



ANALISA DAYA TURBIN AIR *CROSSFLOW MULTYSTAGE*
DI DESA LENGKONG KECAMATAN BOJONG
KABUPATEN TEGAL

SKRIPSI

Di Ajukan Sebagai Salah Satu Syarat Penyelesaian Studi
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Mesin
Jenjang Srata Satu (S1)

Oleh :

ROBIZ FAZAZI

NPM. 6419500037

FAKULTAS TEKNIK ILMU KOMPUTER (FTIK)

UNIVERSITAS PANCASAKTIK TEGAL

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul "ANALISA DAYA TURBIN AIR CROSSFLOW
MULTY STAGE DI DESA LENGKONG
KECAMATAN BOJONG".

Nama Penulis : Robiz Fazazi

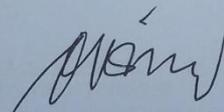
NPM : 6419500037

Telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk di pertahankan dihadapan dewan
penguji skripsi Fakultas Teknik Ilmu Komputer :

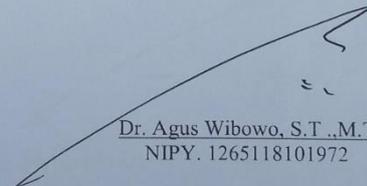
Hari :

Tanggal :

Pembimbing I


Ahmad Farid, S.T.,M.T
NIPY. 191511101978

Pembimbing II


Dr. Agus Wibowo, S.T.,M.T
NIPY. 1265118101972

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Dewan Penguji Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Hari : Selasa

Tanggal : 23 Juli 2024

Ketua Penguji:

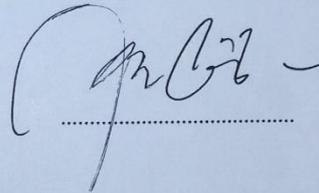
TTD

Teguh Haris Santoso, S.T., M.T
NIPY. 2466451973



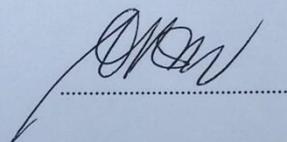
Penguji Utama

Mustaqim, S.T., M.Eng
NIPY. 9050751970



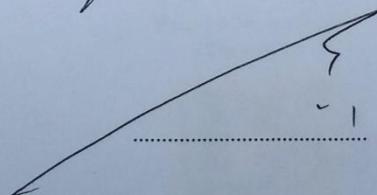
Penguji 1

Ahmad Farid, S.T., M.T
NIPY. 191511101978



Penguji 2

Dr. Agus Wibowo, S.T., M.T
NIPY. 1265118101972

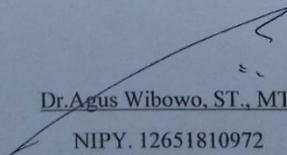


Mengetahui,

Dekan FTIK UPS Tegal

Dr. Agus Wibowo, ST., MT.

NIPY. 12651810972



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini dengan judul “**Analisa Daya Turbin Air Cossflow Multystage Di Desa Lengkong Kecamatan Bojonng Kabupaten Tegal**” ini beserta isinya adalah benar - benar karya saya sendiri, dan saya tidak akan melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap apabila kemudian ada pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau ada klaim pihak lain terhadap keaslian karya tulis ini.

Yang bertanda tangan
Dibawah ini



Robiz Fazazi
NPM. 6419500037

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Tidak ada kesuksesan yang dapat diraih tanpa adanya usaha, kerja keras dan doa.
2. Jangan mudah menyerah pada setiap usaha, percayalah setiap usaha akan memiliki hasil untuk meraih impian.
3. Teruslah berfikir man jadda wa jada “siapa bersungguh-sungguh dia akan berhasil”
4. Sesungguhnya setiap kesulitan akan ada kemudahan

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Untuk ayah dan ibu yang selalu mendoakan dan mendukungku untuk meraih kesuksesan.
2. Untuk adikku tercinta.
3. Dosen pembimbing yang telah membimbingku dalam mengerjakan skripsiku.
4. Tim lima belas pas yang sudah menemani dan membantuku dalam penelitian maupun kehidupan.
5. Teman teman seperjuangan Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.
6. Pembaca yang budiman.

PRAKARTA

Dengan memanjatkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang sudah memberikan jalan kemudahan, kelancaran serta kesehatan yang tiada tara sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Analisa Daya Turbin Air Crossflow Multystage Di Desa Lengkong Kecamatan Bojong Kecamatan Bojong Kabupaten Tegal”. Penyusun skripsi ini dimaksud untuk memenuhi suatu syarat dalam rangka menyelesaikan Studi Stara 1 Program Studi Teknik Mesin.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak luput dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST., MT selaku dekan fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas pancasakti Tegal.
2. Bapak Ahmad Farid, ST., MT selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST., MT selaku dosen pembimbing II.
4. Bapak Agus Shidiq, ST., MT selaku wali dosen.
5. Segenap dosen dan Staf Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
6. Bapak wakhuri dan ibu Nurokhmi yang tidak pernah lelah mendoakan saya.
7. Teman-teman yang telah membantuku dan penyemangat dalam penelitian.

Penulis telah membuat laporan ini sesempurna mungkin semampu kemampuan penulis, namun demikian ada kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis untuk itu dapat dimaklumi dan mohon memberi masukan untuk kebaikan Penulis dan memaafkannya. Harapan Penulis, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Tegal, juli 2024

Penulis

Robiz Fazazi

ABSTRAK

ROBIZ FAZAZI, 2024. “ANALISA DAYA TURBIN AIR CROSSFLOW MULTYSTAGE DI DESA LENGKONG KECAMATAN BOJONG KABUPATEN TEGAL” Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.

Desa Lengkong kecamatan Bojong kabupaten Tegal memiliki ketersediaan sumber air yang cukup untuk pembangunan PLTA bersekala Mikrohidro khususnya turbin crossflow multystage.

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen bertujuan untuk menganalisa data efisiensi turbin crossflow multystage pengaruh stopkran terbuka 50%, 75%, dan 100% pada pipa sepanjang 4 meter diameter pipa 2,5 inch.

Hasil dari penelitian menunjukkan debit air sebesar 0,0027 m³/s, dan turbin tingkat pertama pengaruh stopkran terbuka 100% putaran poros 182,68rpm, efisiensi turbin 68%. Pengaruh stopkran terbuka 75% menghasilkan putaran poros 149,1rpm, efisiensi turbin 52%. pengaruh stopkran terbuka 50% menghasilkan putaran poros 108,1 rpm, efisiensi turbin 37%. Pada turbin tingkat kedua pengaruh sisa aliran buang turbin tingkat pertama berdasarkan stopkran terbuka 100% menghasilkan putaran poros 47,97 rpm efisiensi turbin 27%. Dan berdasarkan stopkran terbuka 75% menghasilkan putaran poros 37,26 rpm efisiensi turbin 13%. Dan berdasarkan stopkran terbuka 50% menghasilkan putaran poros 27,66 efisiensi turbin 4%.

ABSTRACT

ROBIZ FAZAZI, 2024. “ANALISA DAYA TURBIN AIR CROSSFLOW MULTYSTAGE DI DESA LENGKONG KECAMATAN BOJONG KABUPATEN TEGAL” Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.

Lengkong Village, Bojong District, Tegal Regency has sufficient water resources for the construction of Micro-hydro power plants, especially multistage crossflow turbines.

This study uses an experimental method aimed at analyzing the efficiency data of multistage crossflow turbines with the influence of 50%, 75%, and 100% open stop valves on a 4-meter pipe with a pipe diameter of 2.5 inches.

The results of the study showed a water discharge of 0.0027 m³/s, and the first-stage turbine with the influence of 100% open stop valves produced a shaft rotation of 182.68 rpm, turbine efficiency of 68%. The influence of 75% open stop valves produced a shaft rotation of 149.1 rpm, turbine efficiency of 52%. The influence of 50% open stop valves produced a shaft rotation of 108.1 rpm, turbine efficiency of 37%. In the second-stage turbine, the influence of the remaining exhaust flow of the first-stage turbine based on 100% open stop valves produced a shaft rotation of 47.97 rpm, turbine efficiency of 27%. And based on the 75% open stop valve produces a shaft rotation of 37.26 rpm turbine efficiency of 13%. And based on the 50% open stop valve produces a shaft rotation of 27.66 rpm turbine efficiency of 4%.

DAFTAR ISI

HALAMAN HUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PRAKARTA	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
LAMBANG	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan dan Manfaat	5
E. Sistematis Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Landasan Teori	8
B. Tinjauan Pustaka	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
A. Metode Penelitian	36
B. Waktu dan Tempat Penelitian	37

C. Instrumen Penelitian.....	38
D. Gambar/ Desain.....	44
E. Variabel Penelitian	46
F. Metode Pengumpulan Data	47
G. Tahap Perencanaan Awal	52
H. Metode Analisa Data.....	57
I. Diagram Alur Penelitian	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	61
A. Hasil Penelitian	61
B. Pembahasan.....	71
BAB V PENUTUP.....	77
A. KESIMPULAN	77
B. SARAN.....	78
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Sungai didesa Lengkong Kecamatan Bojong	3
Gambar 1. 2 Sungai didesa Lengkong kecamatan Bojong	3
Gambar 1. 3 Sungai didesa Lengkong Kecamatan Bojong	4
Gambar 2. 1 Turbin Crossflow.....	21
Gambar 2. 2 Turbin Crossflow Multy Stage.....	29
Gambar 2. 3 Turbin Crossflow Multy Stage.....	29
Gambar 2. 4 Kecepatan putar turbin tingkat I dengan variasi sudut pengarah	31
Gambar 2. 5 Kecepatan putar turbin tingkat II dengan variasi sudut pengarah.....	31
Gambar 2. 6 Daya turbin tingkat I dengan variasi sudut pengarah	32
Gambar 2. 7 Daya turbin tingkat II dengan variasi sudut pengarah.....	32
Gambar 3. 1 Generator	38
Gambar 3. 2 Pulley dan Belt	39
Gambar 3. 3 Bearing	39
Gambar 3. 4 Tachometer.....	40
Gambar 3. 5 Meteran.....	40
Gambar 3. 6 Multitester	41
Gambar 3. 7 Stopwatch.....	41
Gambar 3. 8 Poros.....	42
Gambar 3. 9 Plat Baja	43
Gambar 3. 10 Pipa PVC.....	43
Gambar 3. 11 Kunci Pas.....	44
Gambar 3. 12 Desain turbin crossflow multystage	44
Gambar 3. 13 Komponen utama turbin crossflow multy stage.....	45
Gambar 3. 14 Rangkaian turbin crossflow multy stage	45
Gambar 3. 15 Dimensi turbin crossflow multy stage.....	46
Gambar 3. 16 Skema gambar	46
Gambar 3. 17 Perencanaan awal seting alat turbin tingkat pertama	53
Gambar 3. 18 Perencanaan awal seting alat turbin tingkat dua	56
Gambar 4. 1 Grafik data pengujian debit air tingkat pertama.....	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4. 2 Grafik data pengujian debit air tingkat dua..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 3 Grafik data pengujian putaran poros tingkat pertama **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 4 Grafik data pengujian putaran poros tingkat kedua **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 5 Grafik data pengujian efisiensi turbin tingkat pertama **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 6 Grafik data pengujian efisiensi turbin tingkat kedua **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kecepatan Spesifik Turbin.....	20
Tabel 2. 2 karakteristik turbin berdasarkan ketinggian.....	21
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian	37
Tabel 3. 2 Analisa data pengujian turbin crossflow multystage tingkat pertama .	50
Tabel 3. 3 Analisa data pengujian turbin crossflow multy stage tingkat kedua....	51
Tabel 3. 4 Hasil data pengujian turbin crossflow multystage tingkat pertama	51
Tabel 3. 5 Hasil data pengujian turbin crosflow multystage tingkat kedua.....	52
Tabel 4. 1 Analisa data pengujian turbin crossflow multystage tingkat pertama	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Analisa data pengujian turbin crossflow multystage tingkat kedua	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Hasil data pengujian turbin crossflow multystage tingkat pertama	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Hasil data pengujian turbin crossflow multystage tingkat kedua .	Error! Bookmark not defined.

LAMBANG

%	: persen (per seratus)
Cm	: centimeter
Inch	: Inchi
m	: meter
m/s	: meter per second
Kg	: kilo gram
°	: drajat
ω	: omega
ρ	: rho
π	: pi
η	: eta
N	: Newton
Nm	: Newton meter
rad/s	: radian per second

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Diera sekarang energi merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia untuk melakukan aktifitas, dan kemajuan teknologi seperti transportasi, industri, kebutuhan rumah tangga yang berkembang secara cepat, sehingga membutuhkan sumber energi yang lebih banyak. Menurut Nugraha dkk, (2018) kementerian energi sumber daya dan mineral Indonesia melibatkan 30% batu bara sebagai sumber energi, 23% bahan bakar gas, 41% bahan bakar minyak (sejumlah 94% dari listrik ramah lingkungan). Hanya 6% dari energi baru terbarukan. Merosotnya jumlah energi takterbarukan apalagi dalam jumlah terbatas, sehingga energi terbarukan merupakan jawaban ideal untuk mengatasi permasalahan krisis energi. Energi terbarukan merupakan sumber energi yang tidak mencemari lingkungan dan tidak menambah perubahan ekologis, penghapusan iklim yang tidak aman, dan tidak berbahaya bagi ekosistem.

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan energi yang paling besar, sehingga energi listrik sudah menjadi kewajiban keberlanjutan pembangunan bagi setiap negara. Energi listrik sudah menjadi kebutuhan *primer*, bahkan sudah setara dengan kebutuhan sandang, pangan, dan papan. Oleh karena itu setiap negara melakukan persaingan untuk membangun pembangkit tenaga listrik sesuai dengan geografis dan sumber daya alamnya

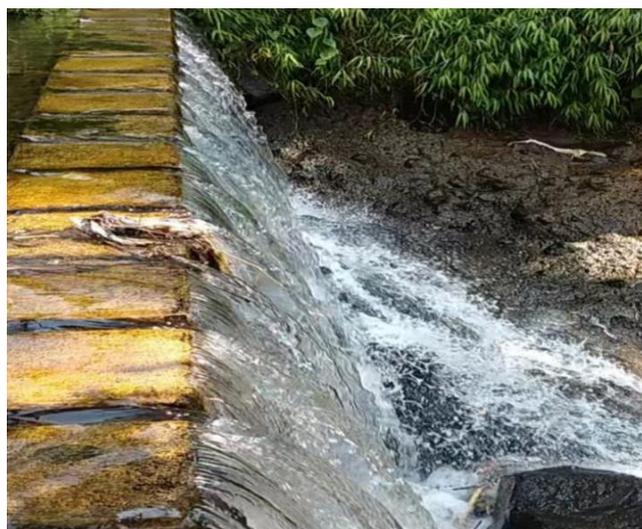
(Abdul Muis, 2010). Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu sumber energi listrik yang paling unggul untuk menjamin kebutuhan sumber energi listrik bersekala besar. Aliran sungai, aliran irigasi, air terjun bahkan parit dapat dijadikan sebagai sumber energi listrik bersekala kecil atau biasa disebut Pembangkit Listrik Tenaga *Mikro Hidro* (PLTMH). Sehingga menjadi potensi sumber energi listrik di tempat seperti sawah, ladang, maupun daerah terpencil, khususnya didesa Lengkong kecamatan Bojong kabupaten Tegal, ketersediaan sumber air didesa Lengkong memiliki jumlah yang cukup sehingga memiliki potensi untuk dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik. Selain ketersediaan sumber air yang dapat dijadikan sumber energi PLTMH, ada suatu daerah yang membutuhkan energi listrik untuk membantu warga sekitar dalam pertanian, dan daerah ini masih sulit untuk mendapatkan akses listrik yang sudah tersedia. Hal inilah yang menjadikan potensi untuk penempatan pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Dari beberapa jenis PLTA yang ada, terpilih untuk diterapkan didaerah ini dari jenis golongan berdasarkan prinsip perubahan momentum *fluidanya* yaitu turbin *impuls*, salah satunya turbin *crossflow*.

Turbin *crossflow* adalah salah satu pembangkit listrik tenaga air. Keunggulan dari turbin ini dapat beroperasi pada *head* dan debit air yang sedang, serta ketersediaan untuk membuat turbin *crossflow* mudah di dapatkan dan komponen dari turbin *crossflow* tidak serumit turbin lainnya (M. Nur Sya Fe'i, 2011). Energi sisa salaruan buang pada turbin *crossflow*

masih memiliki nilai potensi untuk menggerakkan *runner* turbin tingkat selanjutnya. Sehingga sisa saluran buang pada turbin *crossflow* dapat dimanfaatkan menjadi (turbin *crossflow multy stage*), hal ini menjadi daya tarik untuk dijadikan sebuah penelitian mengenai analisa data efisiensi turbin aliran silang bertingkat yang dipengaruhi stopkran terbuka 50%, 75%, dan 100% pada pipa sepanjang 4meter dengan diameter 2,5inch.



Gambar 1. 1 Sungai didesa Lengkong Kecamatan Bojong



Gambar 1. 2 Sungai didesa Lengkong kecamatan Bojong



Gambar 1. 3 Sungai didesa Lengkong Kecamatan Bojong

B. Batasan Masalah

Agar tidak terjadi pembahasan yang melebar dan proses penelitian berjalan lancar, maka peneliti akan membatasi masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya pada potensi pembangkit listrik tenaga air.
2. Pembangkit listrik tenaga air pada penelitian ini bersekala *mikrohidro*.
3. Turbin air yang di buat yaitu turbin *crossflow*.
4. Penelitian ini hanya menganalisa nilai efisiensi turbin *crossflow multystage* (turbin aliran silang bertingkat).
5. Turbin *crossflow multystage* hanya memiliki dua tingkatan *runner*.
6. Dalam penilitian ini menggunakan pipa pesat sepanjang 4 meter dengan diameter 2,5inch yang berfungsi untuk mengalirkan air ke turbin.

7. Penelitian ini dilakukan di desa Lengkong kecamatan Bojong kabupaten Tegal.

C. Rumusan Masalah

Sesuai dengan judul berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah dijelaskan diatas, maka didapatkan rumusan masalah yaitu:

1. Berapa nilai debit air pada pipa sepanjang 4meter dengan diameter 2,5inch yang di pengaruhi stopkran terbuka 50%, 75%, dan 100%.
2. Berapa kecepatan putaran poros turbin tingkat satu dan tingkat dua.
3. Berapa nilai efsiensi turbin *crossflow multystage* jika di pengaruhi stopkran terbuka 50%, 75%, 100% pada runner tingkat pertama dan tingkat kedua.

D. Tujuan dan Manfaat

1. Tujuan penelitian

Pada peneletian ini bertujuan agar pembaca mengetahui hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Perancangan turbin *crossflow multy stage*.
- b. Menguji turbin untuk melihat analisa data efisiensi turbin aliran silang bertingkat yang dipengaruhi stopkran terbuka 50%, 75%, dan 100% pada pipa sepanjang 4meter dengan diameter 2,5inch.

2. Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitiaan ini yaitu sebagai berikut:

- a. Salah satu bentuk contoh alat untuk menanggulangi krisis sumber energi baru.
- b. Menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi penulis tentang turbin air terutama pada turbin air *crossflow multystage*.
- c. Dapat dijadikan sumber pengetahuan tentang turbin air *crossflow*, bagi masyarakat dan khususnya mahasiswa teknik mesin Universitas Pancasakti Tegal.
- d. Secara umum dapat melihat secara langsung bentuk turbin air *crossflow multystage*.
- e. Menambahkan referensi proses mendapatkan daya listrik dari turbin air *crossflow multystage* tidak hanya sekedar lisan.

E. Sistematis Penulisan

1. Bagaian awal penulisan karya ilmiah skripsi ini berisi judul, abstrak, pengesahan, moto, dan persembahan, prakarta, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.
2. Bagian inti tugas akhir.

BAB I PENDAHULUAN

Membahas mengenai penulisan latar belakang, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematis penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Membahas mengenai teori turbin air secara umum, turbin crossflow.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas mengenai metodologi penelitian, waktu dan tempat penelitian, variabel penelitian, diagram alur penelitian, metode pengumpulan data, metode analisa data, instrumen penelitan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dibab ini berisi hasil penelitian, dan pembahasan penelitian.

BAB V PENUTUP

Membahas mengenai kesimpulan dan saran-saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan dari penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Energi

Saat ini energi sudah menjadi kebutuhan pokok manusia setara dengan sandang dan pangan. Energi sangat dibutuhkan bagi aktivitas transportasi, industri, rumah tangga. Energi merupakan kemampuan daya yang digunakan untuk melakukan suatu proses kerja atau usaha. Sebuah benda jika mampu menghasilkan gaya maka dapat dikatakan memiliki energi, akan tetapi harus memiliki kriteria seperti dapat di ubah ke bentuk energi lainnya.

Menurut Purnama dan Rahayu. (2022) banyak negara terus melakukan penelitian untuk mengoptimalkan konsumsi energi dan menyalurkan listrik dengan cara yang konsisten. Penelitian mengenai hal ini pernah dilakukan beberapa peneliti, diantaranya peneliti asal korea tentang model prediksi konsumsi energi untuk *smart factory* untuk menggunakan algoritma data mining yang memperkenalkan dan mengeksplorasi model prediksi konsumsi energi industri baja dengan menghasilkan model terbaik yaitu *Random Forest* dengan nilai RMSE 7,33 pada set pengujian. Selain itu, penelitian lain mengangkat judul lain mengenai prediksi konsumsi energi yang efisien untuk suatu data analitik bangunan industri dikota pintar dengan menyajikan dan yang cerdas di Korea Selatan menggunakan variabel seperti *lagging* dan arus

utama daya *reaktif*, faktor daya *lagging* dan arus terdepan, emisi karbon dioksida, dan jenis beban. Peneliti asal Australia mengenai prediksi konsumsi energi industri menggunakan data *maining* yang menyajikan dan mengeksplorasi model prediksi konsumsi energi menggunakan pendekatan data *maining* oleh industri baja hingga menunjukkan bahwa model *Random Forest* dapat memprediksi konsumsi energi terbaik dan mengungguli algoritma konvensional lainnya pada perbandingan.

