator (amper)

5. Daya Teoritis

Daya teoritis (P_{teoritis}) adalah besaran yang menunjukkan potensi maksimum energi yang dapat diubah menjadi kerja oleh suatu sistem,. Maka daya teoritis dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$P_{\text{teoritis}} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (9)$$

Keterangan:

P_t = Daya teoritis (KW)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

Q = Debit air (m^3)

g = gravitasi (m/s^2)

H = head (m)

6. Efisiensi Sistem

Efisiensi yang dihasilkan oleh turbin dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta_s = \frac{P_{\text{generator}}}{P_{\text{teoritis}} \cdot \eta_{\text{generator}}} \times 100\% \quad (10)$$

Keterangan:

η_t = Efisiensi Sistem (%)

P_G = Daya generator (KW)

P_t = Daya teoritis (KW)

η_g = Efisiensi generator (%)

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian direncanakan selama 12 bulan dimulai dari bulan agustus 2023 sampai dengan agustus 2024 bertempat di Desa Kanan Dede, Dusun Salukanan, kecamatan Rongkong, Kab. Luwu Utara, Sulawesi Selatan.

2.2 Alat yang Digunakan

Adapun peralatan yang digunakan pada saat penelitian yaitu:

1. Timer, digunakan untuk menghitung waktu.



Gambar 11 Timer

2. Meteran, berfungsi untuk mengukur suatu benda agar mendapatkan informasi tentang panjang, tinggi, dan lebar.



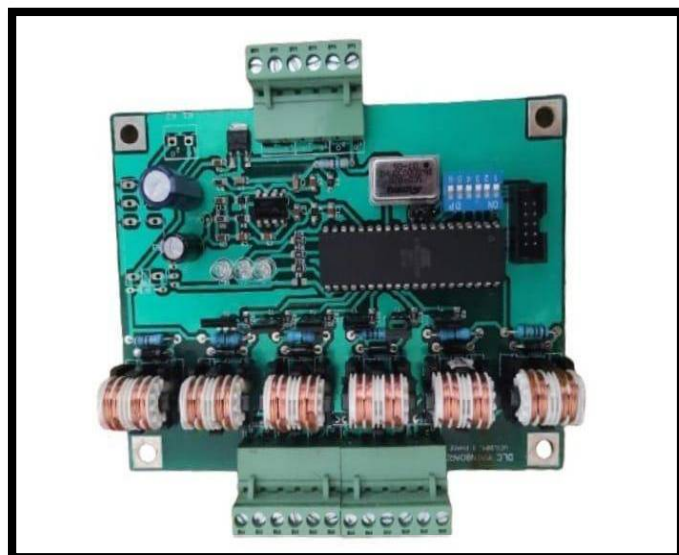
Gambar 12 Meteran

3. Tang Amper, digunakan mengukur arus dan tegangan listrik.



Gambar 13 Tang Amper

4. DLC (*Digital Load Controller*) adalah sistem kontrol elektronik yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran turbin.



Gambar 14 DLC (Digital Load Controller)

5. Pipa PVC, sebagai penyalur air ke turbin yang berukuran 12 inchi



Gambar 15 Pipa PVC

6. Rumah Turbin, sebagai tempat memasang bagian-bagian turbin lainnya seperti runner, adapter, dan sebagainya.



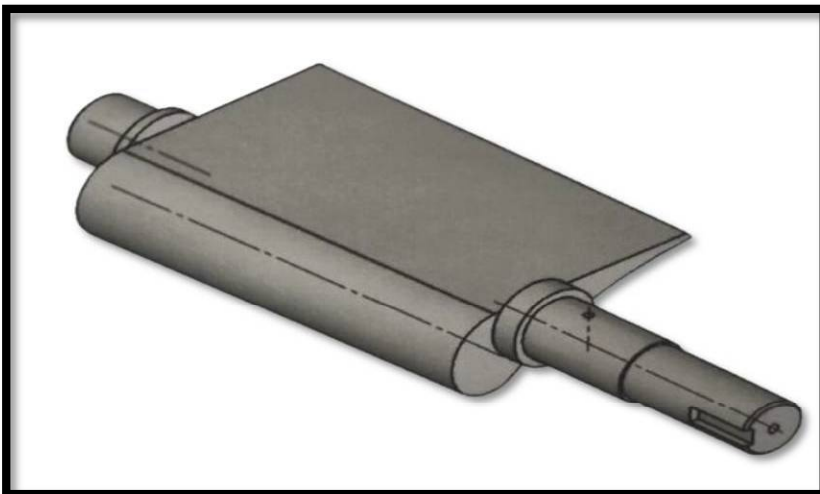
Gambar 16 Rumah Turbin

7. Pelampung, sebagai alat bantu perhitungan kecepatan aliran air.



Gambar 17 Pelampung

8. Guide vane, mengarahkan dan mengatur jumlah air yang mengalir ke dalam turbin untuk memutar runner.



Gambar 18 Guide vane

9. Runner, sebagai pusat penghantar air yang akan menghasilkan sebuah torsi pada poros turbin.



Gambar 19 Runner

10. Generator, sebagai alat yang mengubah energi mekanik dari putaran turbin menjadi energi listrik.



Gambar 20 Generator

2.3 Spesifikasi Turbin

Adapun spesifikasi dari turbin crossflow:

Jenis Transmisi	fully type c 3 jalur
Diameter runner	130 mm
Lebar runner	200 mm
Jarak antar sudu	10 mm
Head	11 m
Diameter pipa	12 inci
Jumlah sudu	28

Tabel 1 Spesifikasi Turbin

2.4 Spesifikasi Generator

Adapun spesifikasi generator yang digunakan:

Jenis generator	Sandport tipe YHD-1640
Prime power	16 KVA
Standby power	17,6 KVA
Efisiensi	0,8
Volts	380 Volt
Frekuensi	50 HZ
RPM	1500
Jumlah phase	3

Tabel 2 Spesifikasi Generator

2.5 Tahap Penelitian

Adapun tahap penelitian yang dilakukan penulis dalam rangka mengumpulkan data hingga menyelesaikan penelitian ini antara lain:

1. Meninjau lokasi Penelitian.
2. Membuat alat eksperimen sebagai objek penelitian yang akan dilakukan.
3. Pengambilan data yang dilakukan secara observasi langsung di lapangan.
4. Mengolah data dan membahas hasil penelitian.
5. Menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan.

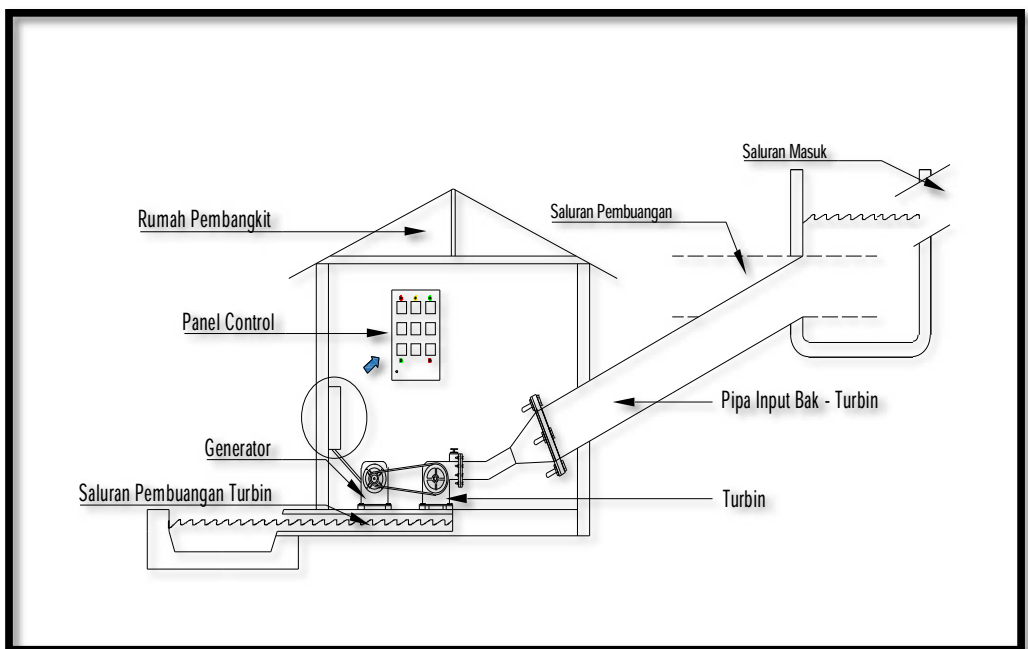
2.6 Prosedur Pengambilan Data

Adapun proses pengambilan data antara lain sebagai berikut:

1. Memeriksa keadaan instalasi pengujian saat akan digunakan
2. Memeriksa keadaan arus sungai
3. Menyiapkan instalasi alat di lokasi penelitian
4. Memasang instalasi alat di lokasi penelitian
5. Mengatur bukaan dengan variasi 30%, 40%, 60%, 75%, dan 100%
6. Lalu menghitung kecepatan aliran air dengan melepaskan alat bantu kemudian dihitung waktu dengan menggunakan stopwatch
7. Kemudian menghitung arus dan tegangan yang dihasilkan oleh generator dengan menggunakan tang amper
7. Lalu mengubah bukaan pada turbin, setelah itu ulangi prosedur

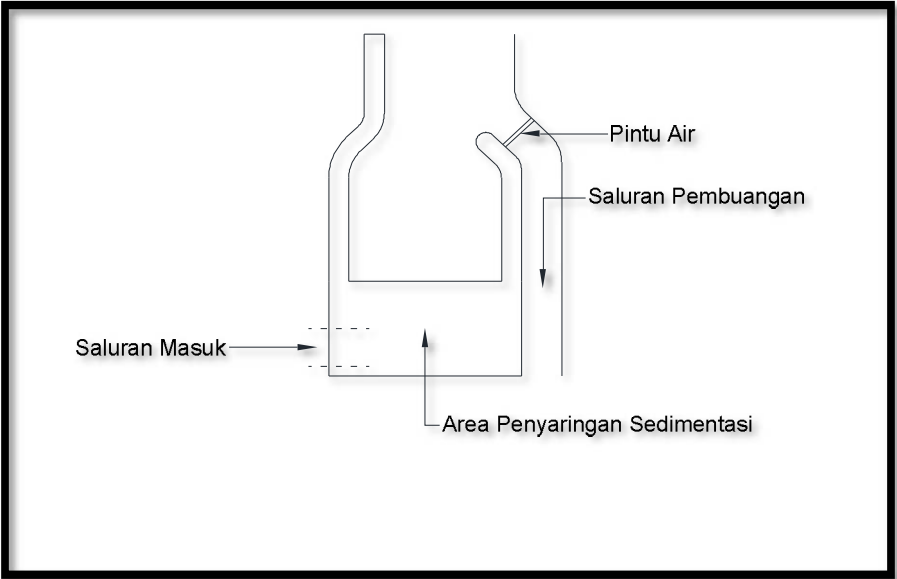
2.7 Rancangan Alat

2.1 Instalasi Keseluruhan



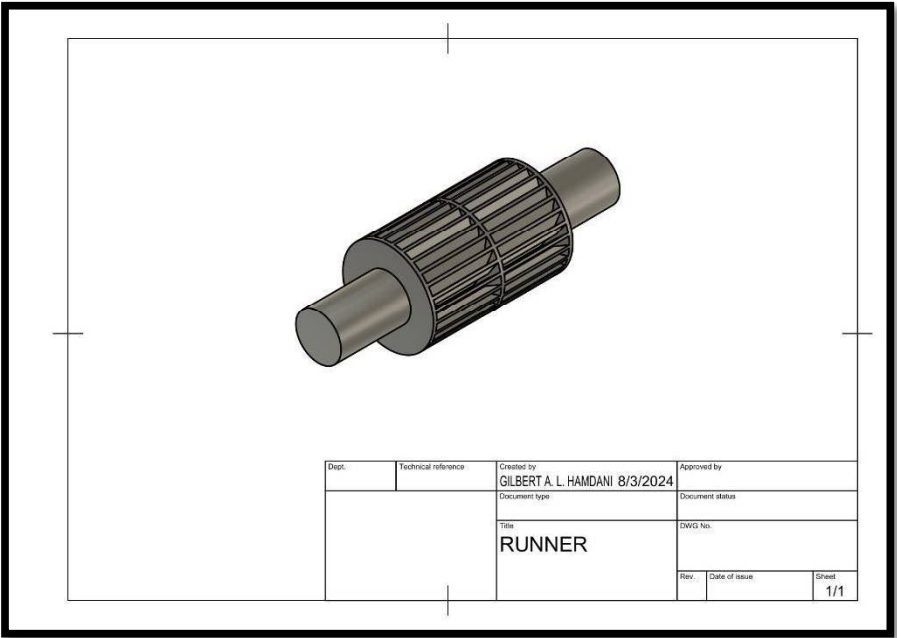
Gambar 21 Instalasi Keseluruhan

2.2 Tamba Atas Bak Penampungan



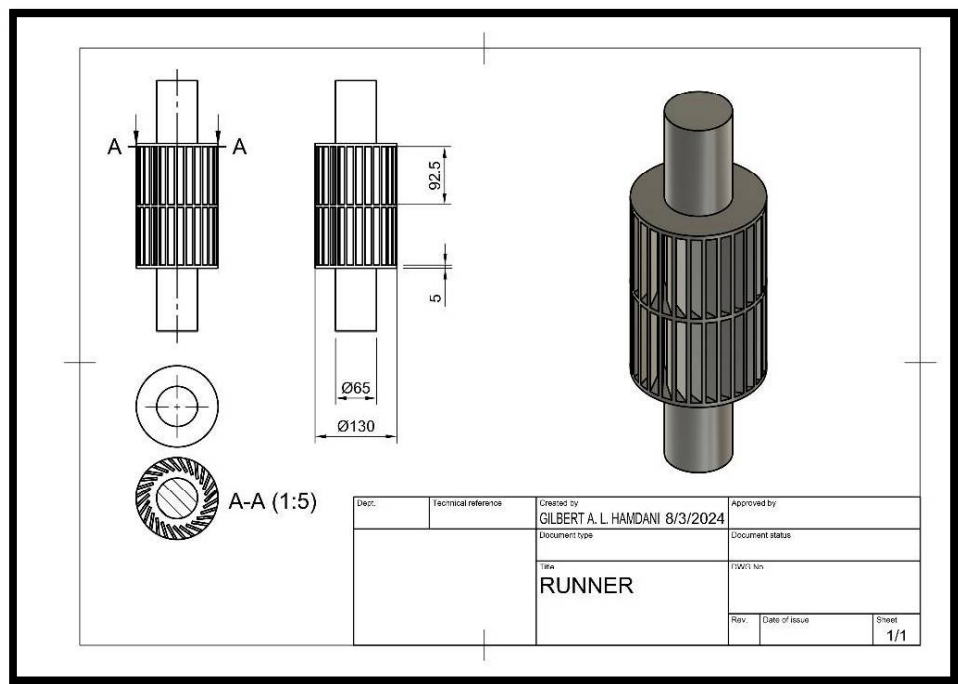
