



ANALISA DAYA *OUTPUT* TURBIN AIR *CROSSFLOW SINGLE STAGE*

DI DESA LENGKONG

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi

Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin

Oleh :

ALFA MAULANA

NPM : 6419500042

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul "ANALISA DAYA *OUTPUT* TURBIN AIR *CROSS-FLOW SINGLE STAGE* DI DESA LENGKONG".

Nama Peneliti : Alfa Maulana

NPM : 6419500042

Telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk dipertahankan dihadapan dewan penguji skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer :

Hari : Rabu

Tanggal : 10 Juli 2024

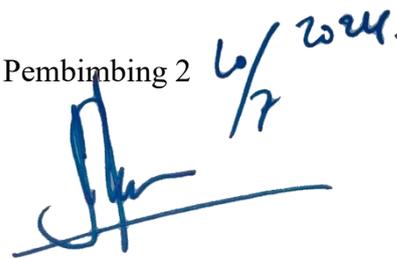
Pembimbing 1



Ahmad Farid, ST., MT.

NIPY. 191511101978

Pembimbing 2



Hadi Wibowo, ST., MT.

NIPY. 20651641971

HALAMAN PENGESAHAN

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

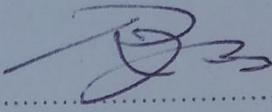
Hari : Senin

Tanggal : 22 Juli 2024

Ketua penguji

TTD

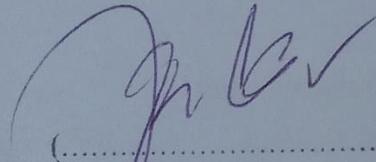
Rusnoto, ST., MEng.
NIPY. 14054121974



(.....)

Penguji Utama

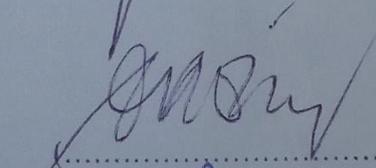
Mustaqim, ST., MEng.
NIPY. 9050751970



(.....)

Penguji I

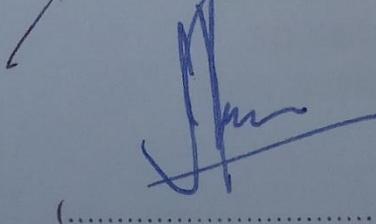
Ahmad Farid, ST., MT.
NIPY. 191511101978



(.....)

Penguji II

Hadi Wibowo, ST., MT.
NIPY. 20651641971



(.....)

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer

Dr. Agus Wibowo, ST., MT.
NIPY. 126518101972

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini dengan judul “**Analisa Daya Output Turbin Air Crossflow Single Stage Di Desa Lengkong**” 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 saya ini.

Yang bertanda tangan
Dibawah ini



Alfa Maulana

NPM. 6419500042

MOTTO

1. Setiap kesulitan pasti ada kemudahan dan setiap masalah pasti ada solusi
2. Jadikan kesalahan sebagai guru bukan musuh
3. Jadilah cahaya dalam kegelapan
4. Tetap tenang dalam situasi apapun
5. Bertanggung jawablah pada jalan yang kamu pilih, nikmati setiap prosesnya.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada :

1. Allah SWT yang memberikan nikmat dan karuniannya.
2. Nabi Muhammad SAW yang selalu ditunggu syafaatnya dihari akhir nanti.
3. Orang tua saya, Bapak Agus Salim dan Ibu Khosidah yang selalu bekerja keras, menasehati, mendidik, mendo'akan, mendukung saya dalam keadaan apapun sehingga membuat saya selalu semangat.
4. Kepada kedua kakak saya, Ifkhanul Falah dan Sani Isrotun yang tak kunjung bosan memberi semangat dan doa kepada saya.
5. Nuniek Lestari Azizi, orang yang saya sayangi dan tidak pernah bosan untuk memberi suport sistem kepada saya.
6. Robis Fazazi, Ust. Mujib Nurokhman dan Tim limabelas pas yang telah bekerja sama dalam waktu, usaha, fikiran dan dana pada penelitian ini.
7. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2019.

PRAKATA

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 *Output* Turbin Air *crossflow Single Stage* Di Desa Lengkong”. Penyusunan skripsi ini dimaksud untuk memenuhi suatu syarat dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 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. M.T selaku dekan Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
2. Bapak Ahmad Farid, ST., MT. selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Hadi Wibowo, ST., M.T selaku dosen pembimbing II.
4. Bapak Agus Shidiq, ST., M.T selaku wali dosen.
5. Segenap dosen dan Staf Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
6. Orang Tua serta Saudara-Saudara penulis yang memberikan dorongan materil pada penulis dalam menempuh studi dan semua pihak yang memberikan dorongan dalam menempuh studi maupun dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat dipersebutkan satu-persatu.

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.

Brebes, 5 Juli 2024

Penulis

Alfa Maulana

NPM. 6419500042

ABSTRAK

ALFA MAULANA, 2024. “ANALISA DAYA *OUTPUT* TURBIN AIR *CROSSFLOW SINGLE STAGE* DI DESA LENGKONG” Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.

Energi kini menjadi kebutuhan pokok bagi setiap anggota masyarakat, baik untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga sehari-hari maupun aktivitas proses industri. Di masa yang sekarang perlu adanya pengembangan terkait dengan Energi Baru Terbarukan (EBT) yang mampu menggantikan bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin menipis. Pemanfaatan teknologi ramah lingkungan dalam sistem pembangkit tenaga listrik dapat dicapai melalui penggunaan sumber energi baru dan terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga air. Meskipun banyak desa terpencil yang memiliki potensi sumber daya air yang dapat dikembangkan menjadi PLTMH, namun masih banyak aliran sungai yang belum dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik. Turbin air (hydro) adalah alat untuk mengubah energi air menjadi energi putar. Energi putar ini di ubah menjadi energi listrik oleh generator, Desa Lengkonng dapat digunakan turbin air tipe crossflow karena desa tersebut memiliki aliran air yang sedang. Penelitian ini bertujuan untuk Merancang turbin air tipe crossflow single stage dan Menguji turbin untuk mendapat nilai daya turbin dan efisiensi turbin.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu mencoba menguji hubungan antara dua variabel yang muncul secara sadar oleh peneliti dengan cara meminimalkan, mereduksi, atau mengidentifikasi variabel lain yang mungkin menimbulkan masalah. Siapkan peralatan dan bahan; Pasang rumah turbin ke pipa pesat dengan kemiringan pipa 45°, 60% dan 75%; Buka pintu air; Gunakan tachometer untuk mencatat data putaran turbin dan mengekstrak torsi dari putaran turbin; Setelah mendapatkan hasil pengujian berupa putaran dan debit turbin, masukkan ke dalam tabel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kemiringan pipa 45° nilai torsi yang diperoleh sebesar 0,123 Nm dengan daya output turbin sebesar 3,109 watt dan nilai efisiensi turbin sebesar 11%. Pada kemiringan pipa 60° nilai torsi yang di peroleh sebesar 0,115 Nm dengan daya output turbin sebesar 2,749 watt dan nilai efisiensi turbin sebesar 9%. Sedangkan kemiringan pipa 75° nilai torsi yang diperoleh sebesar 0,105 Nm dengan daya output turbin sebesar 2,088 watt dan nilai efisiensi turbin sebesar 7%.

Kata kunci : Energi baru terbarukan, turbin crossflow, torsi, daya output.

ABSTRACT

ALFA MAULANA, 2024. “ANALISA DAYA *OUTPUT* TURBIN AIR *CROSSFLOW SINGLE STAGE* DI DESA LENGKONG” Mechanical Engineering University of Pancasakti Tegal.

Energy is now a basic need for every member of society, both to meet daily household needs and industrial process activities. In the current era, there is a need for development related to New Renewable Energy (EBT) which is able to replace fossil fuels whose availability is increasingly running low. The use of environmentally friendly technology in electricity generation systems can be achieved through the use of new and renewable energy sources such as hydroelectric power plants. Even though many remote villages have potential water resources that can be developed into MHP, there are still many river flows that have not been utilized to generate electricity. A water turbine (hydro) is a tool for converting water energy into rotational energy. This rotational energy is converted into electrical energy by a generator. Lengkong Village can use a crossflow type water turbine because the village has moderate water flow. This research aims to design a single stage crossflow type water turbine and test the turbine to obtain turbine power and turbine efficiency values.

The method used in this research is an experimental method, namely trying to test the relationship between two variables that emerged consciously by the researcher by minimizing, reducing, or identifying other variables that might cause problems. Prepare equipment and materials; Install the turbine housing into the penstock pipe with pipe slopes of 45°, 60% and 75%; Open the floodgates; Use a tachometer to record turbine rotation data and extract torque from turbine rotation; After getting the test results in the form of turbine rotation and discharge, enter them into the table.

The research results show that at a pipe slope of 45° the torque value obtained is 0.123 Nm with a turbine output power of 3,109 watts and a turbine efficiency value of 11%. At a pipe slope of 60° the torque value obtained is 0.115 Nm with a turbine output power of 2,749 watts and a turbine efficiency value of 9%. While the pipe slope is 75°, the torque value obtained is 0.105 Nm with a turbine output power of 2,088 watts and a turbine efficiency value of 7%.