Pada umumnya energi memiliki berbagai macam bentuk seperti energi kinetik, energi potensial, energi mekanik, energi termal, energi listrik.

a. Energi kinetik

Energi kinetik adalah usaha yang dibutuhkan untuk menggerakkan suatu benda diam dengan masa tertentu hingga mencapai kecepatan tertentu. Pengaruh gerak pada suatu benda diam yang dipengaruhi benda tersebut maupun benda lain yang mengenai benda lainnya dapat dikatakan sebagai energi kinetik.

b. Energi potensial

Energi potensial adalah energi yang dimiliki benda diam pada ketinggian atau posisi tertentu, energi potensial merupakan posisi relatif suatu benda terhadap sistem dan dapat muncul dalam bentuk lain. Energi potensial terbagi menjadi tiga bagian yaitu energi potensial gravitasi yaitu energi yang dimiliki benda karena ketinggiannya atas suatu bidang datar, energi potensial elastis yaitu

energi yang terdapat pada suatu yang bersifat *elastis* atau lentur, energi potensial kimia yaitu energi yang tersimpan dalam atom dan ikatan kimia.

c. Energi mekanik

Energi mekanik atau dapat di katakan energi mekanis adalah suatu energi dari penjumlahan energi kinetik dengan energi kinetik.

d. Energi *termal*

Energi *termal* dapat di sebut energi panas, energi *termal* adalah suatu energi yang terjadi ketika terjadi kenaikan suhu. Energi *termal* dapat dianggap sebagai bentuk energi yang dihasilkan ketika suatu zat dimana atom dan molekul bergerak dengan kecepatan yang lebih cepat.

e. Energi listrik

Energi listrik salah satu jenis energi utama yang dibutuhkan untuk peralatan listrik, energi listrik merupakan energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan *ampere* (A) dan tegangan listrik dengan satuan *volt* (V) dan dengan konsumsi daya listrik dengan satuan *watt* (W). Energi listrik dapat dihasilkan berasal dari berasal dari berbagai sumber seperti minyak, batu bara, gas alam, nuklir, air, udara, panas bumi, radiasi matahari. energi listrik bergerak seperti arus. Arus listrik memiliki dua tipe jenis yaitu tipe arus bolak balik *alternating current* (AC) dan tipe arus searah *direct current* (DC).

Berdasarkan dari sumbernya energi terbagi menjadi dua jenis yaitu sumber energi baru dan energi terbarukan.

a. Energi baru

Energi baru merupakan suatu sumber energi dari sumber daya alam dan membutuhkan proses yang panjang bahkan memiliki jumlah yang terbatas. Energi meliputi sumber energi seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam, nuklir juga termasuk sumber energi baru.

Di indonesia saat ini penggunaan energi masih mengandalkan energi baru seperti fosil, khususnya minyak bumi, batu bara, gas alam dan nuklir, ketersediaan energi baru sendiri saat ini bisa dikatakan sedang mengalami krisis sumber energi baru.

1) Minyak bumi

Minyak bumi ditemukan pertama kali pada tahun 347 setelah masehi oleh bangsa cina, hanya bermodalkan bambu untuk pengeboran hingga kedalaman 800 kaki. Wati dkk. (2019) minyak bumi dapat disebut *petroleum* yang berasal dari bahasa Yunani dari kata *petrus*, dan *oleumus*, juga *oelumus*, *petrus* adalah batu dan *oelus* adalah minyak. Minyak bumi merupakan cairan kental coklat kehitaman yang tersusun oleh beberapa senyawa *hidrokarbon* yang tersusun secara kompleks. Seperti yang diketahui minyak bumi merupakan energi yang paling dibutuhkan dalam berbagai industri, transportasi, serta dibidang

kebutuhan rumah tangga. Minyak bumi dapat menghasilkan gas minyak cair, avtur, bensin, minyak tanah, solar melalui pengolahan proses destilasi.

2) Batubara

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil yang menurut undang undang nomor 4 tahun 2009 merupakan endapan senyawa organik yang terbentuk secara ilmiah dari sisa tumbuh tumbuhan. Industri merupakan sektor produktif yang didorong perkembangannya agar dapat meningkatkan perekonomian negara. Batubara Indonesia sebagian besar digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan sektor industri lainnya (Arif Setiawan, dkk, 2020).

3) Gas alam

Gas alam terbentuk sama halnya dengan minyak bumi, gas alam adalah sumber energi yang berasal dari fosil hewan, tumbuh tumbuhan, dan *mikroorganisme* lain yang tersimpan di dalam bumi selama jutaan tahun lamanya. Gas alam memiliki tiga jenis yaitu LNG, LPG, dan CNG. Saat ini gas alam di gunakan sebagai pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), sebagai kendaraan bermotor, bahan bakar kebutuhan rumah tangga.

4) Nuklir

Pada tahun 1904 Julius Robert Oppenheimer pertama kalinya ditemukannya nuklir, energi nuklir dapat dibangkitkan

melalui dua jalur yaitu jalur fisi dan jalur fusi. Dalam jalur fisi digunakan bahan yang fisil atau dapat belah seperti uranium, thorium, plutonium. Bahan-bahan ini dapat dibelah oleh reaksi dengan neutron menghasilkan dua atau lebih nuklida baru dan neutron yang lebih banyak dari sumbernya. Disamping itu juga dihasilkan energi belah sekitar 20 MeV untuk uranium 235. Itulah sebabnya dalam reaksi nuklir pada bobot yang setara dengan bahan bakar karbon, energi yang dibangkitkan mencapai milyaran kali.

b. Energi terbarukan

Energi terbarukan merupakan suatu energi yang dapat diperbarui secara kontinu. Energi terbarukan berasal dari sumber daya alam dengan jumlah tak terbatas, energi terbarukan meliputi matahari, angin, air, dan biomassa.

Indonesia merupakan negara yang dilintasi garis katulistiwa, Indonesia memiliki kekayaan alam yang berlimpah, khususnya yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi seperti minyak bumi, batu bara, gas alam, mendapatkan cahaya matahari setiap tahunnya, sumber air yang berlimpah, angin, dan mudah mendapatkan bahan biomassa. Saat ini kebutuhan sumber energi masih mengandalkan minyak bumi, batubara, gas alam yang berjumlah terbatas.

Dengan jumlah penduduk yang meningkat secara terus menerus sehingga kebutuhan sumber energi semakin langka khususnya

energi listrik, dengan adanya permasalahan tersebut sehingga perlu mencari sumber energi alternatif sebagai bentuk mengurangi sumber energi yang berjumlah terbatas. Energi alternatif adalah sumber energi yang dapat di gunakan sebagai pengganti sumber energi yang sudah ada, sumber energi biasa di sebut sumber energi terbarukan. Energi terbarukan memiliki beberapa jenis, yaitu:

1) Energi panas bumi

Energi panas bumi merupakan energi panas yang tersimpan dari dalam bumi, panas bumi berasal dari inti bumi dan dapat mengonduksi benda sekitarnya seperti batu maupun materialnya lainnya hingga meleleh, lelehan tersebut dapat disebut sebagai magma. Magma berwujud cairan yang memiliki masa jenis rendah sama halnya dengan air sehingga magma akan berjalan naik melalui sela-sela bebatuan. Magma akan meningkatkan suhu panas pada benda yang berada disekitarnya khususnya air yang berada didalam bumi. Air panas menghasilkan uap bertekanan tinggi karena berada ditempat tertutup didalam bumi, uap bertekanan tinggi dapat digunakan sebagai penggerak turbin untuk berbagai keperluan termasuk pembangkit listrik.

2) Energi panas matahari

Energi panas matahari merupakan radiasi yang berasal dari matahari, radiasi adalah suatu proses perambatan energi berbentuk elektromagnetik tanpa perantara zat, pancaran radiasi

matahari memiliki peran penting bagi ekosistem pada makhluk hidup di bumi. Sinar matahari dapat dimanfaatkan berbagai macam termasuk sebagai sumber energi listrik tenaga surya atau biasa disebut *solar cell*. Sistem kerja solar cell adalah panel surya akan menerima radiasi matahari yang di konversi sehingga mendapatkan energi listrik dan disalurkan ke baterai sebelum disalurkan ke beban, arus DC (direct current) yang di hasilkan baterai kemudian disalurkan ke inverter untuk menghasilkan arus AC untuk menyalurkan ke beban.

3) Energi angin

Angin merupakan perjalanan udara dari tempat bertekanan tinggi ke tempat bertekanan yang lebih rendah, energi angin memiliki banyak manfaat bagi aktifitas manusia khususnya sebagai sumber energi listrik. Sumber energi listrik tenaga angin sering di sebut PLTU adalah dengan menggunakan turbin angin sebagai komponen penggerak utama, turbin angin berfungsi mengubah energi kinetik menjadi energi listrik dengan menggunakan generator. Turbin angin memiliki dua jenis yaitu turbin horizontal dan vertikal, hanya saja lebih banyak menggunakan turbin horizontal di mana penggunaan turbin ini berdasarkan aliran angin berkecepatan tinggi dan arah angin yang sesuai dengan turbin.

4) Energi biomasa

Biomasa merupakan bahan organik yang berasal dari sisa metabolisme tumbuhan atau hewan, maupun limbah yang di hasilkan. Material organik hidup seperti ini biasanya mengandung air dengan kadar dengan kadar sekitar 80-90%. Setelah kering, material organik memiliki kandungan senyawa hidrokarbon yang sangat tinggi, senyawa inilah yang sangat penting untuk menjadi potensi sumber energi. energi biomasa memiliki keuntungan dalam pemanfaatan secara berulang karena sifatnya yang *renewable*, tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak akan menyebabkan polusi udara sama seperti bahan bakar fosil, dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah pertanian, serta pengembangan biomasa sebagai sumber energi listrik.

5) Energi air

Air termasuk senyawa penting yang berperan sebagai kehidupan di bumi, selain sebagai sumber kehidupan di bumi air juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Sifat air dapat mengalir dari tempat tinggi ketempat yang lebih rendah sehingga berpotensi untuk memanfaatkan aliran fluida yang dapat menghasilkan energi kinetik pada turbin dan dikonversi menjadi energi mekanis. Energi mekanis inilah yang dimanfaatkan ke generator untuk menghasilkan energi listrik.

2. Turbin Air

Turbin air merupakan salah satu sumber energi alternatif untuk menangani krisis sumber energi baru. Pada abad 19 turbin air mulai dikembangkan dan digunakan secara luas oleh industri sebagai jaringan listrik, sebagai energi yang digunakan menjadi penggerak generator. Turbin air merupakan sumber energi terbarukan dan kini sudah dimanfaatkan secara luas sebagai sumber energi listrik. Insinyur Prancis yang bernama Claude Bourdin telah menemukan kata “*turbine*” pada awal abad 19, yang diterjemahkan melalui bahasa latin dari kata “*whirling*” yang berarti putaran atau “*vortex*” (pusaran air). Perbedaan dasar turbin air dan kincir air yaitu pada poros yang berputar oleh komponen putaran air. Pada turbin dapat di berikan daya yang besar dengan komponen yang lebih kecil. Turbin air dapat memanfaatkan aliran air dengan putaran cepat dan memanfaatkan *head* yang lebih tinggi (Poernomo Sari, S., & Fasha Ryan, 2012).

Turbin air merupakan alat yang menghasilkan daya listrik dari turbin yang memanfaatkan fluida sebagai daya putar yang ditransmisikan melalui poros ke generator. Turbin secara umum dapat diartikan sebagai penggerak mula, dimana energi fluida kerja yang digunakan langsung memutar roda turbin. Dengan demikian turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula yang fluida kerjanya adalah air (Arismunandar, W., 2004).

Laksamana, & Fahrudin (2018) Turbin terdiri dari poros dan sudu – sudu. Sudu tetap atau *stationary blade* berfungsi mengarahkan aliran *fluida*. Sedangkan sudu putar atau *rotary blade*, mengubah arah dan kecepatan aliran *fluida* sehingga menghasilkan torsi pada poros.

Berdasarkan prinsip momentum fluidanya turbin air menjadi dua golongan yaitu turbin reaksi dan turbin impuls.

a. Turbin *reaksi*

Turbin *reaksi*, seluruh energi potensial air di rubah menjadi energi kinetis pada saat air melewati lengkungan sudu-sudu pengarah, dengan demikian putaran *runner* disebabkan oleh perubahan momentum air antara lain:

1) Turbin *francis*

Turbin *francis* merupakan turbin yang dikelilingi dengan sudu pengarah dan semuanya terbenam dalam air. Turbin *francis* digunakan untuk pemanfaatan potensi menengah, turbin *francis* saat ini sudah bisa dibuat dengan kecepatan putaran tinggi. Menurut Kusuma (2011) turbin *francis* adalah mesin penggerak, dimana energi *fluida* kerja dipergunakan langsung untuk memutar rotor. Sistem kerja turbin *francis* yaitu *fluida* masuk di sela sela sudu turbin dan dipasang diantara air bertekanan tinggi dibagian *input* dan air bertekanan rendah di *output* nya.

2) Turbin *kaplan*

Turbin *kaplan* merupakan turbin dengan sudu-sudu berbentuk baling-baling yang dapat diatur untuk menghasilkan turbin yang efisiensi maksimal sesuai dengan besar kecilnya aliran *fluida* nya. Turbin *kaplan* sendiri termasuk turbin yang dikembangkan dari turbin *francis*. Turbin *kaplan* tersusun dari sudu-sudu roda turbin sama halnya dengan baling-baling kapal.

3) Turbin *propeller*

Turbin *propeler* merupakan salah satu jenis turbin air yang digunakan untuk pembangkit listrik secara *mikro* dengan kapasitas rendah dan tinggi air jatuh/ *head* yang rendah. Sistem kerja turbin propeler memiliki sistem kerja sama halnya dengan turbin *kaplan* hanya saja sudu pada turbin propeler yaitu memiliki bentuk sudu seperti kipas angin.

b. Turbin *impuls*

Turbin *impuls* semua energi potensial air pada turbin dirubah menjadi energi kinetis sebelum air masuk/ menyentuh sudu-sudu *runner* oleh alat pengubah yang disebut *nossel* antara lain:

1) Turbin *pelton*

Turbin *pelton* merupakan turbin impuls yang prinsip kerjanya mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air bertekanan yang di pancarkan ke sudu turbin melalui mulut pipa pelesat dengan nozel sebagai pengatur

pancaranya. Turbin pelton sendiri memiliki sudu sama halnya dengan baling- baling pada umumnya yang berputar secara vertikal maupun horizona yang berbentuk seperti mangkok.

2) Turbin *crossflow*

Turbin *crossflow* sama halnya dengan turbin pelton hanya saja memiliki sudu dan *nozzle* nya yang berbeda dengan turbin pelton. Turbin *crossflow* memiliki jenis *nozzle* berbentuk persegi panjang lebarnya sama dengan lebar *runner* atau sudunya.

Berdasarkan kecepatan spesifik turbin ialah putaran runner yang dapat dihasilkan daya efektif 1 BPH untuk setiap tinggi jatuh 1meter. Setiap turbin air memiliki nilai kecepatan spesifik untuk berapa turbin konvensional.

Tabel 2. 1 Kecepatan Spesifik Turbin

Sumber: (Mansyah, 2015)

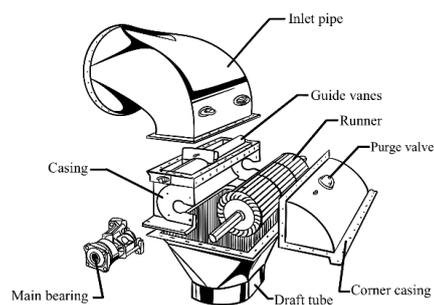
No	Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik %
1.	Pelton dan Kincir Air	$10 \leq N_s \leq 35$
2.	France	$60 \leq N_s \leq 300$
3.	Cross Flow	$70 \leq N_s \leq 80$
4.	Kaplan dan Propeller	$300 \leq N_s \leq 1000$

Dalam pemilihan jenis turbin ada beberapa hal yang perlu di perhatikan antara lain yaitu menentukan tinggi head dan besarnya debit airnya.

Tabel 2. 2 karakteristik turbin berdasarkan ketinggian

Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Kaplan dan Propeller	$2 < H < 10$
France	$40 < H < 200$
Pleton	$60 < H < 1000$
Cross Flow / Banki	$2 < H < 50$
Turgo	$30 < H < 200$

3. Turbin *Crossflow*



Gambar 2. 1 Turbin Crossflow

Sumber: (Zaenal Arifin, 2017)

Pada tahun 1903 pertama kali di temukan oleh insinyur Australia yang bernama A.G.M Michel. Turbin *crossflow* atau turbin aliran silang, yang dikenal sebagai turbin *banki* adalah jenis turbin air aliran bebas dengan tinggi terjun ketinggian sedang atau rendah.

Turbin air *crossflow* merupakan salah satu jenis turbin yang memanfaatkan aliran *fluida* berdasarkan lintasan laju aliran *fluida* dan *nozzle*. Fungsi dari turbin *crossflow* sama dengan jenis turbin air lainnya yaitu merubah energi air menjadi energi kinetik pada turbin yang ditransmisikan melalui poros kegenerator dan menghasilkan energi listrik. Untuk menilai efisiensi pada turbin dengan daya turbin dan daya air yaitu:

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Dengan: η_t = efisiensi turbin

P_t = daya turbin (watt)

P_a = debit terhadap daya air (watt)

Jenis turbin *crossflow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin *mikrohidro* 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 *crossflow* lebih kecil dan lebih kompak dibandingkan kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalam atau *runner* biasanya dua

meter ke atas, tetapi diameternya turbin *crossflow* dapat dibuat hanya 20cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi daripada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin *Ossberger* Jerman Barat menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70% sedangkan efisiensi turbin *cross flow* mencapai 82% (Haimeri, L.A. 1960). Tingginya efisiensi turbin *crossflow* ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggal *runner*. Adanya kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitasnya yang tinggi dan kesederhanaan pada sistem pengeluaran air dari *runner* (M. Nur Sya Fe'I, 2011).

Menurut Marwansyah dan Samkakai (2020) ada beberapa keunggulan dan keterbatasan yang dimiliki turbin air *crossflow* yaitu sebagai berikut:

a. Keunggulan turbin *crossflow*

- 1) Kisaran operasi debit yang luas meliputi debit antara 20 liter hingga 10000 liter perdetik, serta *head* antara 1 meter sampai 200 meter. Turbin *crossflow* dapat beroperasi pada berbagai debit dibandingkan dengan turbin air lainnya. Dengan adanya kisaran

operasi yang luas maka turbin *crossflow* memungkinkan untuk dipakai pada berbagai PLMTH yang debit dan *head* nya berbeda.

- 2) Dengan kisaran oprasi yang luas, turbin *crossflow* dapat menjadikan alternatif menggantikan turbin *francis* yang dulunya sering digunakan sebagai penggerak mula PLTMH.
- 3) Turbin *crossflow* mempunyai keunggulan dimana dapat diatur agar efisiensinya tetap tinggi meskipun aliran sangat kecil, misalnya hanya seperempat atau 25% dari debit aliran penuh.
- 4) Turbin *crossflow* merupakan turbin air jenis turbin *impuls* yang berbeda dengan turbin *reaksi* yang tidak memerlukan *casing* yang mampu menahan tekanan tinggi, juga memerlukan *clearance* yang sangat tinggi. Dengan sifat tersebutlah turbin *crossflow* mudah dipabrikasi dan dipelihara. Artinya dalam pemeliharaannya tidak memerlukan teknisi dan peralatan yang khusus.

b. Keterbatasan turbin *crossflow*

- 1) Masing- masing turbin air memiliki kurva efisiensi yang berbeda jika beroperasi pada berbagai macam debit aliran air. Turbin air pada umumnya didesain untuk beroperasi pada titik efisiensi terbaiknya. Jika turbin beroperasi pada debit yang lebih rendah atau lebih tinggi dari titik efisiensi terbaiknya maka efisiensi hidrauliknya akan turun.

- 2) Sistem pengaturan pada pembangkit listrik berfungsi sebagai pengatur jumlah listrik yang dihasilkan sama dengan jumlah listrik yang di konsumsi, sehingga kualitas listrik yang di hasilkan berupa tegangan dan frekuensi tetap terjaga.

Turbin air *crossflow* juga memiliki komponen, yaitu sebagai berikut:

- a. Pipa pelesat

Pipa pelesat merupakan suatu benda tabung yang memiliki rongga berguna sebagai lintasan aliran *fluida* dari titik A ke titik B. Fungsi pipa pelesat sebagai tempat laju aliran air dari titik tertinggi ke titik terendah, pipa pelesat juga dapat mengontrol aliran fluida berdasarkan diameter rongga sehingga mendapatkan hasil laju aliran fluida yang lebih maksimal dan ketika sumber air mengalami penurunan atau peningkatan jumlah air maka debit air yang dihasilkan bisa dikondisikan agar tetap stabil.

