

BAB I

PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber daya air sebagai pembangkit listrik menunjukkan tren peningkatan yang signifikan di berbagai skala kapasitas pembangkitan. Data *International Center on Small Hydropower (ICSHP)* mencatat kapasitas terpasang global SHP tumbuh dari 71 Gigawatt (2013) menjadi 78 Gigawatt (2019) menunjukkan peningkatan stabil (Ptak *et al.*, 2022). Lebih lanjut, Asia mendominasi sebesar 65% dari total kapasitas terpasang, diikuti Amerika (25%), sementara Eropa (1%) Afrika (1%) dan Oceania 8%. Disisi lain, pembangunan pembangkit listrik tenaga air skala kecil (*Small Hydropower/SHP*) menunjukkan pertumbuhan dalam aspek sosial, politik, ekonomi, dan lingkungan (Ptak *et al.*, 2022). Salah satu jenis pembangkit PLTMH (≤ 200 kW) yang banyak diterapkan adalah Turbin Pelton. PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) merupakan sistem pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas tidak lebih dari 200 kW.

Laboratorium Konversi Energi Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro belum tersedia *test bed* Turbin Pelton, sehingga pemahaman tentang potensi *renewable energy* khususnya PLTMH sebagai sarana mahasiswa agar memahami pembelajaran dan praktikum prinsip kerja Turbin Pelton.

1.1. Latar Belakang

Turbin air merupakan perangkat yang sangat penting dalam konversi energi, berfungsi untuk mengubah energi kinetik dan potensi dari aliran air menjadi energi mekanis. Dalam konteks pembangkit listrik, turbin air digunakan untuk memanfaatkan sumber daya air yang tersedia, baik di daerah dengan kemiringan aliran yang curam maupun di lokasi di mana waduk dapat dibangun. Dengan memanfaatkan energi air secara efisien, turbin air berkontribusi signifikan terhadap penyediaan energi terbarukan.

Berdasarkan hasil pengujian, (Elgammi dan Hamad, 2022) membuktikan bahwa proses ini terjadi ketika air dilepaskan melewati Turbin Pelton, dimana analisis (Wisnaningsih dan Tarmizi, 2021) memperkuat bahwa energi mekanik ini akan memutar sumbu turbin yang terhubung dengan generator untuk menghasilkan energi listrik. Turbin Pelton dapat bekerja secara efektif, dipengaruhi oleh beberapa parameter, termasuk tinggi *head* air, sudut sudu, kecepatan aliran, jumlah *nozzle*, jumlah sudu, berat turbin, dan lain-lain (Mahardika *et al.*, 2024). Jumlah sudu pada Turbin Pelton berdampak pada gaya tangensial pada turbin, sehingga menghasilkan gaya resultan yang lebih besar yang memungkinkan untuk pengurangan gaya tangensial pada setiap sudu (Mafruddin *et al.*, 2020). Hal ini memungkinkan peningkatan turbin rotasi ketika jumlah *bucket* ditingkatkan, akibatnya mengarah pada peningkatan daya dan efisiensi turbin. Untuk menghasilkan energi listrik, *runner* pada turbin harus berputar dengan memanfaatkan tekanan dari semburan air (Mahardika *et al.*, 2024).

Infrastruktur *test bed* Turbin Pelton mencakup pengumpulan data sistematis melalui instrumen terstandar seperti *flowmeter*, sensor tekanan, *tachometer*, dan

torque meter. *Setup* ini memungkinkan analisis parameter kinerja utama, termasuk efisiensi hidrolik dan daya mekanik output, dalam berbagai kondisi operasi. Studi Eksperimental pada (Setyawan *et al.*, 2024) menyelidiki karakteristik Turbin Pelton, khususnya efek jumlah *nozzle* dan tekanan air terhadap kinerja turbin. Metode yang digunakan mencakup parameter desain turbin dan persamaan untuk menghitung metrik kinerja.

Perkembangan penelitian terkait *test bed* turbin terus mengalami kemajuan signifikan. (Cai *et al.*, 2024) mengembangkan desain *test bed* turbin impuls dengan metode perubahan kecepatan spesifik untuk mengoptimalkan parameter dasar unit turbin, sementara (Zhou *et al.*, 2024) berhasil mengkonstruksi rig pengujian model turbin hidrolik dengan menggunakan pompa sentrifugal untuk simulasi *head* kerja. (Miyani, 2024) memfokuskan penelitiannya pada desain Turbin Pelton dan *nozzle* untuk *prototype* sistem penyimpanan energi hidro-elektrik, sedangkan (Suyesh *et al.*, 2019) menyajikan evaluasi kritis berbagai pendekatan dalam menganalisis dan mengoptimalkan kinerja turbo-mesin.

Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, rancang bangun *test bed* Turbin Pelton yang dirancang oleh penulis dalam penelitian ini memiliki kebaruan yaitu, sistem poros horizontal untuk fleksibilitas pengujian, penggunaan sistem konfigurasi seri-paralel pada pompa sentrifugal untuk kondisi head dan debit yang berbeda, jumlah *bucket* yang divariasikan, dan konfigurasi 2 (dua) *nozzle* untuk optimasi efisiensi. Setelah menyampaikan objek topik yang dipilih, permasalahan yang muncul terhadap objek tersebut disampaikan di subbab rumusan masalah.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah untuk tugas akhir dengan judul "Rancang Bangun *Test Bed* Turbin Pelton Poros Horizontal dan Uji Kinerja Pada *Head* 20 Meter":

1. Bagaimana merancang (perhitungan, *drawing*, dan fabrikasi) *test bed* Turbin Pelton poros horizontal yang sesuai untuk digunakan di laboratorium konversi energi?
2. Bagaimana pengaruh variasi debit air terhadap kinerja Turbin Pelton pada *test bed* yang dirancang?
3. Bagaimana pengaruh variasi jumlah *bucket* pada *runner* terhadap performa Turbin Pelton?

