

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia kian meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi yang semakin canggih di dunia. Setiap rumah memerlukan energi listrik untuk mempermudah dalam menjalankan aktivitas hariannya. Namun, pembagian listrik yang ada tidak terbagi secara merata ke seluruh daerah. Penyebarannya terpusat di kota-kota sehingga pedesaan hingga daerah-daerah terpencil umumnya tidak terjangkau oleh aliran listrik (Hartadi, 2015). Dalam kondisi ini, perlu adanya solusi yang tepat untuk menyediakan energi listrik pada daerah-daerah tersebut yakni dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan yang ada di sekitarnya.

Air merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang tak terbatas jumlahnya. Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dengan geografi yang memiliki banyak gunung dengan mata air dan sungai yang mengalir sepanjang tahun. Sungai-sungai ini berpotensi besar untuk dijadikan sumber energi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) terutama pada daerah-daerah yang memiliki air terjun atau air yang beraliran deras (Sugiyanto & Tugimin, 2016). Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak serta memanfaatkan tinggi terjun air (*head*) dan jumlah debit air (Gunawan et al., 2013). Dalam pelaksanaannya, pemanfaatan PLTMH menggunakan berbagai jenis alat, salah satunya adalah turbin air Kaplan.

Pada penelitian terdahulu, (Aziz, 2020) telah melakukan analisis tegangan dan aliran pada turbin kaplan dengan *runner* 6 sudu yang menghasilkan bahwa susunan sudu dengan geometri *overlap* menghasilkan daya dan nilai efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan susunan sudu tanpa celah dan bercelah. Pada penelitian lainnya, (Kurniawan et al., 2019) melakukan penelitian menggunakan *head* sebesar 2 m dan *runner* 4 sudu pada turbin kaplan. Hasil penelitian tersebut

menunjukkan bahwa turbin tersebut mampu menghasilkan daya generator sebesar 87,6 Watt. (Jawad, 2019) telah melakukan penelitian yaitu mendesain dan menginvestigasi *runner* turbin Kaplan untuk menentukan daya dan efisiensi berdasarkan jumlah sudu pada *runner* yaitu 3, 4, dan 5 sudu. Hasilnya menunjukkan bahwa 4 sudu *runner* menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih baik dibandingkan varian lainnya. 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 $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 (Permana & Rudianto, 2017). (Ujwala et al., 2017) melakukan penelitian untuk membuat desain sudu turbin Kaplan dengan *head* rendah dan ringan dengan memvariasikan material sudu *runnernya*, yaitu aluminium alloy, structural steel, titanium alloy, dan stainless steel. Pembuatan desain 3D menggunakan *SolidWorks* dan analisisnya menggunakan *Ansys 14*. Hasilnya menunjukkan bahwa titanium alloy adalah material terbaik karena mempunyai berat yang rendah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menginvestigasi variasi ketinggian profil sudu bagian dalam sebesar -5 mm , sejajar, $+5 \text{ mm}$, $+10 \text{ mm}$, dan $+15 \text{ mm}$ dari ketinggian profil sudu luarnya terhadap efisiensi daya yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan menggunakan *software Autodesk AutoCAD* untuk membuat desain 2D, *Autodesk Inventor* untuk membuat desain 3D dan uji kekuatan material, dan *Computational Fluid Dynamics (CFD) SolidWorks Flow Simulation* digunakan untuk uji aliran diperoleh pada sudu *runner*.

Dalam penelitian yang dilakukan ini mengacu pada Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah yang ada di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Penelitian ini melibatkan beberapa mata kuliah yang telah ditempuh di bangku kuliah, antara lain Merencana Mesin, Mesin Konversi Energi, Mekanika Teknik, Mekanika Fluida, dan Desain Berbasis Komputer. Kedepannya diharapkan mahasiswa mampu untuk merancang dan menggambar turbin air kaplan sesuai dengan ketentuan yang diperlukan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah ditentukan di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang akan dijadikan bahan penelitian sebagai berikut:

1. Tidak meratanya pembagian aliran listrik ke seluruh daerah, sehingga daerah terpencil masih kesulitan mendapatkan aliran listrik.
2. Pemanfaatan sumber energi terbarukan yang berada di sekitar daerah terpencil tersebut.
3. Daerah terpencil dengan potensi air yang besar dapat menjadikan PLTMH sebagai salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan listrik.
4. Pembuatan PLTMH menggunakan turbin Kaplan untuk daerah-daerah dengan tinggi jatuh air yang rendah.
5. Penentuan besar tinggi jatuh air dan debit air yang sesuai dengan daerah setempat.
6. Penentuan jumlah sudu *runner* untuk turbin Kaplan untuk mendapatkan daya yang maksimal.
7. Pembuatan desain 4 sudu *runner* turbin Kaplan dengan variasi ketinggian profil sudu dalam -5 mm, sejajar, $+5$ mm, $+10$ mm, dan $+15$ mm dari ketinggian sudu standarnya.
8. Nilai *safety factor* yang harus dicapai dari varian sudu *runner* agar desain menjadi aman.
9. Pengaruh ketinggian sudu dalam *runner* turbin Kaplan terhadap daya yang dihasilkan ketika turbin dalam keadaan berhenti sesaat.
10. Pengaruh ketinggian sudu dalam *runner* turbin Kaplan terhadap daya yang dihasilkan ketika turbin dalam keadaan berputar.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk memudahkan fokus penelitian dan tidak terjadi pelebaran masalah, maka penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. Fluida yang digunakan adalah air.
2. Menggunakan debit air = $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan tinggi jatuh kotor = 5,25 m.
3. Jenis turbin yang diteliti adalah turbin Kaplan.
4. Pengujian *stress analysis* hanya dalam keadaan statis.
5. Varian yang diteliti adalah ketinggian sudu bagian dalam -5 mm, sejajar, +5 mm, +10 mm, dan +15 mm dari ketinggian sudu standar.
6. Jumlah sudu *runner* yang digunakan pada penelitian sebanyak 4 sudu.
7. Analisa optimasi desain ketebalan sudu menggunakan perhitungan analitis yang divalidasi dengan *software Autodesk Inventor Professional 2020*.
8. Analisa untuk aliran air dan daya yang dihasilkan sudu *runner* menggunakan *software CFD SolidWorks Flow Simulation 2020* dalam kondisi sudu berhenti sesaat dan berputar.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan pembatasan masalah di atas, maka ditetapkan rumusan masalah yaitu:

1. Berapa nilai daya turbin Kaplan secara analitis berdasarkan pembatasan masalah yang ditetapkan?
2. Bagaimana pengaruh ketinggian sudu dalam *runner* terhadap daya yang dihasilkan turbin Kaplan ketika turbin dalam keadaan berhenti sesaat?
3. Bagaimana pengaruh ketinggian sudu dalam *runner* terhadap daya yang dihasilkan turbin Kaplan ketika turbin dalam keadaan berputar?
4. Bagaimana hasil desain *runner* turbin Kaplan dengan 4 sudu agar menghasilkan efisiensi yang maksimal?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan hasil daya turbin Kaplan secara analitis.
2. Menganalisis pengaruh bentuk desain 5 variasi ketinggian sudu bagian dalam *runner* turbin Kaplan dengan 4 sudu terhadap daya yang dihasilkan pada kondisi sudu berhenti sesaat.
3. Menganalisis pengaruh bentuk desain 5 variasi ketinggian sudu bagian dalam *runner* turbin Kaplan dengan 4 sudu terhadap daya yang dihasilkan pada kondisi berputar.
4. Mendapatkan efisiensi yang paling maksimal dari hasil desain varian sudu *runner*.

1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka manfaat penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan, pengetahuan, dan pengalaman mahasiswa mengenai cara-cara merancang, menghitung, mendesain, dan menggambar produk.
2. Menambah kemampuan mahasiswa dalam menggunakan perangkat lunak berbasis 2D pada *AutoCAD*, 3D pada *Inventor*, dan *SolidWorks* dengan merancang dan menganalisa suatu produk yang diinginkan.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pengetahuan yang bermanfaat di waktu mendatang dan dapat dijadikan referensi tentang desain susunan sudu profil *runner* untuk pembuatan turbin Kaplan.
4. Dapat menyelesaikan Pendidikan S1 pada Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin di Universitas Negeri Jakarta.