- b. Sudu

Sudu adalah penggerak utama pada turbin, fungsi sudu yaitu sebagai *runner* pada turbin, sudu merupakan inti komponen pada seluruh jenis turbin air, termasuk turbin *crossflow*. Sudu turbin air memiliki bentuk sama halnya dengan kincir air hanya saja memiliki ruang didalamnya, sistem kerja sudu yaitu aliran *fluida* yang

masuk kedalam turbin dan akan membentur sudu sehingga terjadi konversi energi dari energi kinetis ke energi mekanik. Marwansyah dan Samkakai. (2020) Sudu turbin memiliki dua bagian yaitu daun sudu turbin berupa plat baja lengkung yang bagian ujung ujungnya dirangkai pada piring bulat perletakan sudu sudu dengan pengelasan sehingga membentuk silinder dan piring sudu turbin piringan baja pipih berbentuk bulat alur untuk penempatan daun sudu dan lubang bulat di bagian tengah untuk penempatan poros silinder sudu.

c. Rumah turbin

Rumah turbin merupakan bagian yang berfungsi untuk tempat pemasangan bagian- bagian turbin seperti *runner* dan lainnya

d. *Bearing*

Bearing berfungsi sebagai dudukan poros turbin memperkecil gesekan putaran poros dengan rumah turbin.

e. *V-belt*

V-belt adalah karet dengan penampang trapesium yang yang berperan sebagai *transmisi* dari satu poros ke poros lainnya. *V-belt* merupakan *transmisi* penghubung berbahan karet dengan penampang trapesium.

f. *Drive pulley*

Drive pulley adalah komponen poros pada turbin yang berfungsi untuk menopang *v-belt*. *Drive puley* merupakan

komponen yang menyalurkan energi gerak putar pada *belt* sehingga *belt* bergerak.

g. Generator

Pada dasarnya generator merupakan sebuah mesin yang menghasilkan energi listrik dari energi mekanik. Generator memiliki dua macam generator, yaitu generator AC dan generator DC. Generator juga dapat mendistribusikan energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya. Generator menghasilkan listrik karena adanya motor, pada motor terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (*komutator*), cincin belah berguna sebagai saklar kutub ganda.

Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya *lorentz*, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka gaya yang diciptakan secara ortogonal diantara arah medan magnet dan arah aliran arus.

Motor induksi 1 fasa merupakan motor listrik arus bolak balik yang bekerja berdasarkan induksi medan magnet dari kumparan stator ke kumparan rotornya. Motor ini banyak digunakan oleh masyarakat terutama pada peralatan rumah tangga khususnya mesin cuci. Motor induksi ini biasanya mempunyai 2 buah kumparan yang disebut dengan kumparan utama dan kumparan bantu. Khusus untuk motor induksi 1 fasa jenis motor kapasitor start dan jalan (*capasitor start-capasitor run induction motor*), motor ini

biasanya menggunakan kedua kumparannya baik saat start maupun saat jalan sehingga motor ini bekerja seperti motor induksi 2 fasa. Motor ini biasanya menggunakan kapasitor yang dipasangkan pada salah satu kumparan motor untuk menghasilkan torsi yang besar pada motor 1. Telah dilakukan beberapa usaha dalam meningkatkan kinerja motor seperti pengendalian medan magnet. Pengaturan nilai kapaitornya, mengatur waktu start dan lain sebagainya.

4. Turbin *crossflow multy stage*

Turbin *crossflow multy stage* merupakan pemanfaatan energi sisa buang yang berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi energi penggerak dari tingkat satu ke tingkat selanjutnya. Kata *multy* berasal dari bahasa Inggris artinya banyak, kata multi dalam kamus besar bahasa Indonesia memiliki makna yaitu lebih dari satu, dan sedangkan kata *stage* berasal dari bahasa Inggris yang berarti panggung. Sehingga kata turbin *crossflow multi stage* adalah turbin *crossflow* yang memiliki jumlah sudu lebih dari satu tingkat. Variabel dari penelitian ini yaitu hasil analisa data efisiensi turbin aliran silang bertingkat yang dipengaruhi stopkran terbuka 50%, 75%, dan 100% pada pipa sepanjang 4meter dengan diameter 2,5inch.

Torsi adalah nilai *ekuivalen* dari rotasi pada gaya *linear*. Untuk menentukan hasil data dari *torsi* yaitu sebagai berikut:

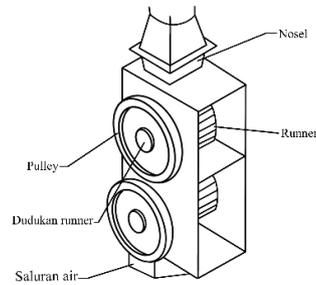
$$\tau = r F$$

Keterangan:

τ = torsi/ momen gaya (Nm)

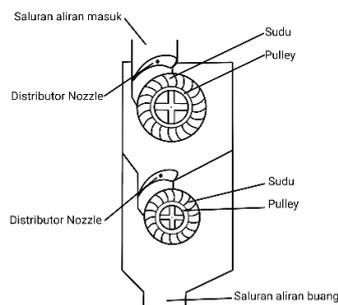
r = jari-jari (m)

F = gaya (m/s)



Gambar 2. 2 Turbin *Crossflow Multy Stage*

(sumber: <http://mesin.ft.unp.ac.id/?p=1443>)



Gambar 2. 3 Turbin *Crossflow Multy Stage*

(sumber: Satria Candra Laksamana dan A'rasy Fahrudin)

Keterangan:

a. Saluran air

Saluran air ini terletak pada bagian tengah yang masuk kedalam rangka turbin. Alat ini digunakan untuk mengalirkan air menuju pembuangan dari *runner* turbin.

b. Dudukan *runner*

Sebagai dudukan *runner* turbin A dan *runner* turbin B, juga digunakan untuk penyangga komponen utama yaitu: turbin, *bearing*, poros, *pulley*.

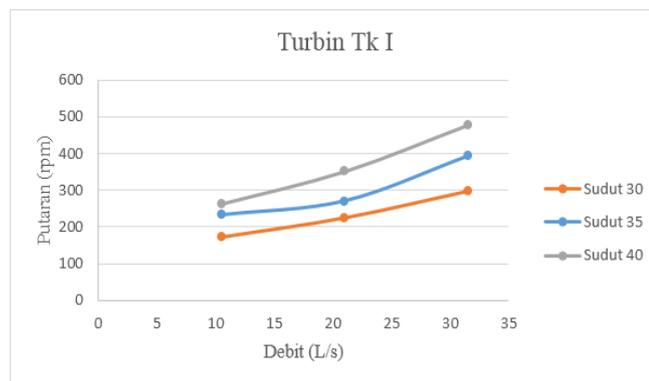
c. Sudu turbin

Sudu turbin merupakan komponen utama sebagai penggerak untuk menghasilkan energi mekanik, dalam penelitian ini menggunakan dua sudu turbin yaitu sudu turbin A dan sudu turbin B yang berputar setelah mendapatkan tekanan air. Penelitian ini menggunakan dua penggerak sudu turbin sehingga akan memerlukan perhitungan *rasio* pada sudu turbin A dan sudu turbin B yang di kombinasikan ke rotor generator untuk menilai hasil *torsi* pada generator.

d. *Drive pulley*

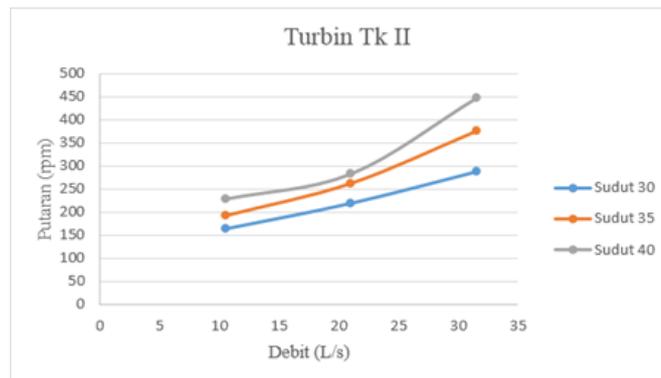
Drive pulley adalah komponen poros pada turbin yang berfungsi untuk menopang *v-belt*. *Drive pulley* merupakan komponen yang menyalurkan energi gerak putar pada *belt* sehingga *belt* bergerak.

Berdasarkan penelitian terdahulu tentang kinerja turbin ganda telah dilakukan pengambilan data tentang variasi sudut pengarah aliran terhadap putaran turbin tingkat satu dan turbin tingkat dua, juga variasi sudut pengarah aliran terhadap daya turbin tingkat satu dan daya turbin tingkat dua yaitu sebagai berikut:



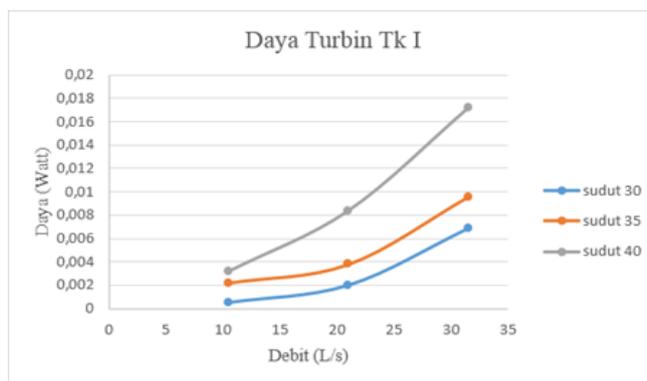
Gambar 2. 4 Kecepatan putar turbin tingkat I dengan variasi sudut pengarah

Sumber:Laksamana & Fahrudin (2018)



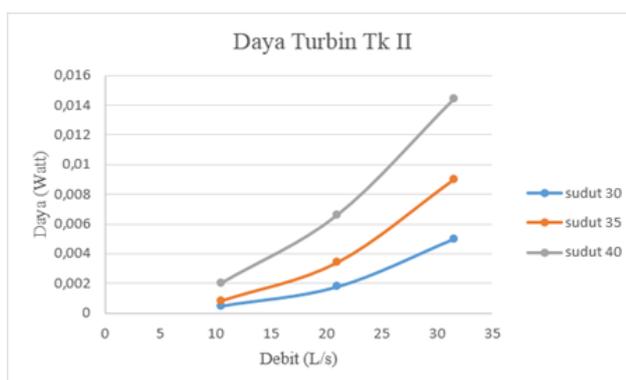
Gambar 2. 5 Kecepatan putar turbin tingkat II dengan variasi sudut pengarah

Sumber: Laksamana & Fahrudin (2018)



Gambar 2. 6 Daya turbin tingkat I dengan variasi sudut pengarah

Sumber: Laksamana & Fahrudin (2018)



Gambar 2. 7 Daya turbin tingkat II dengan variasi sudut pengarah

Sumber: Laksamana & Fahrudin (2018)

B. Tinjauan Pustaka

1. Abdul Muis, (2010). “*Turbin air pada PLTA Larona*” jurnal ilmu manajemen terapan Vol. 7, No. 1. Bertujuan untuk mengetahui karakteristik turbin air yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Larona dengan mengamati pengaruh variasi laju aliran (debit) air terhadap daya generator yang dihasilkan oleh generator. Pada penelitian ini diperoleh laju aliran (*debit*) air minimum pada 41.74 m³/s

yang menyebabkan *reugi head* sebesar 10.16m dan laju aliran maksimum pada 47.5 m³/s dengan *reugi head* 13.16 m. Efisiensi dan daya yang dihasilkan oleh turbin akan meningkat seiring dengan peningkatan laju aliran air. Pada range debit aliran (Q) 41.74 m³/s hingga 47.505 m³/s akan menghasilkan efisiensi turbin pada range 88.55% hingga 92.51% serta daya yang dihasilkan oleh turbin pada range 50,0 MW hingga 58,16 MW.