Keywords: *New renewable energy, crossflow turbine, torque, output power.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN.....	vi
PRAKATA.....	vii
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
LAMBANG.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	6
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. LANDASAN TEORI.....	8
1. Energi.....	8
2. Energi Baru Terbarukan.....	15
3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro.....	17

4. Turbin Air.....	18
5. Turbin Crossflow.....	20
B. TINJAUAN PUSTAKA.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
A. Metode Penelitian.....	31
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
C. Instrumen Penelitian dan Desain Pengujian	31
D. Gambar / Desain.....	38
E. Variabel Penelitian	41
F. Tahap Penelitian	41
G. Tahap Perencanaan Awal.....	42
H. Metode Pengumpulan Data	45
I. Metode Analisis Data	47
J. Diagram Alur Penelitian.....	50
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
A. Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
B. Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	Error! Bookmark not defined.
A. Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
B. Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Sungai Desa Lengkong.....	3
Gambar 1. 2 Lokasi Sungai Desa Lengkong.....	4
Gambar 2. 1 Prinsip kerja turbin Crossflow	21
Gambar 2. 2 Turbin Crossflow jenis vertikal	22
Gambar 2. 3 Turbin Crossflow jenis horizontal	23
Gambar 2. 4 Turbin Crossflow.....	26
Gambar 3. 1 Generator	32
Gambar 3. 2 Inventer.....	32
Gambar 3. 3 Tachometer	33
Gambar 3. 4 Ampermeter.....	33
Gambar 3. 5 Pulley dan V-belt	34
Gambar 3. 6 Meteran.....	34
Gambar 3. 7 Multitester	35
Gambar 3. 8 Besi Poros.....	35
Gambar 3. 9 Plat baja	36
Gambar 3. 10 Stopwatch	36
Gambar 3. 11 Bearing	37
Gambar 3. 12 Pipa PVC	37
Gambar 3. 13 Desain turbin air crossflow	38
Gambar 3. 14 Sekma dimensi turbin Crossfow	39
Gambar 3. 15 Komponen turbin air crossflow.....	40
Gambar 3. 16 Runner Turbin	40
Gambar 3. 17 Perencanaan awal seting alat.....	42
Gambar 3. 18 Diagram Alur.....	50
Gambar 4. 1.Grafik rata-rata putaran turbin.....	
Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4. 2.Grafik Perhitungan Torsi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3.Grafik Daya Turbin	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4.Grafik Efisiensi Turbin.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik turbin air	19
Tabel 2.Data hasil penelitian.....	46
Tabel 3.Data Pengujian RPM.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.Data Pengujian Debit Air	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5.Data Pengujian Daya Air.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.Data pengujian Torsi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 7.Data Hasil keseluruhan	Error! Bookmark not defined.

LAMBANG

%	: persen (per seratus)
Cm	: centimeter
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

Energi kini menjadi kebutuhan pokok bagi setiap anggota masyarakat, baik untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga sehari-hari maupun aktivitas proses industri. Konsumsi energi utama dunia tumbuh sebesar 5,8% pada tahun 2021 menyusul penurunan sebesar 4,5% pada tahun 2020 akibat pandemi COVID-19, yang berdampak pada setiap negara di dunia, menurut "BP Statistical Review of World Energy edisi ke-71" tahun 2022. . Bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi masih memenuhi sebagian besar kebutuhan energi Indonesia. Di masa yang sekarang perlu adanya pengembangan terkait dengan Energi Baru Terbarukan (EBT) yang mampu menggantikan bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin menipis. Ada beberapa macam jenis Energi Baru Terbarukan seperti energi air, energi angin, energi surya, biomassa, gelombang air laut, nuklir, dan energi panas bumi (Vakulchuk et al., 2020).

Energi yang dihasilkan oleh aliran air disebut dengan tenaga air. Energi air dapat dimanfaatkan sebagai energi mekanik dan listrik, menjadikannya sumber energi baru dan terbarukan (EBT). Pemanfaatan teknologi ramah lingkungan dalam sistem pembangkit tenaga listrik dapat dicapai melalui penggunaan sumber energi baru dan terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga air (Sihombing dan Susila, 2016).

Karena mempunyai banyak kegunaan, termasuk menunjang kehidupan manusia, listrik merupakan sumber daya yang paling sering dimanfaatkan.

Contoh instrumen yang mengandalkan listrik antara lain perangkat elektronik. Di banyak sektor, seperti industri, pendidikan, dan sebagainya, listrik sangat penting untuk kelangsungan hidup. Oleh karena itu, listrik menempati posisi teratas sebagai kebutuhan terpenting negara. Meskipun banyak desa terpencil yang memiliki potensi sumber daya air yang dapat dikembangkan menjadi PLTMH, namun masih banyak aliran sungai yang belum dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik. Sementara itu, PLN belum mampu menyalurkan listrik hingga ke desa-desa terpencil. Pembangkit listrik tenaga *mikrohidro* (PLTMH) menjadi salah satu solusi yang dapat di gunakan untuk mengatasi masalah ini dengan memanfaatkan sumber daya alam berbasis air menggunakan alat turbin air. Turbin air (*hydro*) adalah alat untuk mengubah energi air menjadi energi putar. Energi putar ini di ubah menjadi energi listrik oleh generator. Ada beberapa jenis turbin air, yaitu: *Turbin Crossflow*, *Turbin Turgo*, *Turbin Pleton*, *Turbin Kaplan* dan *Turbin Francis* (Luknanto, 2012)

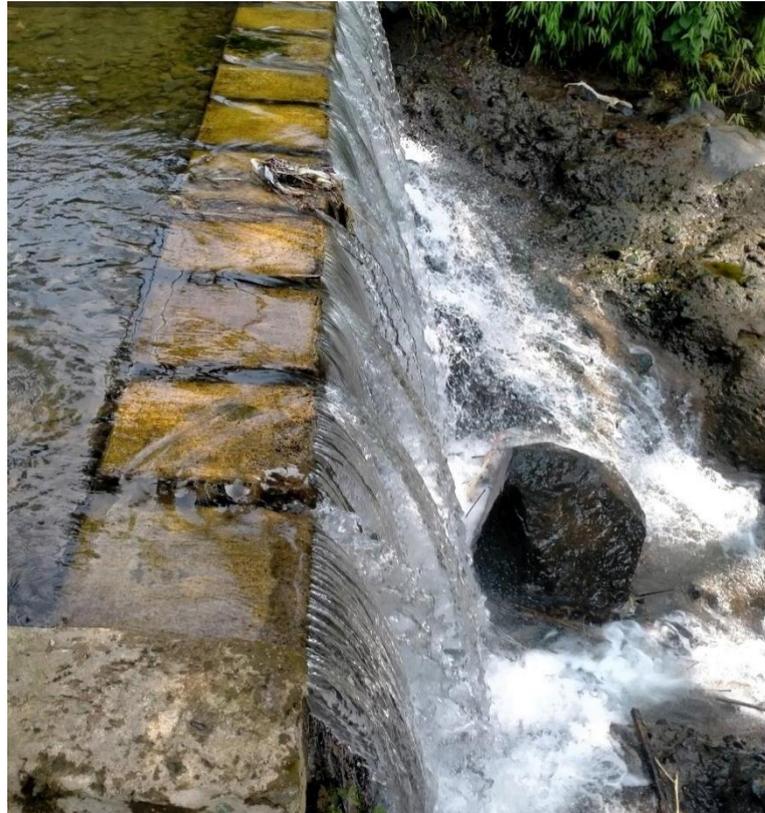
Turbin aliran silang merupakan turbin implastis tipe aliran radial. Teori Banki, yang mematenkan ide tersebut sekitar tahun 1920, menjadi landasan pengembangan asli turbin aliran silang, yang juga dikenal sebagai turbin Banki. Turbin aliran silang tidak lagi sering digunakan; sebaliknya, turbin yang lebih kontemporer seperti turbin *Platoon*, *Francis*, atau *Kaplan* telah menggantikannya. Namun, turbin aliran silang memiliki keunggulan unik dibandingkan turbin jenis lain (Anjar, 2003). Lebar nosel persegi panjang yang digunakan turbin aliran silang sama dengan lebar runner. Untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik, pancaran air memasuki turbin dan

mengenai sudu-sudu. Saat air keluar, ia membentur bilahnya dan kehilangan energi (lebih sedikit dibandingkan saat pertama kali masuk). (Mafrudin, 2014).

Desa Lengkong berpotensi menjadi lokasi untuk wisata arung jeram dan mayoritas penduduknya bekerja di sawah. Desa Lengkong terletak di kecamatan Bojong Kabupaten Tegal. Desa Lengkong berpenduduk 6251 jiwa, yang dianggap cukup untuk luas wilayah 246,00 m² berdasarkan data saat ini. Namun karena sejumlah tantangan yang dihadapi, termasuk minimnya penerangan di lokasi, wisata arung jeram belum terwujud. Desa Lengkong mempunyai sumber daya alam berbasis air yang melimpah, namun masyarakat tidak memanfaatkannya, padahal penggunaan energi listrik setiap harinya meningkat.



