

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Salah satu kebutuhan energi yang terus meningkat adalah energi listrik seperti pada perangkat, elektromobilitas dan pencahayaan yang saat ini menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti angin, prosesnya dimulai dari energi angin yang menyebabkan baling-baling (rotor) bergerak sehingga dapat berputar mengikuti angin. Putaran yang terjadi pada rotor dihubungkan dengan generator sehingga dihasilkanlah listrik (Rais & Tjiroso, n.d.). Selain itu, sumber energi listrik dapat diperoleh dari sel surya yang bekerja berdasarkan efek fotolistrik semikonduktor, mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik (Assiddiq., 2018). Selain angin dan matahari, air adalah salah satu sumber energi yang dapat digunakan dan ramah lingkungan.

Tenaga air (hidro) adalah energi terbarukan untuk menghasilkan energi listrik yang bersih guna meminimalisir kerusakan pada lingkungan dan terjadinya *global warming*. Potensi besar yang dimiliki air dapat diinovasikan menjadi PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), skala menengah sampai kecil dapat dikembangkan menjadi mikrohidro atau dikenal dengan PLTMH yang berarti Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Astro et al., 2020). Mikrohidro dalam teknisnya memiliki beberapa komponen utama seperti air sebagai sumber energi, generator dan turbin. Salah satu turbin yang dapat digunakan adalah turbin Kaplan.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan menghasilkan daya generator sebesar 87,6 Watt dengan *head* 2 meter dan sudu 4 buah (Kurniawan et al., 2019). Kemudian penelitian yang menentukan besarnya efisiensi serta daya yang dihasilkan 3 sampai 5 jumlah sudu dan dari penelitian didapatkan bahwa yang menghasilkan efisiensi dan daya terbaik adalah dengan jumlah sudu 4 (Jawad, 2019). Penelitian lain yang menginvestigasi variasi geometri susunan

sudu dengan *runner* 4 sudu menghasilkan RB-3 memiliki efisiensi yang paling baik dengan 93,04% saat kondisi berhenti sesaat dan efisiensi 95,67 % saat kondisi berputar (Sirojuddin, Dewi, et al., 2022). Peneliti lain pernah melakukan studi pada pembuatan desain sudu *runner* turbin Kaplan dengan *Gottingen (GOE) series* dan *Airfoil.com*, tinggi jatuh air 8 m, dan laju aliran 0,3 m³/s menggunakan *software* CFD untuk memprediksi aliran fluida yang melewati *runner*. Hasilnya menunjukkan daya yang dihasilkan sebesar kurang lebih 20 kW dan kecepatan turbin sebesar 900 rpm (Kane et al., 2016). Penelitian lain terkait roda *runner* Kaplan secara teoritis dirancang untuk mencapai efisiensi 94%. Namun, analisis CFD menunjukkan bahwa desain teoritis yang sama hanya memiliki efisiensi sebesar 50,98%. Dampak yang signifikan terhadap efisiensi turbin dicapai dengan memodifikasi sudu masuk dan sudu keluar dimana peningkatan hingga 42,03% (Abeykoon & Hantsch, 2017). Sebuah penelitian telah dilakukan yang mengidentifikasi susunan sudu *runner* pada turbin Kaplan 3-blade dengan variasi tinggi sudu dalam -5, 0,+5, dan +10 mm dari tinggi sudu standar terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin dengan hasil penelitian bahwa ketinggian sudu dalam mempengaruhi daya yang dihasilkan turbin pada kondisi berhenti sesaat dan mendekati kondisi putaran dimana daya yang dihasilkan varian RB-1 5955,97 W, RB-2 5833,54 W, RB-3 5695,74 W, dan RB-4 5652,75 W. Daya yang lebih tinggi adalah varian RB-1 dengan daya maksimum efisiensi adalah 97,14%. Dalam kondisi putaran, daya yang dihasilkan oleh varian RB-1 5743,89 W, RB-2 5598,33 W, RB-3 5516,65 W, dan RB-4 5407,74 W. Daya yang lebih tinggi juga merupakan varian RB-1 dengan maksimal efisiensi adalah 93,68% (Sirojuddin, Zahara, et al., 2022). Penelitian spesifik terkait dengan desain turbin Kaplan juga pernah dilakukan dengan merancang bangun turbin Kaplan pada ketinggian 1,6 m dengan debit 0,0224 m³/s dan dihasilkan daya sebesar 805,407 Watt (kunsadi, Mulyono, et al., 2018)