1.3. Batasan Masalah

1. Perancangan *test bed* Turbin Pelton dengan poros horizontal dibuat untuk skala laboratorium.
2. Material yang digunakan untuk *bucket* dan *runner* yaitu resin eSUN hard-tough
3. Pengujian variasi debit air yang digunakan yaitu 2 - 6 m^3/h dengan rentang 0,5 m^3/h ,
4. Sudut defleksi *bucket* (*angle of deflection*) 8°
5. Pengujian konfigurasi rangkaian pompa akan dibatasi pada rangkaian seri dengan jenis pompa sentrifugal diameter *outlet* $1\frac{1}{2}$ inch.

1.4. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir dengan judul "Rancang Bangun *Test Bed* Turbin Pelton Poros Horizontal dan Uji Kinerja Pada *Head* 20 Meter":

1. Merancang dan membangun *test bed* Turbin Pelton dengan poros horizontal yang sesuai untuk keperluan penelitian dan pembelajaran di laboratorium.
2. Menganalisis pengaruh variasi debit air terhadap efisiensi sistem Turbin Pelton pada *test bed* yang dirancang.
3. Menganalisis pengaruh variasi jumlah *bucket* pada *runner* terhadap performa turbin.

1.5. Luaran

Berikut adalah luaran yang diharapkan dari tugas akhir dengan judul "Rancang Bangun *Test Bed* Turbin Pelton Poros Horizontal dan Uji Kinerja Pada *Head* 20 Meter" :

1. Laporan Proyek Akhir
2. Hak Kekayaan Intelektual (HAKI):

Pengajuan pendaftaran HKI untuk video pembelajaran *test bed* Turbin Pelton dengan poros horizontal sesuai inovasi alat uji yang dapat digunakan dalam penelitian dan pembelajaran di skala laboratorium.

3. Artikel Ilmiah:

Publikasi artikel ilmiah di jurnal atau konferensi yang relevan, yang berisi hasil penelitian mengenai perancangan, pengujian, dan analisis kinerja *test bed* Turbin Pelton, termasuk pengaruh berbagai parameter (seperti debit air, jumlah *bucket* dan *head*) terhadap performa turbin.

4. Modul Praktikum

Pembuatan modul praktikum yang berisi panduan dan materi terkait penggunaan *test bed* Turbin Pelton untuk keperluan praktikum atau penelitian di laboratorium konversi energi. Modul ini mencakup teori dasar, prosedur uji, serta kolom pengambilan data uji.

5. *Test bed* Turbin Pelton:

Prototipe *test bed* Turbin Pelton dengan poros horizontal yang telah dirancang dan dibangun untuk digunakan di laboratorium konversi energi, yang dapat digunakan untuk melakukan pengujian dan analisis kinerja turbin dalam berbagai kondisi operasi.

1.6. Sistematika Laporan Proyek Akhir

Dalam penyusunan Proyek Akhir ini, yang bertujuan mengarahkan pembaca agar fokus pada pokok permasalahan. Penulis membuat sistematika penulisan laporan proyek akhir sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan laporan proyek akhir

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini, penulis membahas secara detail tentang studi literatur yang berkaitan dengan judul laporan proyek akhir ini. Pembahasan ini mencakup berbagai teori, konsep, penelitian terdahulu, serta kebaharuan penelitian yang dilakukan oleh penulis sesuai dengan topik yang diangkat. Penulis mengulas berbagai sumber referensi termasuk buku, jurnal, artikel ilmiah, dan komponen

lainnya yang mendukung pemahaman terhadap masalah yang sedang diteliti. Dengan mengkaji literatur yang ada, penulis bertujuan untuk memberikan gambaran yang komperhensif mengenai dasar teori dan penelitian sebelumnya, serta bagaimana studi ini dapat menawarkan perspektif baru dalam bidang yang dibahas.

BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN PROYEK AKHIR

Dalam bab ini penulis membahas secara rinci terkait berbagai aspek yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Penulis akan menjelaskan diagram alir proyek akhir yang mencakup studi literatur, perhitungan dan perancangan, pembuatan desain, fabrikasi *test bed* pengujian, variabel pengujian, serta pengambilan data proyek akhir. Selanjutnya, penulis akan membahas secara mendalam perhitungan desain sudu Turbin Pelton skala laboratorium. Pembuatan test bed ini berguna sebagai alat unjuk kinerja turbin Pelton sehingga dapat memberikan pemahaman bagi pembaca tentang peningkatan pengembangan teknologi PLTMH.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, penulis akan menjelaskan secara rinci tentang deskripsi hasil penelitian dan pengambilan data yang telah dilakukan berdasarkan rumusan masalah yang sebelumnya diajukan. Penjelasan hasil dan pembahasan ini mencakup data-data yang dikumpulkan selama penelitian, analisa hasil perhitungan pengambilan data, dan unjuk kerja *test bed* Turbin Pelton poros horizontal. Pada bab ini penulis menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian, memberikan pemahaman yang menyeluruh tentang penelitian *test bed* Turbin Pelton poros horizontal, dan memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi PLTMH yang ada.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini penulis memberikan hasil kesimpulan dari rangkaian perancangan alat *test bed* Turbin Pelton dan saran terhadap pengembangan alat.