Gambar 1. 1 Lokasi Sungai Desa Lengkong



Gambar 1. 2 Lokasi Sungai Desa Lengkong

Sangat disayangkan jika air sungai yang melimpah dengan tinggi (head) 2,3 meter ini tidak dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik seperti lampu jalan, karena jarak dari desa ke sungai cukup jauh. Permasalahan tersebut mengharuskan terciptanya energi baru terbarukan (EBT) berbasis air untuk menghasilkan pembangkit listrik tenaga air dengan memanfaatkan kondisi sungai, khususnya di Desa Lengkong yang dapat digunakan turbin air tipe *crossflow* karena desa tersebut memiliki aliran air yang sedang.

B. Batasan Masalah

Masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini dibatasi dalam penelitian dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

1. Energi baru terbarukan (EBT)
2. Energi air (*hydro*)
3. Pembangkit listrik tenaga *mikrohidro* (PLTMH)
4. Turbin air tipe aliran melintang (*crossflow*)
5. Tidak menghitung daya *output* generator.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dirumuskan suatu pertanyaan sebagai berikut :

1. Menghitung torsi pada turbin air *crossflow*.
2. Menghitung berapa besar daya output yang dihasilkan turbin dengan kemiringan pipa 45° , 60° dan 75° .
3. Menghitung nilai efisiensi turbin pada kemiringan pipa 45° , 60° , dan 75° .

D. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini penulis bertujuan agar pembaca mengetahui hasil penelitian ini yaitu :

1. Menganalisa turbin air tipe *crossflow single stage*.
2. Menguji turbin untuk mendapat nilai daya turbin dan efisiensi turbin.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat pada penulis dan pembaca diantaranya :

1. Menerapkan ilmu yang di dapat selama perkuliahan.
2. Sebagai bentuk pengembangan energi baru khususnya dalam pengembangan turbin air *crossflow single stage*.
3. Sebagai acuan penelitian selanjutnya.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini, disusun sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat informasi latar belakang, rumusan masalah, batasan, tujuan, dan manfaat penelitian, serta pendekatan metodologis dalam menghasilkan tugas akhir.

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Landasan teori penelitian dan tinjauan literatur terdapat pada bab ini: menguraikan energi baru terbarukan (EBT) berbasis energi air yang dapat digunakan pada turbin air crossflow yaitu sebagai pembangkit listrik tenaga *mikrohidro* (PLTMH).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang pendekatan penelitian yang akan diterapkan dalam penulisan, beserta kerangka penulisan yang mencakup waktu penelitian, bahan, dan alat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat hasil penelitian dan mengulas pembahasan hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini mencakup sejumlah kesimpulan dan saran yang ringkas dan mudah dipahami yang diperoleh dari temuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. LANDASAN TEORI

1. Energi

Tergantung pada sudut pandang seseorang dan pendapat para ahli, energi dapat memiliki arti yang berbeda-beda. Hasil kali massa dan kuadrat kecepatan cahaya adalah energi. (Cengel & Boles, 2015). Bagi manusia, energi merupakan suatu sumber daya atau jasa yang dapat dimanfaatkan dengan baik untuk memperlancar pekerjaan, dalam hal ini pekerjaan yang berkaitan dengan tugas rumah tangga, industri, dan transportasi (Campbell, et al., 2002). Berdasarkan penjelasan berbeda yang diberikan di atas, energi adalah hasil penggunaan sumber daya yang diubah menjadi berbagai bentuk untuk mendukung berbagai aktivitas manusia. Misalnya, energi digunakan sebagai bahan bakar atau pembangkit listrik untuk menggerakkan peralatan dan instrumen lainnya selama fase produksi, mobilisasi, dan konsumsi suatu kegiatan.

a. Kebutuhan Energi

Manusia sangat terikat pada energi, Campbell dkk. (2002) menegaskan bahwa pemikiran manusia dan keinginan akan nilai ekonomi atau keuntungan yang tinggi tidak dapat dipisahkan dari penggunaan energi untuk memudahkan pekerjaan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kebutuhan energi di masa depan akan sangat dipengaruhi oleh kemajuan ilmu pengetahuan dan zaman, yang terkait dengan pertumbuhan penduduk

dan peningkatan taraf hidup manusia.

b. Macam-Macam Jenis Sumber Energi

Alam mengandung berbagai macam sumber energi yang dikategorikan berbeda-beda tergantung sudut pandang seseorang. Dalam bukunya, Campbell (2002) membagi sumber energi menjadi empat kategori: nilai ekonomi, ketersediaan, asal usul, dan penggunaan.

1) Sumber Energi Berdasarkan Ketersediaannya

Bedasarkan sudut pandang ini energi dikelompokan berdasarkan jumlah ketersediaannya di alam yaitu tidak terbarukan atau terbarukan.

a) Sumber Energi Tidak Terbarukan/ Fosil

Sumber energi tak terbarukan adalah sumber energi yang persediaannya di alam terbatas; artinya, sumber daya tersebut pada akhirnya akan habis tanpa memiliki kapasitas untuk diciptakan kembali atau diperbarui. Misalnya saja;

- (1). Batubara,
- (2). Minyak Bumi,
- (3). Gas Alam.

b) Sumber Energi Terbarukan

Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang tidak mempunyai batasan penggunaannya dan dapat digunakan secara terus menerus. Misalnya saja;

- (1). Energi yang dihasilkan oleh aliran air yang memutar turbin

disebut energi air.

- (2). Energi terbarukan yang berasal dari organisme bumi dikenal sebagai energi biomassa. Energi biomassa berasal dari berbagai sumber, termasuk manusia dan hewan.
- (3). Energi yang dihasilkan dan ditemukan di kerak bumi disebut energi panas bumi.
- (4). Energi matahari merupakan energi matahari yang berupa panas dan cahaya.
- (5). Pengumpulan energi berupa dari angin dikenal sebagai energi angin.

2) Sumber Energi Berdasarkan Asal Muasal

Menurut perspektif ini, energi dikategorikan menurut bahan mentah dan proses yang mempengaruhi pembentukannya.

a) Fosil

Sumber energi fosil berasal dari sisa-sisa makhluk hidup atau unsur organik yang mengalami proses sedimentasi selama jutaan tahun sehingga menyebabkan senyawa hidrokarbon menjadi fosil. Mengingat proses pembentukannya yang lama, sumber energi semacam ini tidak terbarukan. Gas alam, batu bara, dan minyak bumi adalah beberapa contohnya.

b) Non-Fosil

Unsur non-organik atau sisa-sisa makhluk hidup bukanlah sumber energi non-fosil. Beberapa orang juga berpendapat bahwa

karena sumber energi non-fosil tidak mengeluarkan residu yang mencemari atmosfer, maka sumber energi tersebut merupakan sumber energi yang bersih atau hijau. Karena tidak mencemari atmosfer dan dapat digunakan terus menerus, sumber energi semacam ini tergolong terbarukan. Misalnya saja energi angin, air, dan panas bumi.

3) Sumber Energi Berdasarkan Pemakaiannya

Berdasarkan perspektif ini, energi dikategorikan berdasarkan proses penggunaannya.

a) Energi Primer

Sumber energi primer adalah sumber energi yang dapat langsung digunakan, artinya tidak perlu diubah, atau dapat langsung digunakan dalam keadaan aslinya. Misalnya, listrik dapat diproduksi langsung dari batu bara dan air, dan gas alam dapat disuplai langsung ke rumah-rumah dan tempat usaha.

b) Energi Sekunder

Sumber energi sekunder adalah sumber energi yang perlu dikonversi melalui beberapa tahap atau tidak dapat digunakan secara langsung. Misalnya, varian bahan bakar merupakan produk sampingan dari minyak bumi dan listrik yang dihasilkan melalui serangkaian proses yang mengubah sumber energi lain (pembangkit listrik).

4) Sumber Energi Berdasarkan Nilai Ekonomisnya

Menurut perspektif ini, energi dikategorikan berdasarkan skala ekonomi yang terkait dengan volume produksi dan konsumsi massal.

a) Energi Komersial

Sumber energi yang tergolong komersial dapat digunakan dalam jumlah besar dan diperdagangkan secara massal. Misalnya, gas alam untuk keperluan perumahan dan komersial, batu bara untuk produksi listrik, dan minyak bumi sebagai bahan bakar.

b) Energi Non-Komersial

Sumber energi Non-komersial adalah sumber energi yang belum cocok untuk penggunaan skala besar, penerapannya terbatas, mencakup wilayah geografis terbatas, dan tidak dapat ditukar dengan keuntungan. Misalnya, sumber energi panas matahari dan angin yang tersedia untuk produksi listrik masih relatif sedikit.

c. Dampak Penggunaan Sumber Energi

Tidak dapat dipungkiri bahwa kehidupan manusia dipengaruhi oleh penggunaan sumber energi. Ada dampak baik yang menguntungkan manusia dan dampak buruk yang berdampak baik bagi manusia maupun lingkungan secara keseluruhan.

