

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang gambaran umum permasalahan dalam penelitian. Secara garis besar, Bab I mengupas seluk beluk latar belakang penelitian, urgensi penelitian, kebaharuan, batas-batas perihal topik yang dikaji, serta menjabarkan secara singkat isi atas laporan penelitian dalam sistematika singkat. Bab I menjadi kunci dan landasan berpikir tentang arah penelitian dan apa saja yang akan dicapai atau diketahui dari penelitian yang akan dilakukan.

1.1 Latar Belakang

Mengejar energi bersih dan terjangkau adalah aspek mendasar dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) untuk tahun 2030. Inisiatif global ini memerlukan komitmen kuat dari pemerintah pusat dan daerah di Indonesia untuk memastikan praktik energi berkelanjutan dilaksanakan secara efektif. Pendekatan Indonesia terhadap energi terbarukan dirangkum dalam Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014, yang menetapkan target ambisius untuk energi baru dan terbarukan. Tujuannya adalah untuk mencapai 23% bauran energi dari sumber terbarukan pada tahun 2025 dan setidaknya 31% pada tahun 2050. Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, dengan target khusus untuk mengurangi penggunaan minyak dan batu bara menjadi 20% dan 25%, masing-masing (Setyono et al., 2019).

Untuk mencapai target tersebut, Indonesia perlu untuk memanfaatkan potensi energi terbarukan yang ada secara optimal. Salah satu potensi energi tersebut ialah energi air baik skala makro maupun mikro. Energi air ini dapat

dimanfaatkan melalui pengaplikasian turbin air. Turbin air diklasifikasikan dalam dalam beberapa tipe berdasarkan pada kapasitas daya yang dapat dihasilkannya (Mafruddin & Irawan, 2020).

Turbin *picohydro* , yakni salah satu tipe turbin dirujuk pada kapasitas daya yang dapat dihasilkan, merupakan jenis turbin skala mikro yang dapat digunakan secara efektif di berbagai pengaturan, terutama di daerah dengan akses listrik terbatas. Turbin *picohydro* sangat berguna untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah terpencil di mana sumber daya tradisional tidak tersedia. Misalnya, mereka dapat digunakan untuk menyediakan listrik ke desa-desa. Selain itu, turbin air tipe ini memiliki desain yang mudah diterapkan dengan cukup mudah, misalnya di sepanjang aliran datar atau saluran irigasi. Keserbagunaan ini berarti dapat memanfaatkan energi dari berbagai sumber air, sehingga cocok untuk digunakan secara luas di berbagai medan di Indonesia (Sudiby et al., 2019).

Meskipun begitu, masih terdapat tantangan dalam peningkatan efisiensi sistem *picohydro* , khususnya dari aspek desain dan karakteristik aliran. Penelitian oleh Gunadi et al. (2022) mengembangkan model turbin *cross flow* untuk *picohydro* dan mengidentifikasi bahwa rasio antara diameter dan lebar *runner* memegang peran penting terhadap performa sistem. Penelitian ini menyoroti kebutuhan akan optimalisasi desain turbin untuk efisiensi yang lebih tinggi, namun pendekatan yang digunakan masih bersifat eksperimental.

Penelitian lain oleh Pérez et al. (2020) secara khusus menyoroti pentingnya pendekatan simulasi CFD dalam mengevaluasi performa turbin *picohydro* untuk kebutuhan rumah tangga, yang sering kali memerlukan desain ringkas dan efisiensi optimal pada kondisi *head* dan debit rendah. Dalam studi

tersebut, model turbin dikembangkan menggunakan SolidWorks dan disimulasikan melalui ANSYS CFX, dengan konfigurasi *solver* yang mengacu pada standar teknis dan regulasi sistem air minum di Kolombia. Hasil simulasi menunjukkan bahwa parameter kondisi batas berpengaruh signifikan terhadap tekanan keluaran dan efisiensi hidraulik, sehingga menegaskan bahwa penyesuaian parameter desain dan operasional melalui simulasi numerik sangat krusial untuk memperoleh performa turbin yang optimal.

Tran dan Kim (2019) mengembangkan desain turbin propeller *picohydro* untuk peternakan ikan, dengan pendekatan kombinasi CFD dan metode eksperimental. Hasil penelitian menunjukkan bahwa geometri bilah dan jumlah sudu (empat sudu) secara signifikan mempengaruhi efisiensi, yang mencapai 70% pada debit desain dengan daya keluaran 3,5 kW. Sementara itu, Beyazgül et al. (2022) menyajikan analisis numerik turbin *picohydro* menggunakan metode *Moving Reference Frame* (MRF) dan *Six Degrees of Freedom* (6-DOF), yang dibandingkan dengan data eksperimental. Studi ini menekankan bahwa validasi numerik terhadap parameter torsi, kecepatan sudut, dan tip speed ratio sangat penting dalam menentukan akurasi permodelan turbin pico skala dua dimensi.

Dari beberapa studi terdahulu tersebut, terlihat bahwa pendekatan eksperimental memiliki kelebihan dalam merepresentasikan kondisi riil, namun juga memiliki keterbatasan dalam prediksi awal dan fleksibilitas desain. Sebaliknya, metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menawarkan peluang untuk mengevaluasi performa sistem dalam berbagai skenario tanpa memerlukan pengujian fisik yang kompleks. Dengan perangkat lunak ANSYS Fluent,

distribusi tekanan, kecepatan fluida, hingga efisiensi sistem dapat dianalisis secara terperinci sebelum dilakukan fabrikasi prototipe.

Pada perkembangannya, metode berbasis simulasi numerik menjadi pendekatan yang cukup banyak digunakan dalam analisa performa turbin air. Salah satu metode yang dinilai cukup efektif yakni *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Melalui simulasi CFD, permodelan numerik memungkinkan untuk dikaji dari aspek pola aliran, distribusi tekanan, maupun kecepatan fluida yang bekerja dalam sistem. Melalui perangkat lunak Ansys Fluent yang cukup dikenal dalam metode penelitian berbasis simulasi numerik, peneliti dapat mengidentifikasi parameter yang mempengaruhi kinerja turbin pada kondisi ideal.

Efisiensi turbin air sendiri sebagaimana dipaparkan sebelumnya, dapat dipengaruhi beragam parameter, seperti jumlah sudu (*blade*), kecepatan putar sudu, serta laju aliran massa fluida. Jumlah sudu ini dapat mempengaruhi distribusi gaya hidrodinamis serta pola aliran fluida yang bekerja dalam turbin. Kecepatan putar sudu turbin dapat mempengaruhi daya mekanis yang dihasilkan oleh putaran sudu. Sementara itu laju aliran massa fluida akan menentukan seberapa besar energi kinetik dapat dikonversi menjadi energi mekanik. Oleh karena hal tersebut pemilihan jumlah sudu, kecepatan putar sudu, serta laju aliran massa yang tepat menjadi hal krusial yang akan mempengaruhi performa turbin air.

Secara umum penelitian memiliki tujuan agar dapat memberikan kontribusi dalam penggambaran optimalisasi desain turbin *picohydro* , melalui metode simulasi numerik dengan perangkat lunak Ansys Fluent. Oleh sebab itu, penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai referensi dalam pengembangan

desain turbin yang lebih efisien dan aplikatif, terutama untuk kebutuhan listrik di daerah dengan potensi aliran air kecil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, rumusan masalah yang teridentifikasi dalam penelitian ini antara lain:

- a. Bagaimana kinerja turbin air *picohydro* pada kondisi ideal menggunakan metode simulasi numerik?
- b. Bagaimana pengaruh variasi jumlah *blade runner* terhadap kinerja turbin air *picohydro* ?
- c. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putar *runner* turbin terhadap kinerja turbin air *picohydro* ?
- d. Bagaimana pengaruh variasi laju aliran massa fluida terhadap kinerja turbin air *picohydro* ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian mencakup:

- a. Simulasi numerik menggunakan perangkat lunak Ansys Fluent.
- b. Dimensi dan permodelan turbin air, merujuk pada turbin air *picohydro* yang telah dirancang dan difabrikasi Badan Riset dan Inovasi Nasional (Sudibyo et al., 2019).
- c. Jenis fluida yang digunakan adalah air dalam fase cair, dengan asumsi bahwa kondisi kerja turbin berlangsung di aliran sungai yang hanya mengandung air tanpa campuran fluida lain, seperti udara atau partikel

padat. Oleh karena itu, pengaruh dari fluida lain diabaikan dalam simulasi ini.

- d. Dengan mempertimbangkan karakteristik aliran tersebut, jenis aliran yang dimodelkan dalam simulasi adalah aliran satu fase. Asumsi ini digunakan karena dalam praktiknya, hanya air dalam fase cair yang berperan aktif dalam menghasilkan daya mekanik pada turbin *picohydro*.

1.4 Tujuan

Berdasarkan pemaparan pada rumusan masalah serta batasan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, tujuan dari penelitian ini antara lain:

- a. Menganalisis kinerja turbin air *picohydro* pada kondisi ideal menggunakan metode simulasi numerik.
- b. Menganalisis pengaruh variasi jumlah *blade runner* terhadap kinerja turbin air *picohydro*.
- c. Menganalisis pengaruh variasi kecepatan putar *runner* turbin terhadap kinerja turbin air *picohydro*.
- d. Menganalisis pengaruh variasi laju aliran massa fluida terhadap kinerja turbin air *picohydro*.

1.5 Luaran

Luaran dari penelitian ini mencakup beberapa hal yakni:

- a. Laporan Proyek Akhir
- b. Artikel Ilmiah
- c. Hak Paten

d. Data Hasil Simulasi Numerik

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Laporan proyek akhir ini terdiri atas beberapa bab yang memiliki fungsi dan peruntukannya masing-masing. Bab-bab tersebut adalah:

1.6.1 Pendahuluan

Bab pertama yakni bab pendahuluan menjabarkan pengantar umum mengenai permasalahan penelitian. Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, luaran, serta sistematika penelitian.

1.6.2 Tinjauan Pustaka

Bab kedua berisi tentang kajian literatur yang menjadi dasar berpikir dalam penelitian ini. Bab dua menjabarkan teori-teori maupun konsep yang bersinggungan dengan topik penelitian.

1.6.3 Metodologi

Bab tiga berisi langkah-langkah dalam penelitian. Bab ini adalah bab yang menjadi panduan selama penelitian berjalan. Pada bab ini diletakkan kerangka penelitian dan bagaimana hasil penelitian akan divalidasi untuk menguji keabsahan hasil penelitian.

1.6.4 Hasil dan Pembahasan

Bab empat mengupas hasil dan bagaimana hasil penelitian tersebut kemudian dikaji dan dianalisis dengan teori terkait. Sebagai bab inti dalam penelitian, bab empat akan mengupas pengaruh dari variabel-variabel penelitian melalui properti yang diperoleh dari simulasi numerik.

1.6.5 Kesimpulan dan Saran

Sebagai bab penutup, bab lima berisi ringkasan singkat penelitian yang dituangkan dalam kesimpulan penelitian. Selain itu bab ini akan memberikan rekomendasi atau saran bagi penelitian lebih lanjut yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan.