

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi terbarukan merupakan salah satu energi yang sangat melimpah yang tersedia di alam karena sifatnya yang dapat terus-menerus ada dan tidak akan pernah habis. sesuai dengan prinsip konservasi energi dalam sistem termodinamika yang menyatakan bahwa “energi tidak bisa diciptakan atau dimusnahkan. namun energi bisa bertukar kedalam bentuk energi yang lain (konversi energi)”. Contohnya energi terbarukan diperoleh dari fenomena alam yang terjadi dimana hal tersebut sering tidak disadari dan sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti energi potensial dari air terjun yang jatuh dan kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin air untuk selanjutnya di konversi kedalam energi listrik oleh perangkat generator. Potensi sumber energi air memiliki banyak keunggulan dibandingkan sumber energi lainnya dikarenakan sumber energi ini adalah sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki tingkat efisiensi tinggi saat dikonversi menjadi energi listrik. penggunaan energi air dapat dikelola secara fleksibel dalam skala besar sebagai pembangkit tenaga air (PLTA) maupun dalam skala mikro sebagai pembangkit listrik tenaga Mikro Hidro (PLTMH) [1]. jika ditinjau dari segi sumber daya yang tersedia. pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan di Indonesia [2].

Di Indonesia sendiri energi terbarukan masih belum bisa sepenuhnya tereksplorasi secara maksimal menurut R. Wong dkk., 2024. Perekonomian Indonesia sangat bergantung pada sektor bahan bakar fosil. seperti yang ditunjukkan oleh indikator pendapatan tidak kena pajak, subsidi energi, komposisi energi, dan kemampuan adaptasi peraturan. Untuk mengurangi emisi karbon sebesar 41% pada tahun 2030, sektor energi harus mengalami transisi yang lebih cepat dari yang diperkirakan sebelumnya, sehingga memerlukan reformasi dan investasi yang komprehensif [3]. Sementara Peraturan Presiden No. 22/2017 tentang Rencana Energi Nasional memproyeksikan bahwa komposisi energi terbarukan akan meningkat menjadi 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [3]. Kebutuhan akan energi bersih dan berkelanjutan adalah program jangka panjang yang dicanangkan oleh pemerintah yang harus sepenuhnya didukung oleh

semua elemen masyarakat di Indonesia. salah satunya adalah melalui riset dan pengembangan dengan memanfaatkan teknologi yang tersedia. seperti yang telah dilakukan oleh Naufal Rospriandana.. dkk (2017). dengan memodelkan proses hidrologi yang didukung oleh kemajuan teknologi penginderaan jauh dan geospasial yang kemudian dimanfaatkan untuk mengevaluasi potensi Pembangkit Listrik Tenaga air kecil (Small Hydro Powerplant). Bahkan di sub-DAS (Daerah Aliran Sungai) Ciwidey. Jawa Barat saja seperti yang ditunjukkan pada penelitian ini menyimpan potensi total dari *Small Hydro Power* (SHP) maksimum sebesar 1.72 Megawatt [2]. Jika mampu dikelola dengan baik hal ini dapat dimanfaatkan untuk menambah ketahanan energi nasional [2]. Pembangkit listrik *head* rendah dan pembangkit listrik tenaga air mikro (SHP) adalah solusi alternatif yang paling aman untuk mengatasi masalah kekurangan daya listrik pasokan listrik dan masalah keuangan di daerah pedesaan dan miskin. memastikan masa depan yang lebih baik bagi masyarakat [4]. Selain itu juga salah satu faktor penting dari situs pembangkit listrik PLTA adalah keberadaan dari komponen hidrolis terutama turbin yang diperlukan harus dirancang agar bisa mengekstrak paket-paket energi yang tersedia di alam secara efisien dengan performa yang cukup handal. Namun biaya untuk riset dan pengembangan turbin jika hanya bergantung pada hasil uji eksperimental cukup memakan investasi yang mahal. dengan adanya teknologi simulasi yang cukup *advance* yang tersedia saat ini seperti perangkat lunak CFD (*Computational fluid Dynamic*) memiliki prospek yang menjanjikan dan berpotensi besar dalam menghemat waktu dalam proses pengembangan desain [5]. serta akuisisi data dibandingkan dengan pengujian eksperimental secara langsung yang memerlukan beberapa prototype untuk mengembangkan suatu model turbin saja. Turbin yang dimaksud salah satunya adalah kelompok turbin air Skala Pico yang akan menjadi fokus pada penelitian ini.

Model turbin ini termasuk dalam klasifikasi ULH (Ultra Low Head) ditinjau dari kapasitas pembangkitan tenaga air berkisar antara 10.0 -3500.0 Kilowatt [6]. biasanya pada kasus tertentu turbin pico-hidro cocok diaplikasikan pada daerah dengan sungai-sungai yang umum dijumpai memiliki gradien ketinggian atau Head rendah [6]. Lebih lanjut lagi dalam pengelompokan SHP (*Small Hydro Power*) dapat dibagi lagi menjadi beberapa sub-kategori tertentu berdasarkan *head* yang

