

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik adalah bagian penting dari berbagai aktivitas manusia di berbagai tempat. Namun, distribusi listrik di daerah terpencil masih menghadapi tantangan, terutama terkait dengan biaya pembangunan infrastruktur yang tinggi dan keterbatasan akses. Penggunaan pembangkit listrik tenaga air berukuran kecil, seperti piko hidro dengan kapasitas kurang dari 5 kW, adalah salah satu alternatif solusi yang semakin banyak digunakan [1]

Poros *runner* bertanggung jawab untuk mentransmisikan torsi dari *runner* ke generator, menjadikannya komponen mekanis yang sangat penting dalam sistem turbin piko hidro. Kinerja poros sangat mempengaruhi efisiensi energi yang dihasilkan, dan juga mempengaruhi umur pakai sistem secara keseluruhan. Jika poros tidak dirancang dengan baik, kegagalan poros dapat disebabkan oleh ketidakseimbangan beban, torsi berlebihan, dan getaran yang terjadi selama operasi. Akibatnya, analisis menyeluruh terhadap kekuatan dan daya tahan poros dalam berbagai kondisi pembebanan diperlukan [2].

Material S20C di pilih karena sifat mekaniknya yang kuat, seperti kekuatan tarik, tekan dan puntir yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan daya tahan yang lama, dengan kandungan karbon (0,18-0,23), Silikon (0,15-0,35), Mangan (0,30-0,60), Fosfor ($\leq 0,030$), Sulfur ($\leq 0,035$), Kromium ($\leq 0,20$), Tembaga ($\leq 0,30$), Nikel ($\leq 0,20$) menjadikan material S20C sebagai pilihan dalam penelitian ini [13].

Finite Element Method (FEM) adalah metode numerik yang sangat efektif dalam menganalisis struktur mekanis kompleks, termasuk poros turbin. Dengan FEM, model geometri dari poros dapat dibagi menjadi elemen-elemen kecil (*meshing*), sehingga distribusi tegangan dan deformasi akibat beban dapat dihitung secara akurat. Keunggulan utama FEM adalah kemampuannya untuk menangani kondisi batas kompleks dan berbagai jenis material, sehingga sangat sesuai untuk evaluasi kekuatan poros *runner* dalam kondisi kerja sebenarnya [3]

Proses *meshing* sangat penting dalam penggunaan FEM karena dapat memengaruhi hasil analisis. Seberapa akurat prediksi tegangan dan regangan pada

poros dipengaruhi oleh metode *refinement*, ukuran mesh, dan jenis elemen. Mesh yang terlalu kasar akan menghasilkan analisis yang tidak akurat, sebaliknya, mesh yang terlalu halus akan membutuhkan banyak sumber daya komputasi. Oleh karena itu, penelitian sensitivitas terhadap ukuran mesh harus dilakukan untuk mengimbangi akurasi dan efisiensi waktu komputasi [12]. Karena kualitas dan kepadatan mesh mempengaruhi akurasi hasil simulasi, proses meshing dalam FEM sangat penting. Memilih jenis elemen, ukuran mesh, dan teknik meshing yang tepat akan menghasilkan model yang lebih akurat yang menunjukkan keadaan sebenarnya. Oleh karena itu, analisis FEM yang didukung oleh proses meshing yang optimal dapat menemukan titik lemah potensial pada poros *runner*. Ini memungkinkan perbaikan desain sebelum proses manufaktur.

Dengan menggunakan metode numerik FEM, penelitian ini berkonsentrasi pada proses simulasi dalam pengukuran tegangan dan deformasi yang terjadi. Penelitian ini diharapkan dapat membantu mengembangkan desain poros turbin yang lebih baik dan efisien untuk mendorong penggunaan energi terbarukan di Indonesia, terutama di wilayah terpencil.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana distribusi tegangan dan deformasi yang terjadi pada poros *runner* turbin piko hidro di bawah beban operasional?
2. Berapa nilai faktor keamanan (*safety factor*) dari poros *runner* terhadap beban yang diterima?
3. Bagaimana pengaruh gaya yang terjadi pada poros *runner*?

1.3. Batasan Masalah

1. Penelitian ini berfokus pada desain poros *runner* turbin propeller dengan material S20C yang digunakan dalam sistem piko hidro (kapasitas di bawah 5 kW).
2. Simulasi poros *runner* meliputi tegangan kombinasi, deformasi total, *safety factor*.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Melakukan simulasi komputasi terhadap poros runner turbin piko hidro untuk mengetahui distribusi tegangan dan deformasi menggunakan pendekatan numerik Metode Elemen Hingga (FEM).
2. Menentukan faktor keamanan (safety factor) dari poros *runner* berdasarkan hasil analisis.

1.6. Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan Keandalan

Melalui pemetaan tegangan, deformasi, dan evaluasi faktor keamanan, penelitian ini diharapkan mampu mendukung peningkatan keandalan serta memperpanjang masa operasional poros *runner* pada turbin piko hidro.

2. Efisiensi Biaya Desain dan Manufaktur

Studi ini dapat menjadi dasar pertimbangan dalam mengoptimalkan desain poros *runner*, sehingga proses manufaktur dan pemeliharaan dapat dilakukan dengan lebih efisien tanpa mengabaikan aspek kinerja dan keselamatan.

3. Kontribusi Ilmiah

Penelitian ini memberikan sumbangsih di bidang teknik mesin dan energi terbarukan, terutama dalam penerapan analisis numerik berbasis Metode Elemen Hingga (FEM) untuk mengevaluasi struktur mekanis pada sistem turbin piko hidro.

4. Dasar untuk Penelitian Selanjutnya

Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan bagi riset lanjutan, baik yang berkaitan dengan pengembangan desain turbin skala kecil lainnya maupun eksplorasi lebih lanjut dalam penggunaan metode numerik untuk analisis komponen mesin.

1.7. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman laporan penelitian ini tersusun atas beberapa bab pembahasan. Sistematika pembahasan tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan menguraikan secara singkat latar belakang, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka dalam bab ini menjelaskan tentang teori penunjang, berisi pembahasan secara garis besar tentang isi dari laporan tugas akhir, teori-teori penunjang, serta software untuk desain dan simulasi pengujian.

BAB III METODE PENELITIAN

Memuat metode penyusunan dalam proses penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini memuat hasil, analisis dan evaluasi dari penelitian dan pembahasan masalah.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan bab-bab sebelumnya dan saran-saran.