1) Dampak Positif

Penggunaan sumber energi mempunyai manfaat dalam menunjang pelayanan yang meningkatkan kesejahteraan manusia.

Misalnya saja:

a) Menunjang kegiatan produksi (industri)

Sumber energi dimanfaatkan sebagai bahan bakar alat dan instrumen industri (pabrik) guna menunjang kegiatan produksi. Untuk pembangkit listrik, misalnya, panas bumi, air, dan batu bara digunakan sebagai bahan bakar. Energi listrik kemudian digunakan untuk menggerakkan berbagai perangkat elektronik yang mendukung produksi barang dan jasa.

b) Menunjang kegiatan mobilisasi (transportasi/distribusi)

Sumber energi digunakan sebagai bahan bakar kendaraan. Misalnya bahan bakar untuk angkutan umum, mobil pribadi, dan kendaraan yang digunakan untuk pengiriman barang-barang industri, serta listrik dan gas alam.

c) Memenuhi kebutuhan energi secara umum hingga rumah tangga (konsumsi)

Untuk memenuhi kebutuhan energi secara umum hingga tingkat rumah tangga, digunakan sumber energi. Misalnya, gas dan listrik diperlukan untuk menjalankan peralatan di rumah dan untuk memasak, serta listrik untuk keperluan umum seperti lampu lalu lintas dan lampu jalan.

2) Dampak Negatif

Efek rumah kaca dan kerusakan lingkungan merupakan kelemahan penggunaan sumber energi. Misalnya saja:

a) Kerusakan lingkungan

Rusaknya keseimbangan lingkungan hidup sebagai tempat tinggal makhluk hidup dapat diakibatkan oleh penggunaan sumber energi yang berlebihan atau eksploitasi yang dilakukan tanpa aturan yang ketat. Misalnya, pencemaran limbah dari pengolahan batu bara dan lubang penambangan merusak ekosistem namun jarang menimbulkan korban jiwa.

b) Efek rumah kaca

Bahan bakar fosil saat ini digunakan dalam jumlah terbesar dari sumber energi. Dampak yang paling nyata adalah peningkatan unsur CO₂ di atmosfer, yang meningkatkan suhu global dan mencairkannya es di kutub, menaikkan permukaan air laut dan menimbulkan ancaman tenggelamnya banyak kota pesisir di seluruh dunia. Selain itu, penumpukan CO₂ di atmosfer bumi menyebabkan terjadinya anomali cuaca di berbagai wilayah di dunia, yang seringkali berujung pada bencana alam yang mengancam keberadaan seluruh kehidupan di bumi.

Secara umum, hal ini dapat digunakan untuk mengkarakterisasi bagaimana energi digunakan untuk mendukung berbagai kegiatan ekonomi dalam suatu negara, wilayah, atau daerah. Hal ini terlihat dari pemilihan sumber energi yang perlu digunakan dalam skala yang terjangkau. Namun, karena pemilihan dan pengelolaan sumber energi berdampak langsung terhadap lingkungan atau siklus hidup, maka hal

ini harus dilakukan secara hati-hati. Oleh karena itu, pemilihan sumber energi yang ramah lingkungan menjadi penting untuk memenuhi kebutuhan energi, memastikan kegiatan perekonomian berfungsi sebagaimana mestinya, dan mengurangi pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran CO₂. Pemanfaatan sumber energi baru terbarukan merupakan salah satu langkah untuk mencapai tujuan tersebut karena ramah lingkungan dan berasal dari alam. (Campbell, et al., 2002).

2. Energi Baru Terbarukan

Sumber energi baru adalah sumber energi yang digunakan sebagai pengganti sumber energi yang sudah ada. Istilah "energi terbarukan" mengacu pada energi yang dihasilkan dari sumber-sumber berkelanjutan, seperti radiasi matahari dan sumber panas, energi panas bumi, energi angin, air terjun, aliran air, dan variasi suhu di lautan. (Rusmanto US, M.T). Energi terbarukan dihasilkan dari sumber-sumber yang dapat mengisi kembali energi tersebut secara alami (Bachtiyar & Ambarita, 2010). Menurut (Vakulchuk dkk,) Energi yang berasal dari proses alam yang dapat diproduksi lebih cepat daripada dikonsumsi disebut sebagai energi terbarukan. Energi air, energi panas bumi, energi matahari, energi angin, dan lain sebagainya adalah beberapa contoh energi terbarukan menurut definisi ini.

Lima sumber energi terbarukan tersedia sebagai penggantinya. Energi yang berasal dari air didahulukan, kemudian energi biomassa, matahari,

angin, dan panas bumi. Mereka menekankan bahwa menggunakan energi matahari dan angin saja tidaklah cukup; Anda juga perlu menggunakan sumber energi lain. karena sifat sumber energi yang tidak stabil seperti matahari dan angin. Misalnya, tidak akan ada sinar matahari saat hujan, dan kincir angin tidak akan berputar serta tidak dapat digunakan sebagai sumber energi saat tidak berangin (Vakulchuk et al., 2020).

a. Kelebihan energi terbarukan

- 1) Dapat diakses secara luas.
- 2) Bertahan: tidak mampu kehabisan.
- 3) Ramah lingkungan, dengan sedikit atau tanpa limbah dan polusi.
- 4) Menurunkan biaya pengoperasian dan memerlukan lebih sedikit perawatan dibandingkan sumber energi tradisional.
- 5) Mendorong pertumbuhan ekonomi dan penciptaan lapangan kerja.
- 6) Tidak perlu mendatangkan bahan bakar fosil dari negara lain.
- 7) Biaya jangka panjang lebih rendah dibandingkan energi tak terbarukan.

b. Kekurangan Energi Terbarukan

- 1) Biaya di muka tinggi.
- 2) Keandalan pasokan: Mayoritas energi terbarukan bergantung pada iklim.
- 3) Saat ini, energi konvensional menghasilkan volume yang dapat digunakan lebih besar dibandingkan energi terbarukan.

- 4) Energi ekstra yang dihasilkan dari sumber terbarukan perlu disimpan karena infrastruktur yang diperlukan belum tersedia untuk memungkinkan penggunaan energi yang tidak terpakai secara instan atau menggunakannya sebagai cadangan di negara lain dalam bentuk akses terhadap listrik. jaringan.
- 5) Tidak adanya kebiasaan atau pengalaman: Teknoogi yang mendasari energi terbarukan masih terus berkembang.
- 6) Setiap sumber energi terbarukan mempunyai kelemahan sosial dan teknoogi yang unik.

3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro

Dalam kehidupan manusia, energi listrik merupakan salah satu hal yang paling *vital*. Banyak sektor ekonomi, termasuk perumahan, komersial, industri, sosial, dan penerangan jalan, memerlukan energi listrik. *Mikrohidro* merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang menghasilkan listrik dari aliran air atau air terjun, bendungan, atau aliran irigasi dengan konstruksi serbaguna. Pembangkit listrik tenaga *mikrohidro* (PLTMH) merupakan fasilitas penghasil energi berdaya rendah (kurang dari 200 kW) yang memanfaatkan aliran air.

Prinsip kerja umum *mikrohidro* adalah mengubah energi potensial yang terkandung dalam suatu aliran air menjadi energi kinetik. Energi kinetik ini kemudian digunakan untuk mengarahkan aliran air menuju turbin agar mengenai sudu-sudu turbin dan menyebabkan turbin berputar sehingga menghasilkan energi kinetik. Pergerakan turbin akan menghasilkan arus

listrik dari energi kinetik tersebut jika gaya tersebut ditransfer ke generator melalui katrol. Selain itu, *mikrohidro* merupakan sumber energi terbarukan yang bersih dan aman bagi lingkungan, terutama bila digunakan untuk irigasi dan perikanan (ansori, 2014).

4. Turbin Air

Secara umum turbin mirip dengan mesin penggerak mula karena energi yang digunakan untuk memutar roda turbin disediakan oleh fluida kerja yang dapat berupa gas, uap, atau air. Oleh karena itu, salah satu gambaran turbin air adalah sebagai mesin penggerak. Energi potensial diubah menjadi energi mekanik oleh turbin air. Generator mengubah energi mekanik menjadi tenaga listrik. (Arismunandar, W., 2004 : 1). Turbin aliran silang merupakan salah satu dari sekian banyak komponen penyusun turbin air. Turbin pertama jenis ini diproduksi di Eropa. Fakta bahwa air melintasi *runner* atau bilah yang berputar untuk menciptakan rotasi menimbulkan istilah "aliran silang". Arah aliran turbin aliran silang ini adalah radial atau tegak lurus terhadap sumbu turbin. Turbin ini dilengkapi dengan mekanisme kemudi yang mengurangi jumlah ruang antar bilah yang mengelilingi roda. Ada 2 jenis Turbin Air yaitu:

a. Turbin *Reaksi*

Turbin khusus ini seluruh permukaannya terendam air, sehingga *head* dapat berfungsi secara efisien di kedua sisi mesin. Turbin reaksi tersedia dalam bentuk turbin *Francis* dan turbin *propeler*.

b. Turbin *Impuls*

Turbin ini membalikkan arah aliran fluida yang bergerak cepat sehingga menyebabkan energi kinetik aliran fluida berkurang dan turbin berputar secara *impulsif*. Impuls dalam turbin berfungsi mirip dengan pleton air yang menghantam saluran turbin di bawah tekanan. Tidak ada efek hisapan karena air kehilangan seluruh energinya saat mencapai bilah turbin. Turbin impuls tersedia dalam dua jenis: aliran silang dan pleton.

Pemilihan jenis turbin air yang digunakan dapat berdasarkan head dan debit minimum yang dibutuhkan. Berikut klasifikasi tipe turbin berdasarkan head dan debit seperti pada tabel 2. dibawah ini.

Tabel 1. Karakteristik turbin air

Turbin Hidrolik		H (m)	Q (m ³ /s)	Ns (rpm)
Reaksi	<i>Bulb</i>	2 – 10	3 – 40	200 – 450
	Kaplan dan Propeller aliran aksial	2 – 10	3 – 50	250 – 700
	Francis dengan kecepatan spesifik tinggi aliran diagonal	10 – 40	0,7 – 10	100 – 250

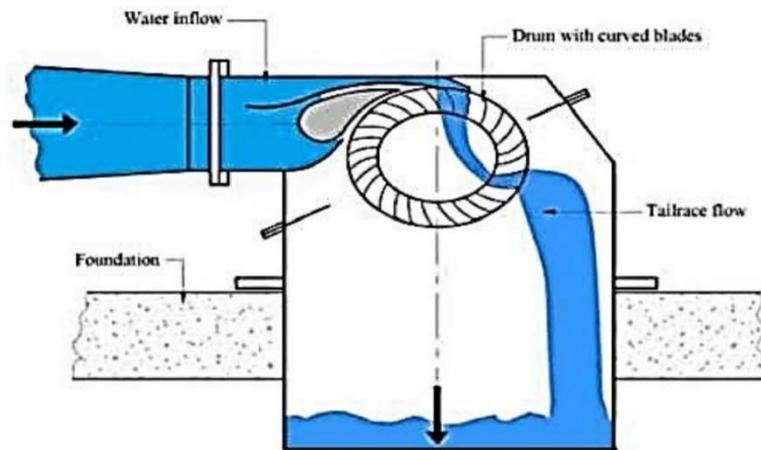
	Francis dengan kecepatan spesifik rendah	40 – 200	1 – 20	30 – 100
<i>Impulse</i>	Pleton	60 – 1000	0,2 - 5	<30
	Turgo	30 – 200		
	Cross-flow	2 - 50	0,01 – 0,12	

5. Turbin Crossflow

Turbin *Crossflow* adalah jenis turbin impuls aliran radial tertentu (berbentuk lingkaran). Turbin ini dapat bekerja dengan head 1m hingga 200m dan laju aliran air dua puluh liter per detik. Turbin Banki, sebuah teori yang dipatenkan pada tahun 1920, menjadi landasan pengembangan asli turbin ini. Turbin aliran silang tidak lagi umum digunakan; sebaliknya, turbin yang lebih kontemporer seperti turbin Pelton, Francis, atau Kaplan telah menggantikannya. Seperti turbin air lainnya, turbin air aliran silang menghasilkan energi listrik dengan mengubah energi air menjadi energi kinetik di dalam turbin. Energi kinetik ini kemudian ditransfer melalui poros generator. Meski demikian, turbin *Crossflow* memiliki keunggulan unik yang tidak ditemukan pada turbin jenis lain.

Prinsip kerja dari turbin *Crossflow* adalah air yang keluar dari nozel masuk ke *runner* menumbuk sudu-sudu tahap pertama dan kemudian air tersebut keluar dari celah sudu-sudu tahap pertama lalu melewati ruang

kosong dalam *runner* kemudian air masuk ke sudu-sudu tingkat kedua yang akan jatuh menuju kolam bawah. Prinsip kerja turbin dapat dilihat pada gambar 2.1 ini



Gambar 2. 1 Prinsip kerja turbin *Crossflow*

(Sumber : Mafruddin, 2016)

Untuk menilai efisiensi pada turbin dengan daya turbin dan daya air yaitu:

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

Keterangan :

η_t = efisiensi turbin (%)

P_t = daya turbin (watt)

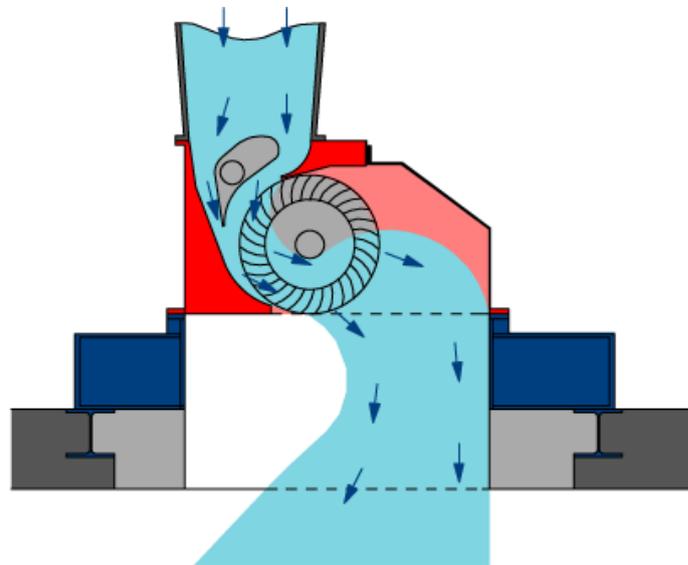
P_a = daya air (watt)

a. Jenis Turbin *Crossflow*

Menurut arah aliran airnya turbin ini dapat dibedakan atas dua jenis yaitu :

1) Turbin *Crossflow* jenis vertikal

Jenis arah aliran ini menggunakan air yang dialirkan melalui pipa pesat dengan posisi vertikal terhadap rumah turbin dan mendorong karang sudu hingga roda turbin berputar.

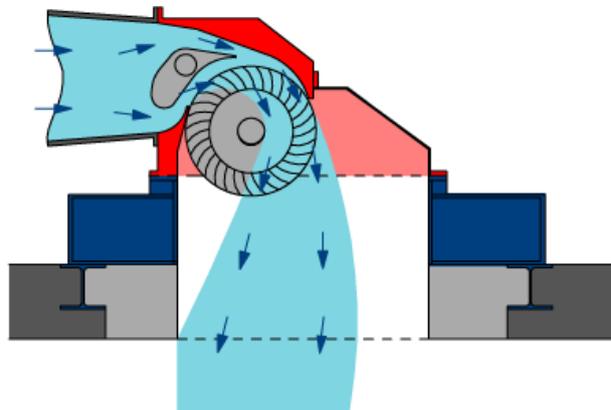


Gambar 2. 2 Turbin *Crossflow* jenis vertikal

(Sumber : Nirda dkk, 2017)

2) Turbin *Crossflow* jenis horizontal

Turbin *Crossflow* jenis horizontal ini menggunakan prinsip berupa aliran air dialirkan melalui pipa pesat dalam posisi horizontal terhadap rumah turbin dan menyembur atau mendorong karang sudu hingga roda jalan turbin berputar.



Gambar 2. 3 Turbin Crossflow jenis horizontal

(Sumber : Nirda dkk, 2017)

b. Karakteristik Turbin *Crossflow*

Beberapa konstanta karakteristik turbin *crossflow* secara umum dinyatakan sebagai berikut:

1) Rasio kecepatan

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

$$r_{nc} = \frac{n_g}{n_t}$$

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 (Tampubolon & Sitepu, 2014).

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

3) Tinggi jatuh air (*head*)

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

4) Debit

Dalam sistem satuan SI, besarnya debit dinyatakan dalam meter per detik kubik (m³/s), yaitu laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang sungai.

