

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, krisis energi yang dipicu oleh ketegangan geopolitik, penurunan sumber daya, dan kekhawatiran lingkungan telah menyoroti kebutuhan mendesak akan solusi energi berkelanjutan (Elkhatat and Al-Muhtaseb, 2024). Hidroelektrik, sebagai salah satu sumber energi terbarukan, muncul sebagai opsi yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta mengatasi dampak lingkungan yang merugikan (Krzemianowski and Kaniecki, 2023). Di tengah krisis energi yang semakin parah, berbagai negara telah meningkatkan upaya untuk mengembangkan energi terbarukan, termasuk tenaga hidroelektrik skala kecil, yang dianggap mampu menyediakan pasokan energi berkelanjutan terutama di daerah pedesaan yang kaya akan sumber daya air alami (Yah et al., 2017a).

Low head water turbine merupakan teknologi yang dirancang untuk memanfaatkan energi dari aliran air dengan ketinggian rendah, sehingga sangat cocok untuk pembangkit tenaga hidro skala kecil di wilayah-wilayah yang memiliki akses terbatas pada sumber daya energi lainnya (Maisuria et al., 2024; Shamsuddeen et al., 2024). Teknologi ini menjadi alternatif yang efektif bagi daerah-daerah yang tidak memiliki potensi hidroelektrik skala besar tetapi memiliki sumber daya air yang cukup untuk menghasilkan energi.

Meski berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja *low head water turbine*, terdapat celah penelitian terkait optimasi parameter spesifik seperti sudut *guide vane*, kecepatan *runner*, dan laju aliran massa (*mass flow rate*) pada kondisi aliran yang bervariasi. Sebagian besar penelitian yang ada cenderung

berfokus pada evaluasi konfigurasi standar turbin tanpa mempertimbangkan secara mendalam interaksi dinamis antar parameter-parameter tersebut dalam konteks operasional yang lebih kompleks dan beragam (Liszka et al., 2022; Maisuria et al., 2024; Stojkovski and Markov, 2022). Selain itu, sebagian besar penelitian masih dilakukan dalam kondisi laboratorium yang terkendali, sehingga terdapat kesenjangan dalam pemahaman kinerja *low head turbine* dalam kondisi nyata yang lebih dinamis (Krzemianowski and Kaniecki, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menerapkan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* untuk mengoptimalkan variasi sudut *guide vane*, kecepatan *runner*, dan *head* dalam berbagai skenario kondisi aliran. *CFD* mampu menyimulasikan perilaku aliran fluida dan distribusi tekanan pada berbagai kondisi operasional, sehingga memungkinkan evaluasi berbagai parameter desain secara efektif sebelum diterapkan secara fisik (Shamsuddeen et al., 2024; Tran et al., 2021). Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi desain yang lebih efisien, hemat energi, dan siap diimplementasikan di lapangan untuk mendukung transisi menuju sistem energi yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari berbagai masalah yang telah diuraikan dan diperiksa secara menyeluruh di bagian sebelumnya, perumusan masalah spesifik yang dimaksudkan untuk diteliti secara lebih mendalam adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dapat mengidentifikasi *torque* yang terjadi pada *blade runner* dan *hub runner*, serta pengaruhnya terhadap efisiensi *low head turbine*?

2. Bagaimana variasi *angle* pada *blade guide vane* terhadap performa desain *low head turbine*?
3. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putar (*runner speed*) pada domain berputar (*rotating domain*) terhadap performa desain *low head turbine*?
4. Bagaimana pengaruh variasi *head* pada sisi *inlet* (*pressure inlet*) terhadap performa desain *low head turbine*?
5. Bagaimana variasi *mass flow outlet* pada sisi *outlet* turbin memengaruhi performa desain *low head turbine*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan dalam analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dimensi dan pemodelan turbin, termasuk penentuan *stagger* pada *runner*, telah didasarkan pada riset sebelumnya sehingga aspek-aspek ini tidak menjadi variabel bebas dalam penelitian ini.
2. Pemodelan variasi *angle* pada *guide vane* dilakukan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* dan disesuaikan dengan model dari penelitian sebelumnya yang dilakukan saat Magang Riset di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).
3. Properti seperti *head*, *pressure*, *mass flow rate*, dan kecepatan putar *runner* diambil dari desain penelitian terdahulu untuk memastikan konsistensi dan validitas data masukan.
4. Model CFD (*domain fluida*) dikembangkan dalam *SolidWorks* dan diimpor ke dalam *ANSYS* dalam format *IGES* dan *STEP*.

5. Jenis aliran yang digunakan adalah satu fase, dengan asumsi bahwa hanya air yang terlibat dalam simulasi untuk menilai kinerja turbin secara spesifik tanpa adanya campuran fluida lain.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah dan batasan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis *torque* yang terjadi pada *blade runner* dan *hub runner* menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap efisiensi *low head turbine*.
2. Menganalisis dampak variasi *angle* pada *blade guide vane* terhadap performa desain *low head turbine*.
3. Menganalisis pengaruh variasi *runner speed* pada *domain rotating* terhadap performa desain *low head turbine*.
4. Menganalisis pengaruh variasi *head (pressure inlet)* dalam kondisi *massflow outlet* yang tetap terhadap performa desain *low head turbine*.
5. Menganalisis pengaruh variasi *massflow outlet* pada sisi *outlet* turbin terhadap performa desain *low head turbine*.

1.5 Luaran

Pelaksanaan tugas akhir ini akan menghasilkan luaran sebagai berikut:

1. Laporan tugas akhir
2. Data hasil simulasi menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*
3. Artikel ilmiah