biasanya berkisar antara 3 meter ke bawah [6]. Karena kemampuannya untuk bisa beroperasi pada *Head* yang rendah [6]. [7]. Turbin reaksi tipe *Propeller* dipilih untuk dijadikan subjek pada penelitian kali ini. Kajian secara komprehensif mengenai desain turbin ini perlu ditinjau kembali untuk memastikan turbin mampu mencapai efisiensi maksimal dan juga memastikan keandalan performa ketika beroperasi seiring berjalannya waktu. Penelitian yang dimaksud berfokus pada analisa terkait kavitasasi dan dampak yang ditimbulkan terhadap komponen *runner* turbin menggunakan pendekatan CFD untuk menilai karakteristik kavitasasi dan prediksi aliran internal yang terjadi di dalam turbin. Hal ini sangat penting karena setelah beberapa tahun beroperasi, turbin akan menunjukkan tanda-tanda penurunan kinerja, mungkin karena kerusakan yang parah dari berbagai sumber. Salah satu alasan utama adalah keausan erosi pada turbin yang disebabkan oleh fenomena kavitasasi terutama turbin-turbin reaksi. [7] Ketika tekanan lokal fluida turun di bawah tekanan uapnya, maka akan timbul gelembung-gelembung uap di dalam cairan. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kinerja yang signifikan dan kemungkinan kerusakan parah pada komponen hidraulik seperti turbin, baling-baling, atau pompa [8]. Metode pendekatan numerik *finite volume method* atau yang biasa dikenal dengan *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dipilih sebagai salah satu solusi praktis dan murah untuk melakukan analisis mengenai kavitasasi dan prediksi kondisi aliran yang terjadi di dalam turbin dengan cukup akurat. Penelitian yang dilakukan oleh A.P Prakoso dkk., 2019 terkait kajian mengenai performa dengan pendekatan CFD yang divalidasi dengan perbandingan pada kondisi uji eksperimental, menunjukkan nilai error atau deviasi yang terjadi sebesar 3.4% pada jenis turbin skala pico tipe *crossflow* [9].

## 1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana simulasi dilakukan untuk memprediksi kondisi aliran internal didalam turbin secara numerik menggunakan pendekatan CFD untuk menangkap fenomena kavitasasi pada areal komponen *runner* turbin *propeller* pico-hidro.
- Bagaimana menentukan *safe operation* agar tekanan yang beroperasi pada bilah atau *blade runner* yang berputar pada turbin tidak melebihi tekanan

vakum sehingga terjadi penurunan tekanan yang berdampak munculnya gelembung-gelembung kavitasi

### 1.3 Batasan Masalah

- Area kajian berfokus pada turbin reaksi skala ULH pico-hidro tipe *propeller*
- konfigurasi sudu atau (*Blade Runner*) yang terdapat sebanyak 3 buah
- Simulasi dijalankan secara *Steady State*

### 1.4 Tujuan Penelitian

- **Tujuan umum**
  - Sebagai syarat kelulusan jenjang S1 Program Studi Teknik Mesin Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
  - Media pengembangan dan eksplorasi pengetahuan yang didapat selama mengikuti masa studi di program studi Teknik Mesin USB YPKP Bandung
- **Tujuan Khusus**
  - Mengetahui tekanan operasi yang sesuai agar tidak terjadi kavitasi sehingga turbin dapat bekerja sesuai dengan kondisi desain yang optimal.

### 1.5 Manfaat Penelitian

- Mengetahui bagaimana suatu permasalahan kompleks yang terjadi di dalam fluida yang tidak bisa diselesaikan secara analitik dapat diantisipasi secara numerik dengan metode pendekatan CFD.
- Memangkas waktu dan biaya pengembangan sebuah model turbin pico-hidro sehingga meminimalisir *prototype* yang memakan waktu dan biaya yang besar lewat pendekatan numerik berbasis CFD
- Memberikan gambaran tentang bagaimana teknologi simulasi saat ini dalam memodelkan fenomena fisik yang terjadi telah berkembang secara pesat dan masif serta memiliki cakupan luas untuk menangani permasalahan-permasalahan *engineering*

### 1.6 Metodologi Penelitian

Pada tugas akhir ini metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Pengumpulan jurnal, *text book* dan artikel penelitian terkait, yang dilakukan sebagai bagian dari studi literatur untuk melakukan penelitian ini.
- Merancang skema perhitungan dari fluida kerja untuk mendapatkan kondisi batas, serta parameter yang diperlukan untuk menghindari kavitasi
- Penelusuran terkait hubungan antara variabel seperti tekanan uap, suhu dan variabel lain pada proses termodinamika yang dapat memunculkan gelembung kavitasi
- Tahapan pra-pemrosesan (*Pre-processing*) berisikan deskripsi singkat dari geometri turbin, deskripsi mengenai *Meshing generation* yang dilakukan, memasukan kondisi batas (*Boundary Condition*) pada seksi masuk dan keluar, serta parameter lain (Fisika) yang diperlukan untuk melakukan simulasi.
- Tahapan *solver* yang secara otomatis dilakukan oleh komputer dengan metode yang sudah ditentukan.
- Tahap pasca-pemrosesan (*Post-processing*) data yang telah dihitung oleh komputer untuk kemudian disajikan dalam bentuk, grafik plot, kontur gambar pada areal *runner*.
- Analisis dan interpretasi hasil
- kesimpulan

### 1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan Skripsi ini dibagi ke dalam beberapa bab. sebagai berikut:

#### 1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang yang melandasi penelitian, rumusan masalah, batasan masalah. tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

#### 2. BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan tentang tinjauan pustaka mengenai penelitian-penelitian serupa yang sudah ada dan pembahasan mengenai teori-teori yang mendasari penelitian ini.

#### 3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang perhitungan atau estimasi awal dari fluida kerja terkait kondisi yang membatasi sistem fluida didalam turbin, dan tahapan lainnya sebelum melakukan simulasi menggunakan aplikasi Ansys Fluent.

#### 4. BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Bab ini berisikan tentang hasil data yang diperoleh lewat simulasi serta interpretasi terkait pembentukan gelembung kavitasi dan analisis data tekanan tekanan lokal pada variasi beban operasi kemudian interpretasi akhir dilakukan untuk mengambil kesimpulan pada penelitian ini.

#### 5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan beberapa saran yang diberikan untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya