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

Keterangan :

Q = debit air

V = volume

t = waktu (s)

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.

$$Nu = \frac{N D}{\sqrt{H}}$$

6) *Torsi*

Besarnya gaya yang diperlukan untuk menggerakkan suatu benda dalam lingkaran pada suatu sumbu disebut *torsi*, atau momen gaya. Persamaan rotasi dalam gaya linier juga dikenal sebagai *torsi*. Untuk menentukan hasil data dari *torsi* yaitu sebagai berikut:

$$\tau = r \cdot F$$

Keterangan :

τ = *torsi* atau momen gaya (Nm)

r = jari-jari (m)

F = gaya (N)

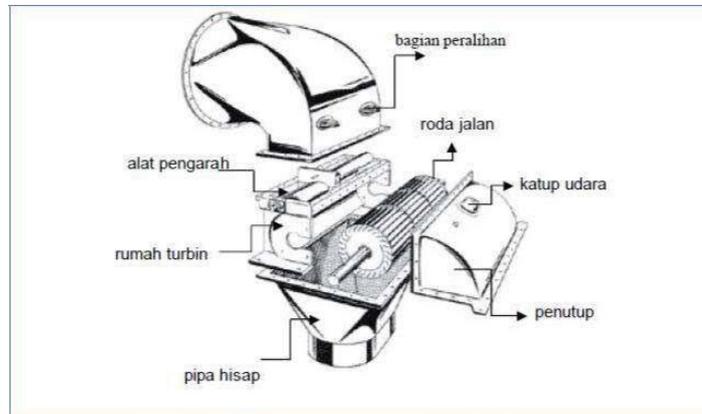
c. Keunggulan Turbin *Crossflow*

- 1) Produksi bagus dengan desain sederhana
- 2) Terjangkau dan ampuh. Turbin crossflow harganya lebih murah dibandingkan jenis turbin lainnya.
- 3) Sangat disarankan untuk lingkungan yang serupa dengan yang ada di Indonesia

d. Kerugian Turbin *Crossflow*

Dibandingkan dengan turbin lain, turbin aliran silang memiliki efisiensi hingga 80% lebih rendah.

e. Komponen – komponen utama konstruksi turbin *crossflow* adalah :



Gambar 2. 4 Turbin *Crossflow*

(sumber: <https://encrypted=tbn0.gstatic.com>)

- 1) Rumah turbin
- 2) Alat pengarah (*distributor* atau *guide vane*)
- 3) Roda jalan (rotor atau *runner*)
- 4) Penutup
- 5) Katup udara
- 6) Pipa hisap
- 7) Bagian peralihan

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Ahmad kurniawan purga. (2019). Skripsi dengan judul “ *Rancang bangun turbin aliran silang (crossflow) sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) di sungai desa Talang mulya kecamatan padang cermin kabupaten pesawaran*” Universitas Lampung Bandar lampung. Skripsi ini membahas tentang rancangan bangun turbin aliran silang (*crossflow*) sebagai pembangkit tenaga listrik (PLTMH) khususnya di desa talang mulya kecamatan padang cermin kabupaten pesawaran. Penelitian ini bertujuan merancang dan membuat turbin berdasarkan studi potensi subekti bagus. Metode yang digunakan yaitu merancang turbin berdasarkan *head* dan debit yang telah dilakukan dilakukan peneliti sebelumnya dan mendapatkan hasil dimensi turbin yaitu diameter luas 210 mm, panjang sudu 177 m, ketebalan sudu antara 1,0 – 1,2 mm serta jumlah sudu 18 buah.
2. Yanti, dkk. (2017). “*Analisa karakteristik turbin air crossflow untuk pembangkit tenaga listrik di desa Singa kecamatan Herlang kabupaten Bulukumba*” jurnal ilmiah techno entrepreneur acta vol. 2 no. 2. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kapasitas, tinggi terjun, putaran turbin dan sudut pengarah terhadap daya yang di hasilkan, dan mengetahui perbandingan antara hasil eksperimen dengan teoritis. Penelitian ini dilakukan di sungai Ereingung desa Singa kecamatan Herlang kabupateng Bulukumba dengan metode langsung di lapangan secara eksperimen meliputi pengukuran tinggi air dengan taraf meter, putaran turbin, menggunakan hand Tachometer dan pengukuran kapasitas air dengan alat

ukur Rehboock, serta pengaturan katup sudut pengarah pada turbin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya air yang di peroleh secara teoritis sebesar $N_h = 28,954 \text{ kW} - 108,242 \text{ kW}$, pada bukaan sudut pengarah $\alpha = 60 - 200$, kapasitas air $Q = 0,292 - 0,691$ dengan daya turbin $N_t = 24,611 \text{ kW} - 95,613 \text{ kW}$, dan daya turbin sekitar sudut bukaan sudut $\alpha = 60 - 200$ adalah daya sudut sebesar $30,441 \text{ kW} - 43,846 \text{ kW}$ dengan daya generator $N_g = 27,202 \text{ kW} - 57,472 \text{ kW}$ terhadap debit aliran.

3. Mafrudin dkk. (2014). *“Pembuatan turbin mikrohidro tipe crossflow sebagai pembangkit listrik di desa Bumi nabung timur”*. Jurnal ilmiah vol. 3 No. 2. Dalam peneltian ini merencanakan turbin air tipe crossflow yang di aplikasikan pada air pembuangan perusahaan pembuatan tepung tapioka. Air pembuangan tersebut merupakan air limbah yang sudah melalui proses pengendapan, pemupukan dan pemeriksaan yang kemudian di alirkan ke sungai dengan debit rata – rata $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan ketinggian di atas permukaan air sungai lebih dari 2 m. Dengan debit dan ketinggian tersebut air pembuangan memiliki daya yang cukup besar yang kemudian di gunakan untuk memutar turbin air. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui spesifikasi turbin, daya yang di hasilkan turbin, efesiensi turbin dan transmisi serta daya listrik yang dihasilkan generator. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu studi pustaka, pengamatan secara langsung atau observasi, perencanaan dan pmbuatan turbin serta tahap pengujian.

4. Asa taufiqurrahman dkk, (2020). “*Overview potensi dan perkembangan pemanfaatan energi air di Indonesia*”, jurnal energi baru dan terbarukan VOL. 1, NO. 3, pp hal 124 – 132. Dalam penelitian ini dengan melihat kondisi topografi Indonesia yang bergunung dan berbukit membuat Indonesia memiliki potensi energi air yang besar. Potensi ini menjadi prioritas pemerintah untuk mencapai bauran energi baru yang terbarukan paling sedikit 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2030. Untuk mencapai target ini pemerintah menentukan arah kebijakan dan rencana strategis yang tercantum pada rencana umum energi nasional (RUEN). Energi air dapat dimanfaatkan sesuai potensi daya yang dapat dihasilkan yaitu PLTA, PLTM, PLTMH, dan juga sebagai penyimpan energi dengan teknologi *pumped storage*.
5. Harwan ahyadi dkk, (2022). “*Analisa rancang bangun turbin crossflow saluran terbuka dengan debit air 14 liter/menit skala laboratorium*”, jurnal ilmiah Vol 24 No 2. Dalam penelitian ini turbin air cross flow adalah mesin fluida yang merubah energi potensial air menjadi energi mekanik pada poros dan dapat dijadikan energi listrik/PLTMH, dalam merancang turbin air cross flow menggunakan metode FDI 2221. Turbin air cross flow skala laboratorium relatif ringan dengan panjang 1 m lebar 0,5 m tinggi 0,6 m dapat dibongkar/pasang dengan mudah, perancangan menunjukkan bahwa turbin air cross flow skala laboratorium dapat bekerja cukup baik menunjukkan performansi optimal, dan debit air pada saluran sehingga memutar turbin pada kondisi beban terpasang maupun tanpa beban. Hasil

pengujian menggunakan pompa dengan pembukaan katup penuh diperoleh daya 0,2489 watt dengan debit air 14 liter/menit.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode eksperimen yaitu mencoba menguji hubungan antara dua variabel yang muncul secara sadar oleh peneliti dengan cara *meminimalkan*, *mereduksi*, atau *mengidentifikasi* variabel lain yang mungkin menimbulkan masalah, merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam penelitian ini. Setiap eksperimen dilakukan dengan hati-hati untuk melihat bagaimana situasi tertentu akan terjadi. Menurut (*latipun : 2002*) Penelitian eksperimental melibatkan manipulasi subjek untuk lebih memahami bagaimana manipulasi mempengaruhi orang yang diteliti.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juli 2023 – januari 2024. Pembuatan turbin *crossflow* dilakukan di LIK. pengujiannya di desa Lengkong, Kecamatan Bojong, Kabupaten Tegal.

C. Instrumen Penelitian dan Dsain Pengujian

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

1. Alat dan Bahan

- a. *Generator*

Alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik adalah generator.



Gambar 3. 1 *Generator*

b. *Inverter*

Inverter adalah bagian yang dapat mengatur tegangan dan mengubah arus DC menjadi arus AC.



Gambar 3. 2 Inverter

c. *Tachometer*

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran turbin aliran silang.



Gambar 3. 3 Tachometer

d. *Ampermeter*

Alat pengukur listrik yang disebut *ampermeter* digunakan untuk menentukan berapa banyak arus yang mengalir melalui suatu rangkaian.



Gambar 3. 4 Ampermeter

(sumber: <https://www.google.com/amperemeter&client>)

e. *Pulley dan V-belt*

Dua komponen mesin yang digunakan untuk memindahkan tenaga dari satu poros ke poros lainnya adalah sabuk dan puli.



Gambar 3. 5 *Pulley dan V-belt*

(sumber: <https://encrypted=tbn0.gstatic.com/beltdrives>)

f. *Meteran*

Meter adalah alat ukur yang digunakan untuk menentukan panjang atau jarak.



Gambar 3. 6 *Meteran*

(sumber: <https://encrypted=tbn0.gstatic.com/images?q=meteran>)

g. *Multitester* (AVO Meter)

Kuat arus dan daya yang diperoleh dari putaran turbin pada penelitian ini diukur menggunakan *multitester*.



Gambar 3. 7 Multitester

(sumber: <https://encrypted=tbn0.gstatic.com/images?q=AV0meter>)

h. Besi Poros

Poros turbin terbuat dari besi poros sepanjang 42 cm.



Gambar 3. 8 Besi Poros

i. Plat Baja

Runner turbin terbuat dari pelat baja. Ukuran pelat 2 mm digunakan dalam turbin ini.



Gambar 3. 9 Plat baja

j. *Stopwatch*

Stopwatch adalah alat yang mengukur waktu dalam satuan jarak yang ditempuh dengan kecepatan tertentu.



Gambar 3. 10 Stopwatch

(sumber: <https://encrypted=tbn0.gstatic.com/images?q=stopwatchdgtl>)

k. *Bearing*

Bearing sebanyak 6 buah dan digunakan sebagai dudukan atau bantalan pada poros turbin.



Gambar 3. 11 Bearing

l. Pipa PVC

digunakan untuk menyambung pipa dari turbin ke penampung air dengan panjang pipa 4 meter dan berdiameter 2,5 inch.

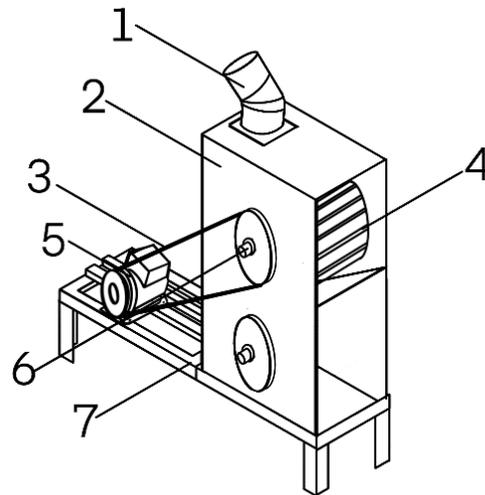


Gambar 3. 12 Pipa PVC

(sumber: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=pvcpipe>)

D. Gambar / Desain

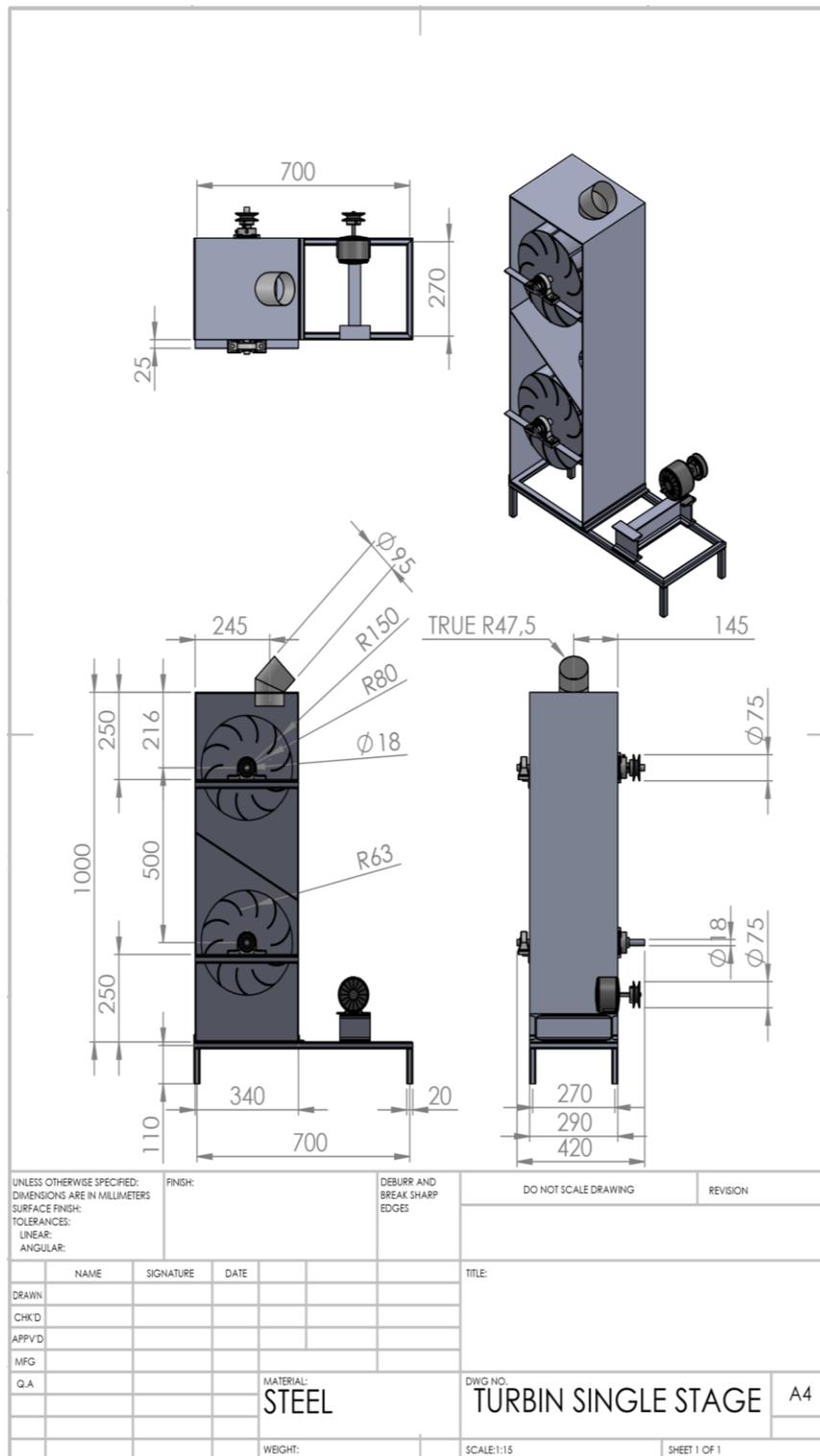
Berikut adalah desain turbin air *crossflow single stage* yang di buat.



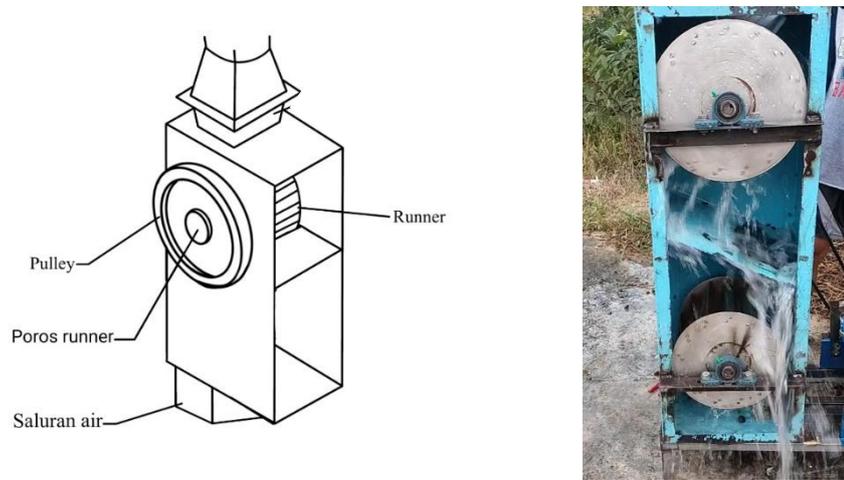
Gambar 3. 13 Desain turbin air *crossflow*

Keterangan :

1. Knie = 3 inch
2. Rumah turbin = Tinggi 1 m dan lebar 40 cm
3. V-belt
4. Sudu (*runner*) = berdiameter 30 cm
5. Generator
6. Pulley = diameter 7 cm
7. Rangka dudukan = panjang 80 cm dan lebar 40 cm



Gambar 3. 14 Sekma dimensi turbin Crossfow



Gambar 3. 15 Komponen turbin air *crossflow*

Keterangan :

- a. Runner = diameter 30 cm
- b. Poros Runner = panjang poros 42 cm dan diameter poros 1,8 cm
- c. Pulley = diameter 7 cm
- d. Saluran air



Gambar 3. 16 Runner Turbin

E. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Tiga kemiringan pipa yang digunakan dalam penelitian ini 45°, 60°, dan 75° merupakan variabel bebas.

2. Variabel Terikat

Variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas disebut variabel terikat.

Debit air dan daya air menjadi variabel terikat dalam penelitian ini.