Gambar 22 Tampak Atas Bk Penampungan

2.3 Instalasi Alat



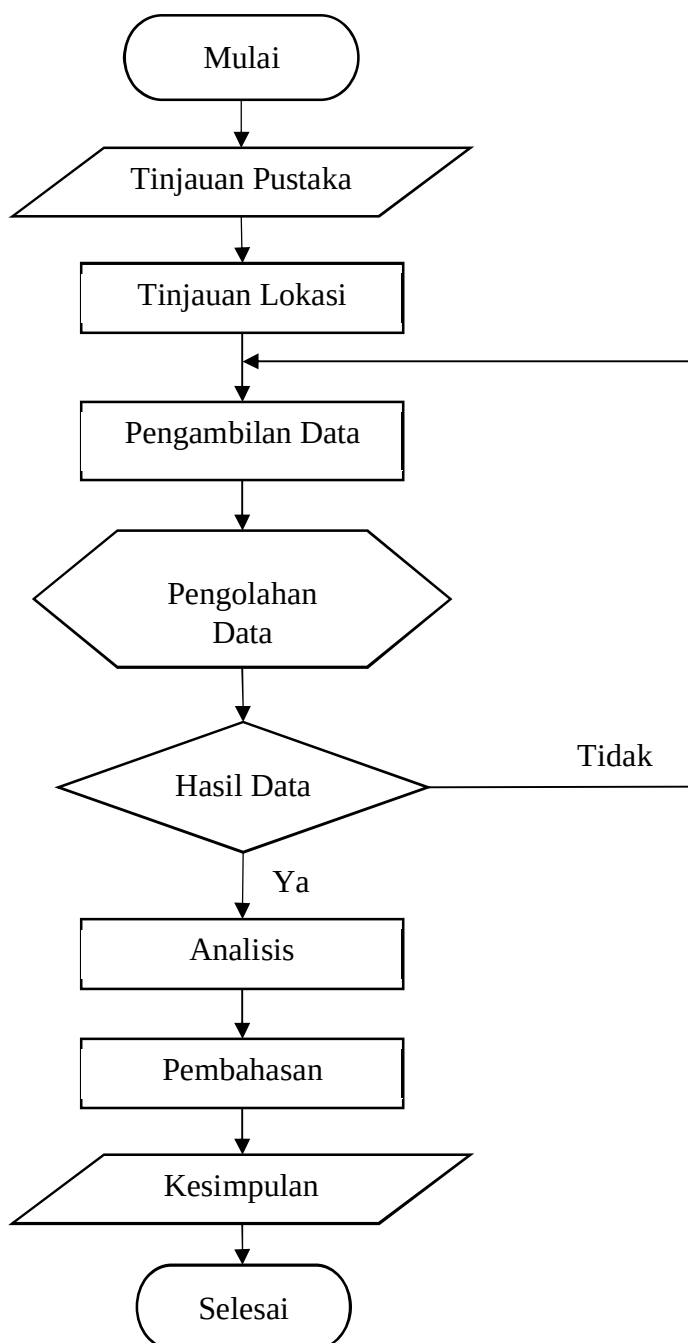
Gambar 23 Instalasi Alat

2.4 Gambar Proyeksi Alat



Gambar 24 Proyeksi Alat

2.7 Flow Chart Penelitian



Gambar 25 Flowchart Penelitian