2. Skripsi dengan judul “*Rancang bangun simulasi turbin air crossflow*” oleh M. Nur Sya Fe’I (2016), Universitas Negeri Padang. Membahas tentang rancang bangun simulasi turbin *crossflow* yang bertujuan untuk menghasilkan alat simulasi turbin air *crossflow* yang efektif dan efisien. Dalam penelitian ini dapat menghasilkan daya oleh turbin yaitu jumlah putaran 337 rpm, daya air 36 watt daya efektif 4,23 watt dan efisiensi 12%.
3. Nugroho, dkk. (2018). “*Analisis potensi energi sampah sebagai energi alternatif terbarukan di kota Medan*” jurnal ilmiah tekno elektro Vol. 5, No. 1. Jurnal ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan krisis sumber energi yang terjadi di Indonesia khususnya di kota Medan, sampah merupakan solusi untuk dijadikan sumber alternatif energi terbarukan sebagai bentuk menangani krisis sumber energi seperti batu bara, minyak bumi dan lainnya. Penelitian ini memberikan hasil yaitu potensi energi sampah menjadi energi alternatif khususnya di kota Medan berpotensi untuk menjadi energi alternatif guna untuk

mendukung program pemerintah mengenai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil seperti batu bara, dan minyak bumi. Pada tahun 2020 di kota Medan sampah menjadi energi alternatif menghasilkan energi listrik sebesar 95.636 kWh. Sedangkan pada tahun 2021 di kota Medan sampah yang dijadikan sumber energi alternatif menghasilkan 186.483 kWh.

4. Laksana, & Fahrudin. (2018). “*Pengaruh sudut pengarah aliran pada turbin air crossflow tingkat dua terhadap putaran dan daya*” jurnal ilmiah Vol. 3 No 1. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi sudut pengarah aliran turbin tingkat I sudut 40° dengan debit air 31,5 L/s akan menghasilkan putaran paling tinggi sebesar 478 rpm dengan daya yang dihasilkan sebesar 0,0172 watt, sedangkan dengan sudut 30° menghasilkan 296 rpm daya yang dihasilkan 0,0069 watt. Pengaruh variasi sudut pengarah aliran turbin tingkat II sudut 40° dengan debit air 31,5 L/s akan menghasilkan putaran paling tinggi sebesar 447 rpm dengan daya yang dihasilkan sebesar watt, sedangkan dengan sudut 30° menghasilkan 287 rpm daya yang dihasilkan 0,0069 watt.
5. Tugas akhir yang berjudul “*Turbin crossflow panjaran ganda*” oleh Marwansyah dan Samkakai, (2020). Politeknik Negeri Ujung Pandang Makasar. Tugas akhir ini membahas tentang turbin *crossflow* panjaran ganda yang bertujuan untuk mendapatkan data dimensi turbin air *crossflow* dengan nosel dua tingkat, dan menganalisa turbin *crossflow*

dengan *nozzle* dua tingkat. Dalam penelitian ini didapatkan data hasil analisa turbin air *crossflow* sebagai pembangkit listrik tenaga *mikro hidro* (PLTMH) di simpulkan bahwa efisiensi maksimal sebesar 85,35% terjadi pada pengujian dengan bahan bukaan katup 75% untuk *nozzle vertikal* dan *horizontal* dengan debit air $1,01 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan efisiensi paling rendah sebesar 67,82% terjadi pada *nozzle horizontal* dengan bukaan katup 25% dan debit air $5,04 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Daya turbin maksimum 3,34 watt pada bukaan katup 75% *nozzle horizontal* dan *vertikal* dengan torsi 0,2322 Nm sedangkan daya turbin minimum 0,33 watt dan torsi 0,0648 pada bukaan katup 25%.

6. Purnama, dkk. (2022). “*Klasifikasi konsumsi energi industri baja menggunakan teknik mining*” jurnal teknoinfo Vol. 16 No. 2. Jurnal ini bertujuan untuk menegendalikan konsumsi energi di sektor industri. Hal ini dapat diklasifikasikan jenis bebannya dari faktor-faktor yang mendukung, beberapa parameter sangat dominan dalam hasil pengklarifikasian dan dataset *steell industri energy consumption* yang dipublikasikan oleh *UCI Repostitory* pada tahun 2021 yang terdiri dari 10 atribut dengan *class load type* yang bersifat kategori, dari pola yang didapat dari peneliti dengan akurasi 91.31% paling besar menggunakan model *Random Forest* dengan *propocessing normalisasi* di bandingkan dengan *proprocessing atributte selection* dan *algoritma* klasifikasi lain yaitu *Decision Tree*, *Naife Bayes*, dan *Artifical Neural Network*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu metode yang bertujuan untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya, dan menguji seperti apa hubungan sebab akibat antara variabel yang satu dengan variabel lainnya. Sukmadinata (2008) mengatakan, penelitian eksperimental merupakan pendekatan penelitian yang cukup khas. Khasan tersebut diperlihatkan dua hal, pertama penelitian eksperimen menguji secara langsung pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Kedua menguji hipotesis hubungan sebab akibat. Berdasarkan mengenai penelitian eksperimen tersebut, maka pada penelitian ini bertujuan untuk analisa data efisiensi turbin aliran silang bertingkat yang dipengaruhi stopkran terbuka 50%, 75%, dan 100% pada pipa sepanjang 4meter dengan diameter 2,5inch.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juli 2023 hingga desember 2023 dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-														
		1	2	3	4	5	7	8	10	11	12	13	14	15		
1	Pengajuan judul	■														
2	Penyusunan proposal		■	■	■	■	■									
3	Seminar proposal				■	■	■									
4	Pelaksanaan penelitian					■	■	■	■	■	■	■	■	■		
5	Pengolahan data						■	■	■	■	■	■	■	■		
6	Penyusunan laporan skripsi							■	■	■	■	■	■	■		
7	Ujian skripsi												■	■		

2. Tempat penelitian

Penelitian analisa daya turbin *crossflow multy stage* dilaksanakan di desa Lengkong kecamatan Bojong kabupaten Tegal.

C. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan kebutuhan alat dan bahan untuk menjalankan proses penelitian dalam pengambilan data, berikut merupakan alat dan bahan untuk penelitian:

1. Generator

Generator adalah alat yang berperan sangat penting pada penelitian ini, generator merupakan suatu alat yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik, generator dapat menghasilkan tipe arus searah atau *Direct Current* (DC) dan tipe arus bolak balik atau *Alternating Current* (AC). Genarator meenghasilkan listrik karena adanya motor, pada motor terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (*komutator*), cincin belah berguna sebagai saklar kutub ganda.



Gambar 3. 1 Generator

2. *Pulley* dan *belt*

Pulley dan *belt* adalah komponen mesin yang berfungsi mentransmisikan daya dari poros satu ke poros lainnya. *Pulley* sebagai komponen penghubung putaran yang diterima dari mesin penggerak yang diteruskan menggunakan sabuk atau *belt* ke benda yang akan di gerakan.



Gambar 3. 2 Pulley dan Belt

(sumber: <https://teknikjaya.co.id/fungsi-pulley-2.jpg>)

3. *Bearing*

Bearing merupakan bantalan yang berfungsi untuk membuat gerakan sistem *rotasi*, *bearing* juga berguna sebagai penyeimbang motor.



Gambar 3. 3 *Bearing*

(sumber: <https://www.bearingtips.com>)

4. *Tachometer*

Tachometer adalah alat ukur digunakan untuk mengukur perputaran mesin dalam satuan rpm, *tachometer* dalam penelitian ini berfungsi untuk mengukur hasil daya putar pada turbin.



Gambar 3. 4 Tachometer

(sumber: <https://www.jakartanotebook.com/tachometer>)

5. Meteran

Meteran merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengukur jarak dari titik A ke titik B.



Gambar 3. 5 Meteran

(Sumber: <https://ceklist.id/53098/meteran-roll-terbaik/>)

6. *Multitester*(AVO meter)

Multitester merupakan suatu alat ukur tegangan atau voltase yang dihasilkan dari komponen listrik.



Gambar 3. 6 Multitester

(sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Multimeter>)

7. *Stopwatch*

Stopwatch merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menghitung satuan waktu, berdasarkan jarak yang ditempuh dengan kecepatan tertentu.



Gambar 3. 7 *Stopwatch*

(sumber: <https://info perkakas.com/fungsi-dan-prinsip-kerja-stopwatch/>)

8. Poros

Poros merupakan bagian atau suatu komponen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya, sebagai bagian *stasioner* yang berputar dengan panjang 42 cm dengan diameter 18 cm.



Gambar 3. 8 Poros

(sumber: <http://teknik-mesin1.blogspot.com/2011/05/poros.html>)

9. Plat baja

Plat baja merupakan suatu material dalam bentuk lembaran atau lempengan, plat baja digunakan untuk membuat *runner* turbin, rumah turbin.

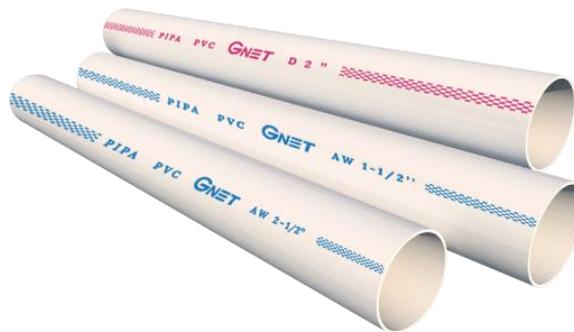


Gambar 3. 9 Plat Baja

(sumber: <http://teknik-mesin1.blogspot.com/2011/05/poros.html>)

10. Pipa PVC

Pipa PVC merupakan suatu benda yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dari luas penampang menuju rumah turbin. Panjang pipa yang digunakan yaitu dengan pipa sepanjang 4 meter dengan diameter 2,5 inch.



Gambar 3. 10 Pipa PVC

(sumber: <https://sunpevece.co.id/pipa-pvc>)

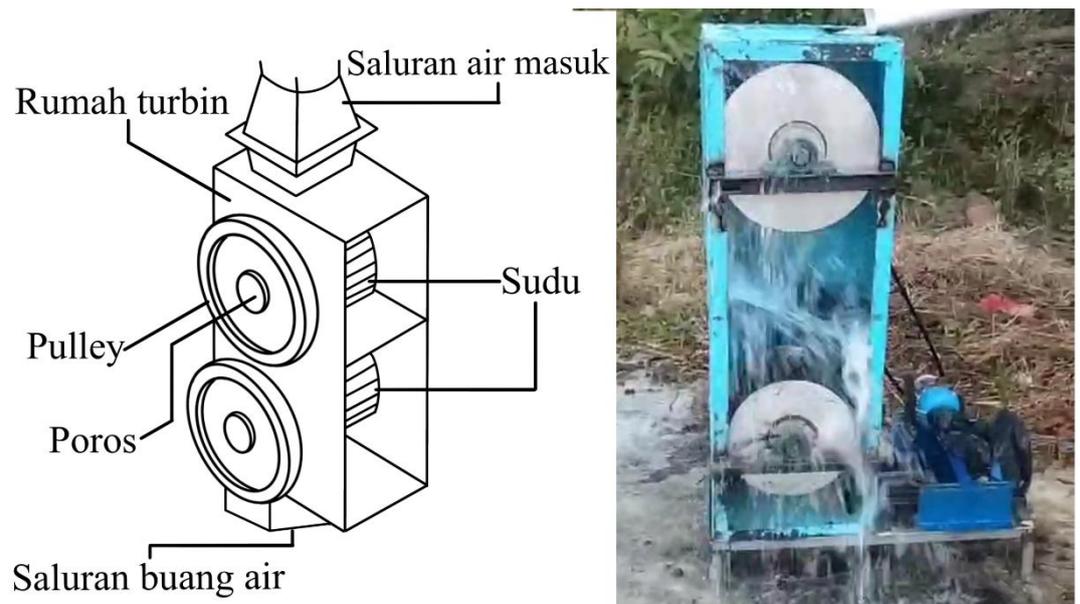
11. Kunci Pas

Kunci pas merupakan suatu alat bantu untuk membuka maupun mengencangkan baut pada turbin crossflow multystage.