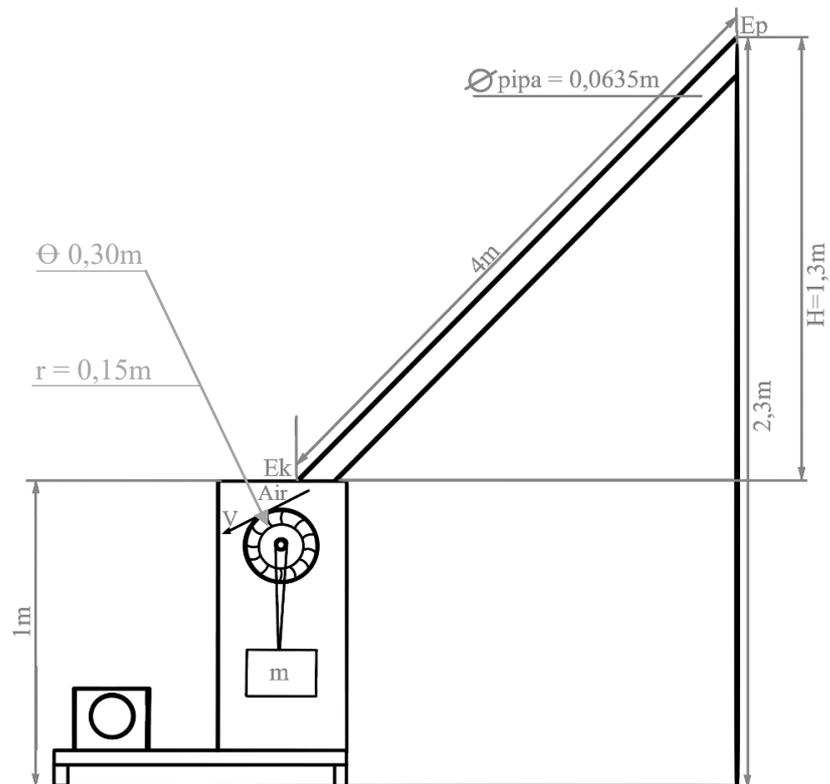
F. Tahap Penelitian

Tabel 3. 1 Tahap penelitian

No	kegiatan	Bulan					
		Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
1	Persiapan penyusunan laporan						
2	Pengujian seminar proposal						
3	Pengolahan data						
4	Penyusunan laporan						
5	Ujian skripsi						

G. Tahap Perencanaan Awal

Dalam penelitian ini terdapat metodologi penelitian yang merupakan langkah-langkah dalam penyusunan skripsi mulai dari proses perencanaan.



Gambar 3. 17 Perencanaan awal seting alat

Keterangan :

E_p = Energi potensial

E_k = Energi kinetik

$H = 1,3\text{m}$ (turbin ke air terjun)

Pipa = 4m (panjang pipa) dengan diameter $0,0635\text{m}$

Diameter rotor = $0,30\text{m}$

Jari-jari rotor = $0,15\text{m}$

Perhitungan awal perencanaan mencari daya air dengan rumus debit $Q = V \cdot A$

Dimana :

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

$$v = \text{kecepatan aliran (m/s)}$$

$$A = \text{luas penampang (m}^2\text{)}$$

Mencari nilai V , dengan persamaan :

$$E_p = E_k$$

$$Mgh = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{2 g H}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,3}$$

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

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

Mencari nilai A , dengan persamaan :

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

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

$$A = 0,003 \text{ m}^2$$

Setelah mengetahui nilai v dan A , maka dapat menghitung debit air dengan persamaan :

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = 5,05 \text{ m/s} \cdot 0,003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$$

Mencari putaran rotor dengan persamaan:

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

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

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

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

Setelah itu, menghitung daya air dengan persamaan :

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

$$P_a = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,3 \text{ m} \cdot 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_a = 191,29 \text{ watt}$$

H. Metode Pengumpulan Data

Di Desa Lengkong, Kecamatan Bojong, Kabupaten Tegal, pengujian turbin *crossflow* menggunakan metodologi penelitian ini. Dalam penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan antara lain :

1. Metode eksperimen

Teknik penelitian yang disebut eksperimen digunakan untuk menentukan apakah efek samping subjek penelitian akan berdampak pada tujuan penelitian. Untuk melakukan percobaan, sesuaikan kemiringan pipa menjadi 45° , 60° , dan 75° .

Langkah metode eksperimen :

a. Langkah pra-eksperimen

Langkah pra-eksperimental telah dilakukan untuk membuat turbin air aliran silang. Membeli komponen merupakan langkah awal untuk membuat turbin air aliran silang. Setelah turbin air selesai mengoperasikan semua komponennya sebagaimana dimaksud, tidak ada kesalahan pada kemiringan pipa, dan beroperasi pada efisiensi puncak, pengumpulan data dapat dimulai.

b. Langkah eksperimen

1) Kemiringan pipa 45° , 60° dan 70°

a) Siapkan peralatan dan bahan, seperti turbin yang rumah turbinnya telah dirakit.

b) Pasang rumah turbin ke pipa pesat dengan kemiringan pipa 45° , 60° dan 75° .

- c) Pintu air dibuka guna menguji setelah menyambungkan rumah turbin dengan pipa pesat. Biarkan air mengalir normal setelah itu untuk menstabilkan putaran turbin.
- d) Gunakan tachometer untuk mencatat data putaran turbin dan mengekstrak torsi dari putaran turbin.
- e) Setelah mendapatkan hasil pengujian berupa putaran dan debit turbin, Anda dapat memasukkannya ke dalam tabel dan menggunakan persamaan pada landasan teori.

Tabel 2.Data hasil penelitian

Kemiringan Pipa	Debit (m³/s)	Daya Air (Watt)	Torsi (Nm)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
45°					
60°					
75°					

I. Metode Analisis Data

Metode analisis data dari analisis deskriptif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Dengan menggunakan analisis deskriptif, data yang sudah ada dideskripsikan dan diinterpretasikan.

Data dari eksperimen kemudian dimasukkan kedalam rumus perhitungan untuk menghitung debit air, torsi, daya air dan daya 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. Menghitung Torsi

$$\tau = r F \sin \theta$$

Keterangan :

τ = *Torsi* atau Momen Gaya (Nm)

r = Jari-Jari (m)

F = Gaya (N)

θ = Sudut antara Gaya dan Lengan Tuas

3. Daya Air

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

Keterangan :

P_a = Daya Air Yang Tersedia (watt).

ρ = Massa Jenis Air (kg/cm^3).

Q = Debit (m^3/s)

H = *Head* (m).

g = Gravitasi (m/dt^2)

4. Menghitung Daya Turbin

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

Keterangan :

P_t = Daya Turbin (Watt)

τ = *Torsi* atau Momen Gaya (Nm)

ω = Kecepatan Anguler (rad/s)

5. Menghitung Efisiensi Turbin

$$P_t = P_a \cdot \eta_t$$

Maka,

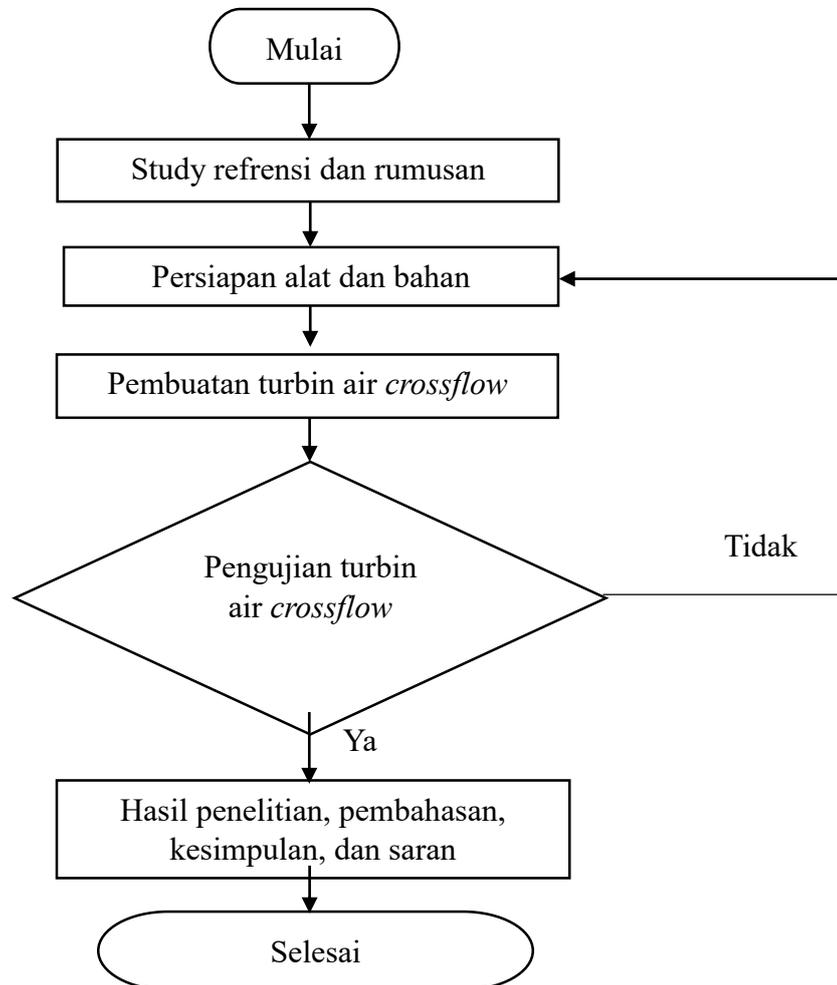
$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} 100\%$$

Keterangan :

η_t = Efisiensi Turbin (%)

P_t = Daya Turbin (Watt)

P_a = Daya Air Yang Tersedia (Watt).

J. Diagram Alur Penelitian

Gambar 3. 18 Diagram Alur

Keterangan :

Ya : Alat bisa beroperasi

Tidak : Alat tidak berfungsi dengan baik