Melihat beberapa penelitian yang telah mendesain turbin Kaplan melalui variasi tinggi sudu maka penelitian ini bertujuan untuk mendesain Turbin Kaplan dengan daya 25 Kw dengan menggunakan *Airfoil NACA 2412* dengan menggunakan *software Autodesk AutoCAD 2017* untuk membuat desain 2D, *Autodesk Inventor 2021* untuk membuat desain 3D dan mencari nilai faktor

keamanan dan tegangan *Von Mises*, *Computational Fluid Dynamics (CFD)* menggunakan *SolidWorks Flow Simulation* untuk mengetahui besar daya yang diperoleh pada sudu *runner*.

Rencana pembelajaran semester sebagai acuan pada penelitian ini yang telah ditentukan oleh Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Beberapa mata kuliah yang telah dipelajari seperti Merancang Mesin, Mesin Konversi Energi, Mekanika Fluida, Desain Berbasis Komputer serta beberapa mata kuliah lainnya.

1.2. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang telah dijabarkan maka beberapa tujuan yang dapat dijadikan sebagai masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Belum terpenuhinya kebutuhan listrik di beberapa daerah yang memiliki potensi dengan tinggi jatuh air yang rendah
2. Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang belum maksimal sebagai salah satu sumber Energi Baru dan Terbarukan.
3. Potensi turbin Kaplan dalam meningkatkan efisiensi perlu dikembangkan
4. Pendapatan daya yang belum maksimal dari sudu *runner* turbin Kaplan.
5. Nilai *safety factor* sebagai keamanan desain yang perlu dicapai sudu *runner*.
6. Pengaruh ketinggian sudu dalam *runner* turbin Kaplan terhadap daya yang dihasilkan ketika turbin dalam keadaan berputar.

1.3. Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini diberikan batasan agar dapat terfokus dan tidak terjadi peluasan masalah. Berikut batasan-batasan tersebut:

1. Fluida yang digunakan pada penelitian adalah air.
2. Turbin yang digunakan adalah turbin Kaplan dengan tinggi jatuh air 12 meter.
3. Menggunakan debit air $0,225 \text{ m}^3/\text{s}$.
4. Pengujian *stress analysis* dilakukan hanya saat dalam keadaan diam.

5. Penelitian ini hanya membahas masalah desain turbin Kaplan dengan kapasitas 25 kW.
6. Jumlah sudu yang digunakan pada penelitian ini adalah 4 buah.
7. *Software Autodesk CAD 2017* yang digunakan untuk pembuatan gambar 2 dimensi.
8. *Software Autodesk inventor 2021* yang digunakan untuk Analisa optimasi desain sudu turbin Kaplan.
9. *Software SolidWorks tahun 2021* yang digunakan untuk analisa daya dan aliran air yang dihasilkan.

1.4. Perumusan Masalah

Dari permasalahan yang ada dan batasan-batasan yang telah ditentukan maka rumusan masalah ditetapkan sebagai berikut:

Bagaimana mendesain sudu turbin Kaplan berjumlah 4 dengan bentuk yang optimal untuk mendapatkan daya dengan kapasitas daya 25 Kw dengan menggunakan Airfoil Naca 2412?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

Mendesain turbin Kaplan jumlah sudu 4 dengan bentuk yang optimal sehingga mendapatkan daya dengan kapasitas 25 Kw Airfoil Naca 2412.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, serta pembelajaran dari proses penelitian yang dimulai dari perancangan, perhitungan, desain hingga penggambaran produk.
2. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi mengenai turbin Kaplan bagian menyusun profil sudu.

3. Penelitian ini sebagai laporan akhir menyelesaikan studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Univesitas Negeri Jakarta.