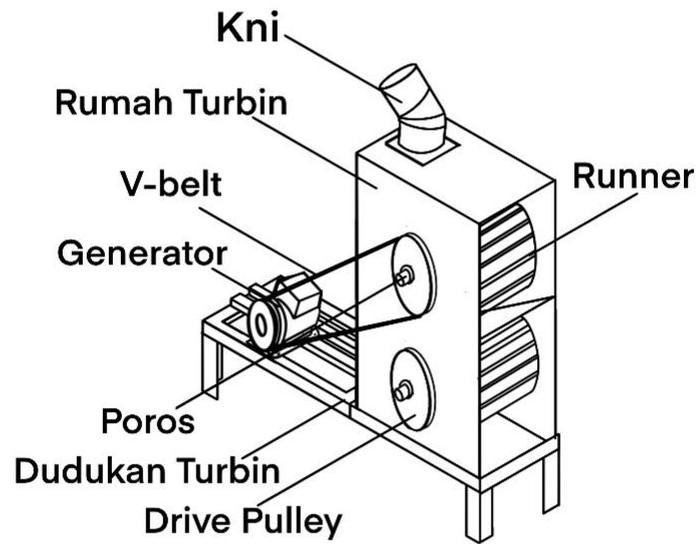


Gambar 3. 11 Kunci Pas

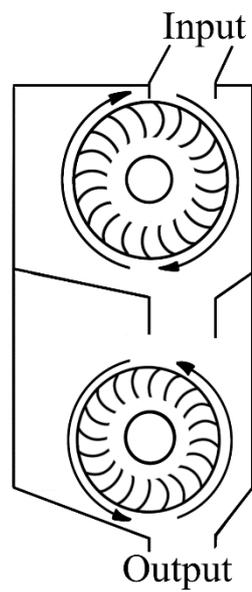
D. Gambar / Desain



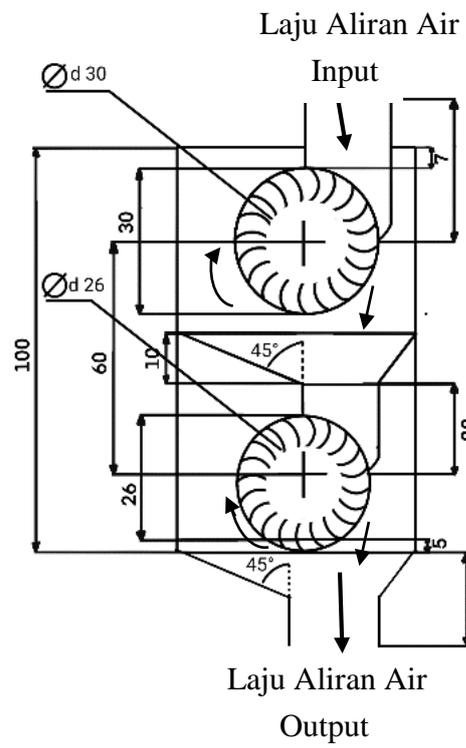
Gambar 3. 12 Desain turbin crossflow multystage



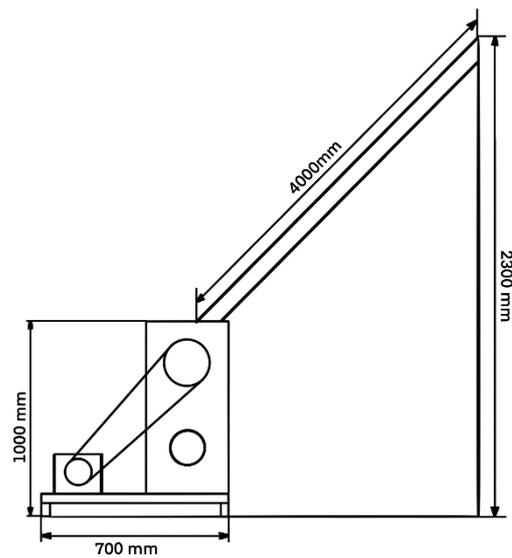
Gambar 3. 13 Komponen utama turbin crossflow multy stage



Gambar 3. 14 Rangkaian turbin *crossflow multy stage*



Gambar 3. 15 Dimensi turbin *crossflow multy stage*



Gambar 3. 16 Skema gambar

Keterangan :

- a. Ketinggian air terjun 2,3 m
- b. Penampung
- c. Kemiringan pipa 45°
- d. Turbin crossflow multy stage

E. Variabel penelitian

1. Variabel bebas

Variabel yang digunakan berdasarkan nilai efisiensi turbin *crossflow multystage* jika di pengaruhi stopkran terbuka 50%, 75%, 100% pada runner tingkat pertama dan tingkat kedua.

2. Variabel terikat

Variabel terikat (dependen) merupakan variabel yang dingaruhi atau menjadi sebab akibat karena adanya variabel bebas. Sedangkan variabel terikat pada penelitian ini meliputi:

- a. Debit terhadap daya turbin tingkat satu dan tingkat dua
- b. Torsi turbin tingkat satu dan turbin tingkat dua.
- c. Kecepatan nilai angular turbin tingkat satu dan turbin tingkat dua.
- d. Perhitungan daya turbin tingkat satu dan turbin tingkat dua.
- e. Debit terhadap daya air turbin tingkat satu dan turbin tingkat dua
- f. Efisiensi turbin.

F. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data yang digunakan antara lain:

1. Metode eksperimen

Metode eksperimen merupakan suatu metode penelitian yang digunakan untuk memutuskan apakah ada efek samping dari suatu objek penelitian yang akan mempengaruhi objek suatu penelitian. Metode eksperimen diterapkan dengan menganalisa data efisiensi turbin aliran silang bertingkat yang dipengaruhi stopkran terbuka 50%, 75%, dan 100% pada pipa sepanjang 4 meter dengan diameter 2,5 inch. Berikut langkah-langkah eksperimen:

- a. Langkah pra eksperimen

Langkah pra eksperimen dilakukan untuk melakukan perancangan dan pembuatan turbin air cross (*flow multy stage*). Langkah ini dimulai dari survei tempat yang memiliki sumber mata air yang berpotensi untuk pembuatan PLTA *mikrohidro*. Selanjutnya memulai pembelian bahan-bahan penyusunan hingga menjadi turbin air *cross flow multy stage* lengkap. Pengambilan data dilakukan setelah mampu menjalankan komponen dan sebagaimana fungsinya, dan tidak terdapat kendala apapun pada turbin air *cross flow multy stage*.

- b. Langkah eksperimen

Sebelum melakukan langkah eksperimen dan pengambilan data pada penelitian ini, siapkan alat dan bahan yang sudah

disebutkan dalam instrumen penelitian. Jika semua alat dan bahan sudah terkumpul, rangkai semua komponen turbin *cross flow multy stage* sesuai desain dan perancangan yang sudah ditentukan, setelah turbin *cross flow multy stage* sudah bekerja dengan baik, langkah eksperimen dan pengujian untuk pengambilan data sesuai dengan variabel yang sudah ditentukan dapat di mulai, berikut langkah langkahnya:

- 1) langkah pertama dalam penelitian ini yaitu mengukur debit air, untuk mendapatkan nilai debit air di butuhkan suatu penampung dan hitung volume penampung tersebut, atur pipa pesat sesuai head yang sudah di tentukan lalu alirkan air ke penampung hingga penuh, gunakan stopwatch untuk menghitung waktu hingga penampung penuh. Lakukan pengujian berdasarkan variabel penelitian yaitu stopkran terbuka 50%, 75%, dan 100%, lakukan pengujian sebanyak 3 kali sebagai perbandingan dan untuk mendapatkan hasil debit air yang maksimal.
- 2) setelah mendapatkan data pengujian debit air, rakit turbin sesuai dengan sekema gambar dan uji turbin barangkali masih terdapat kendala, seting turbin hingga runner berputar dengan stabil
- 3) Langkah pengujian selanjutnya yaitu mengukur kecepatan poros pada turbin dengan menggunakan tachometer, lakukan pengujian berdasarkan variabel penelitian, masing masing dalam pengujian dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali.

- 4) Pengambilan data selanjutnya yaitu uji pengereman, pengujian ini yaitu menggunkan sabuk kanvas dan diberikan beban pada sabuk, jika turbin masih berjalan tambahkan beban terus menerus pada sabuk kanvas hingga turbin berhenti, jika turbin sudah berhenti ukur berat beban tersebut menggunakan satuan kg.
- 5) Pengujian selanjutnya yaitu menguji tegangan yang dihasilkan generator.
- 6) Setelah data pengujian debit air,putaran poros, sistem pengereman pada turbin tingkat pertama dan kedua berdasarkan pengaruh stopkran terbuka 50%, 75%,dan 100% pada pipa sepanjang 4meter dengan diameter pipa 2,5inch, maka data tersebut dapat di masukan ke dalam tabel.
- 7) Langkah selanjutnya yaitu menghitung torsi, menghitung kecepatan anguler, menghitung daya turbin, menghitung daya air dan terakhir menghitung nilai efisiensi turbin dari data pengujian yang berada pada tabel.
- 8) Perlu di ingat dalam pengujian ini data dilakukan pada setiap tingkatan turbin berdasarkan variabel penelitian ini.

Tabel 3. 2 Analisa data pengujian turbin crossflow multystage tingkat pertama

Stopkran terbuka	Debit air (m ³ /s)	Waktu (s)	Putaran poros (rpm)	Rata -rata (rpm)	Volt (v)
50%		30			
		60			
		90			

75%		30			
		60			
		90			
100%		30			
		60			
		90			

Tabel 3. 3 Analisa data pengujian turbin crossflow multy stage tingkat kedua

Stopkran terbuka	Debit air (m ³ /s)	Waktu (s)	Putaran poros (rpm)	Rata -rata (rpm)	volt (v)
50%		30			
		60			
		90			
75%		30			
		60			
		90			
100%		30			
		60			
		90			

Tabel 3. 4 Hasil data pengujian turbin crossflow multystage tingkat pertama

Stopkran terbuka	Q Debit air (m ³ /s)	τ Torsi (Nm)	Pt Daya turbin (watt)	Pa Daya air (watt)	nt Efisiensi turbin (%)
------------------	---------------------------------------	-------------------------	-----------------------------	--------------------------	-------------------------------

50%
75%
100%

Tabel 3. 5 Hasil data pengujian turbin crosflow multystage tingkat kedua

Stopkran terbuka	Q Debit air (m ³ /s)	τ Torsi (Nm)	Pt Daya turbin (watt)	Pa Daya air (watt)	nt Efisiensi turbin (%)
50%					
75%					
100%					

G. Tahap Perencanaan Awal

Tahap perencanaan awal berguna untuk melakukan perbandingan antara nilai persentase daya air perencanaan dengan daya air yang dihasilkan oleh turbin crossflow multy stage sesuai dengan data yang didapatkan saat penelitian dan melalui pengolahan data penelitian.

Karena dalam tahap perencanaan belum memiliki nilai maka untuk menghitung dengan persamaan:

$$E_p = E_k$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 1,3 \text{ m}}$$

$$v = \sqrt{25,506} \text{ m}$$

$$v = 5,05 \text{ m/s}$$

setelah mengetahui nilai dari v maka perlu mencari nilai A yaitu dengan persamaan berikut:

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

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,0635 \text{ m}^2}{4m}$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,004 \text{ m}}{4m}$$

$$A = 0,0031 \text{ m}^2$$

Jika nilai v dan A sudah di ketahui maka dapat menghitung rencana awal debit air dengan menggunakan persamaan:

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = 5,05\text{m/s} \cdot 0,0031\text{m}^2$$

$$Q = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$$

Mencari putaran rotor dengan persamaan:

$$v = \frac{2 \pi \cdot r \cdot n}{60}$$

$$n = \frac{60 \cdot v}{2 \pi \cdot r}$$

$$n = \frac{60 \cdot 5,05\text{m/s}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,15}$$

$$n = \frac{303}{0,942}$$

$$n = 321,65 \text{ rpm}$$

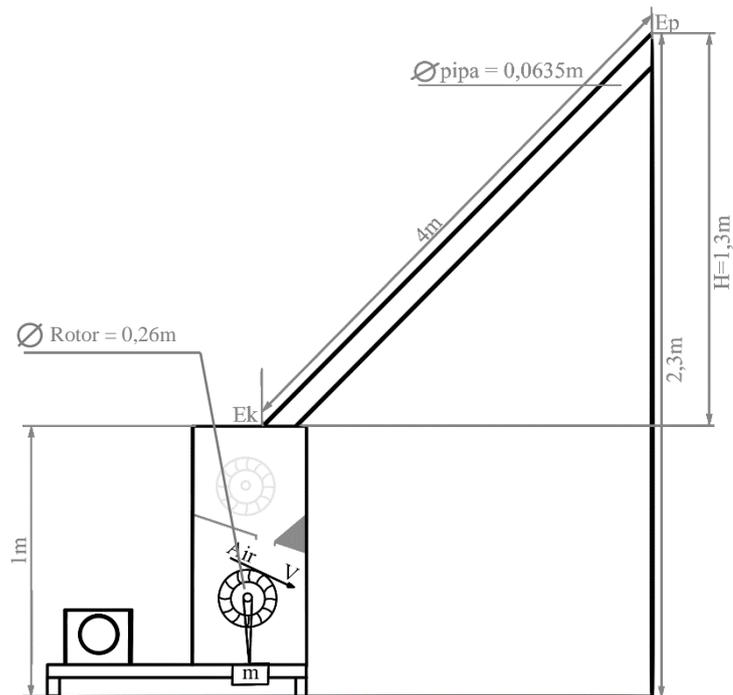
Setelah rencana awal putaran poros diketahui maka langkah selanjutnya yaitu menghitung rencana awal nilai daya turbin dengan persamaan berikut:

$$P_a = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

$$P_a = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81\text{m/s} \cdot 1,3\text{m} \cdot 0,015\text{m}^3/\text{s}$$

$$P_a = 190,29 \text{ watt}$$

Maka dapat diketahui nilai rencana awal daya air yaitu sebesar 190,29watt.



Gambar 3. 18 Perencanaan awal seting alat turbin tingkat dua

Dalam tahap perencanaan perlu mengetahui rencana awal debit terlebih dahulu, berikut merupakan perhitungan perencana debit dengan persamaan:

$$Q = v \cdot A$$

Keterangan:

Q = debit air (m^3/s)

v = kecepatan aliran (m/s)

A = luas penampang (m^2)

Karena dalam tahap perencanaan belum memiliki nilai maka untuk menghitung dengan persamaan:

$$E_p = E_k$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 1,3 \text{ m}}$$

$$v = \sqrt{25,506 \text{ m}}$$

$$v = 5,05 \text{ m/s}$$

setelah mengetahui nilai dari v maka perlu mencari nilai A yaitu dengan persamaan berikut:

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

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,0635\text{m}^2}{4m}$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,004\text{m}}{4m}$$

$$A = 0,0031\text{m}^2$$

Jika nilai v dan A sudah di ketahui maka dapat menghitung rencana awal debit air dengan menggunakan persamaan:

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = 5,05\text{m/s} \cdot 0,0031\text{m}^2$$

$$Q = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$$

Mencari putaran rotor dengan persamaan:

$$v = \frac{2 \pi \cdot r \cdot n}{60}$$

$$n = \frac{60 \cdot v}{2 \pi \cdot r}$$

$$n = \frac{60 \cdot 5,05\text{m/s}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,13}$$

$$n = \frac{303}{0,816}$$

$$n = 371,65 \text{ rpm}$$

Setelah rencana awal putaran poros diketahui maka langkah selanjutnya yaitu menghitung rencana awal nilai daya turbin dengan persamaan berikut:

$$P_a = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

$$P_a = 997 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81\text{m/s} \cdot 1,3\text{m} \cdot 0,015\text{m}^3/\text{s}$$

$$P_a = 190,29 \text{ watt}$$

Maka dapat diketahui nilai rencana awal daya air yaitu sebesar 190,29watt.

H. Metode Analisa Data

Pada penelitian ini menggunakan teknis analisa data berupa analisi deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Metode analisis data deskriptif adalah dengan menuturkan dan menafsirkan data yang ada.

Data eksperimen kemudian di masukan kedalam rumus perhitungan untuk menghasilkan data tujuan utama dari penelitian ini, yaitu nilai efisiensi turbin, berikut urutan rumus untuk mendapatkan efisiensi turbin:

1. Menghitung debit air

$$Q = \frac{V}{t}$$

Keterangan:

Q = Debit air yang mengalir (m^3/s)

V = Volume (m^3)

t = waktu (s)

2. Daya torsi (Nm)

$$\tau = r \cdot F$$

Keterangan:

τ = torsi/ momen gaya (Nm)

r = jari-jari (m)

F = gaya (m/s)

3. Perhitungan kecepatan angular (rad/s)

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Keterangan:

ω = kecepatan angular (rad/s)

n = putaran turbin (rpm)

4. Daya turbin (watt)

$$P_t = \tau \cdot \omega$$

Keterangan:

P_t = Daya turbin (watt)

τ = Torsi (N.m)

ω = Kecepatan angular (rad/s)

5. Daya air (watt)

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

Keterangan:

P_a = Daya air (watt)

ρ = Masa jenis air (kg/cm^3)

Q = Debit air (m^3)

g = Gravitasi (m/d^2)

H = Head (m)

6. Efisiensi turbin

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} 100\%$$

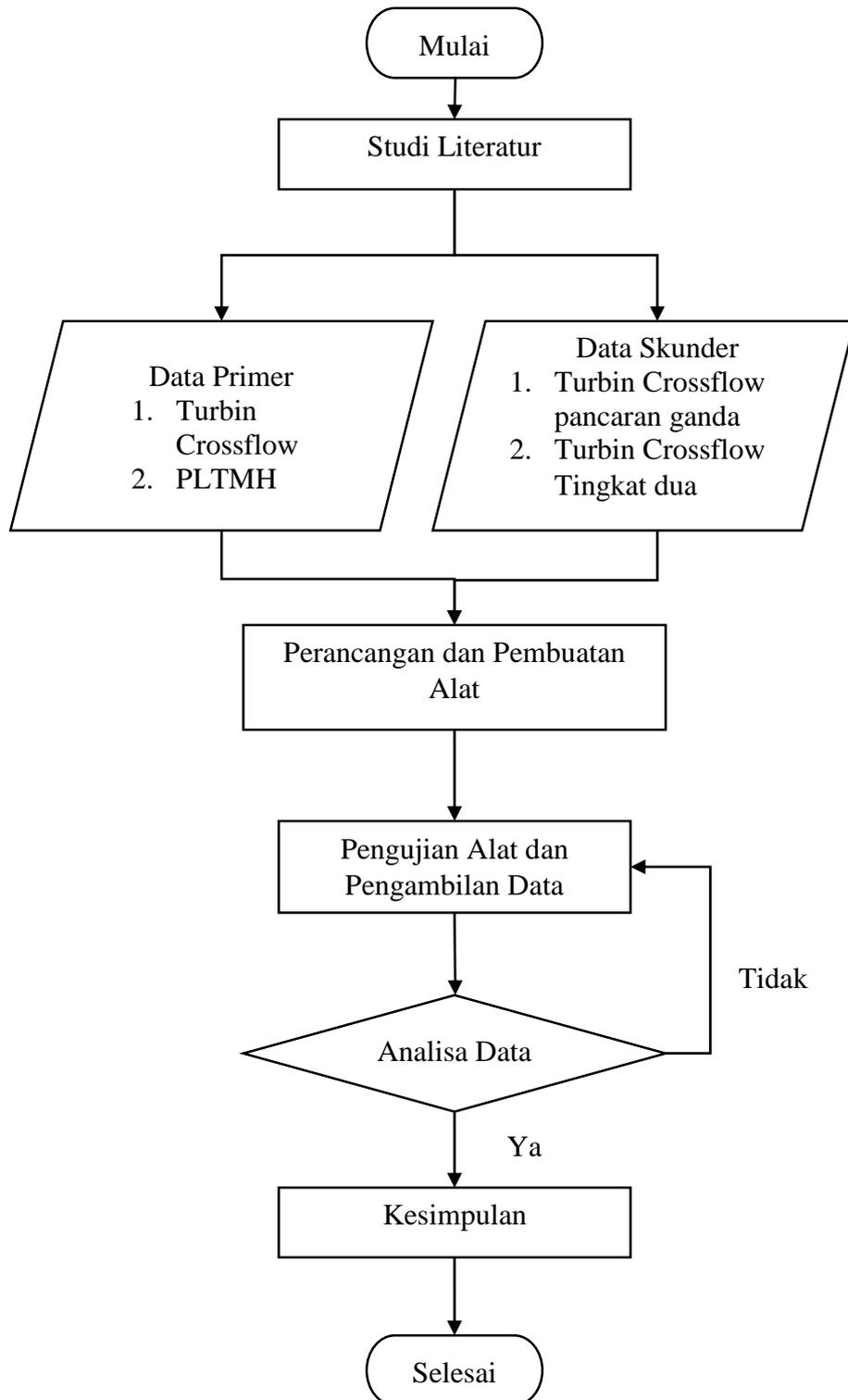
keterangan:

η_t = efisiensi turbin (%)

P_t = daya turbin (watt)

P_a = debit terhadap daya air (watt)

I. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.19 Diagram alur penelitian

