

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang Masalah

Pengelolaan energi nasional dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) tahun 2017 memiliki salah satu misi yaitu mendorong energi yang dikelola berwawasan ramah lingkungan (Widyaningsih, 2017). Pemanfaatan sumber energi yang berasal dari alam seperti angin, air, gelombang air laut, cahaya matahari sebagai alternatif energi pembangkit listrik merupakan konsep energi baru, dan terbarukan (EBT). Maka untuk mendukung misi, dan konsep tersebut, perlu adanya pembangkit listrik dengan sumber energi baru dan terbarukan yang ramah lingkungan dikelola secara optimal.

Terdapat berbagai jenis pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi baru, dan terbarukan yang ramah lingkungan, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang memiliki dampak lingkungan yang positif (Teuteberg, 2010). Prinsip kerja PLTMH yaitu hidrokinetik atau disebut sebagai jenis tenaga mikrohidro baru yang mengekstraksi energi kinetik dari aliran air di saluran terbuka, aliran airnya digunakan untuk menggerakkan turbin, lalu turbin mengubah energi potensial pada air menjadi energi mekanik. Kemudian, turbin digerakkan oleh energi mekanik tersebut untuk diteruskan ke generator sehingga menghasilkan daya listrik (O. Yaakob, dkk., 2014).

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro terpasang dengan kapasitas di bawah 100 kW (Taylor M, dkk., 2014). Pembangkit listrik tenaga mikrohidro dapat digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik yang sesuai untuk rumah, perkebunan dan pertanian di desa-desa kecil (Elbatran, dkk., 2015). Negara-negara berkembang seperti Indonesia dan lainnya mulai memerhatikan PLTMH untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di wilayah-wilayah pedesaan yang masih sedikit pasokan listriknya dengan memanfaatkan jumlah debit air dan ketinggian dari terjun air (*head*) yang bersumber dari air terjun alam, sungai, atau saluran irigasi agar turbin dalam PLTMH dapat bergerak.

Pada penelitian ini yang menjadi pembahasan yaitu PLTMH dengan menggunakan turbin banki yang termasuk jenis turbin *cross-flow* untuk membangkitkan energi listriknya. Turbin banki atau *cross-flow* merupakan salah satu turbin air yang termasuk jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Pada tahun 1904, seorang insinyur Australia bernama A.G.M. Michell menemukan prinsip kerja dari turbin *cross-flow*. Turbin tersebut mulai dikembangkan untuk kemudian dipatenkan oleh Prof. Donat banki di Jerman Barat sehingga turbin ini mempunyai nama lain yaitu turbin banki (Desai, 1996). Turbin *cross-flow* lebih menguntungkan dibandingkan dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikrohidro lainnya dalam pemakaiannya. Turbin Banki tradisional memiliki efisiensi rendah, tetapi kemajuan baru dalam kriteria desainnya yang telah memungkinkan pencapaian nilai yang sangat tinggi, yang diklaim akan meningkat menjadi 90% (Biner dkk, 2016). Turbin *cross-flow* terdiri dari dua komponen utama, *nozel* stasioner dan *runner* yang berputar. *Nozel* mempercepat aliran masuk dan mengarahkannya ke jalur masuk pelari pada sudut tertentu. Untuk efisiensi maksimum, nosel juga harus mengubah kapastitas ketinggian yang tersedia menjadi energi kinetik saat masuk ke *runner* (Adhikari & Wood, 2017). Pada komponen *runner* turbin banki dibagi menjadi tiga bagian yaitu poros, piringan, dan sudu turbin.

Perancangan PLTMH diperlukan optimasi untuk membangun proyek tersebut agar pada saat dibangun dapat menghasilkan energi yang besar dengan memerlukan waktu dan biaya yang serendah mungkin (Sirojuddin, 2013). Ibnawati, R. (2019) telah melakukan riset optimasi desain turbin banki untuk PLTMH dengan *runner* yang memiliki desain gambar 2D dibuat sesuai dimensi yang ditentukan yaitu dengan lebar *runner* 200 m, dan diameter piringan *runner* 200 mm lalu selanjutnya proses membuat model 3D dengan menggunakan *Autodesk Inventor Profesional 2015* dengan dilakukannya proses *assembly* bagian lainnya yaitu sudu *runner*, dan piringan *runner* untuk menjadi *runner* turbin banki. Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan pada riset tersebut dengan menggunakan *software Inventor*, dan *software SolidWork* menunjukkan bahwa sudu Varian desain U-2 dengan bentuk bagian bawahnya bulat atas radius 10 mm ujung radius 0,2 mm merupakan sudu optimasi untuk turbin air banki. Tegangan Von Mises pada Varian desain U-2

dengan bentuk bagian bawahnya bulat atas radius 10 mm ujung radius 0,2 mm. Diperoleh hasil maksimal tegangan Von Mises sebesar 60,49 Mpa, dan hasil faktor keamanan didapat ketika tegangan bahan dibagi dengan tegangan Von Mises diperoleh hasil minimum sebesar 4,22. Desain sudu *runner* tersebut dapat disimpulkan aman karena mengacu pada nilai *safety factor* untuk optimasi sudu sebesar 4. Namun riset ini dilakukan hanya menguji sudu *runner* turbin banki tanpa memerhatikan optimasi ketebalan pada piringan *runner*. Tebal piringan *runner* yang digunakan sebesar 6 mm saja tanpa adanya optimasi desain ukuran ketebalan lainnya.

Piringan *runner* merupakan bagian yang tak terpisahkan dari *runner*. Ketebalan piringan *runner* diasumsikan dengan kriteria untuk menghindari deformasi oleh efek panas selama proses pengelasan sudu pada piringan di *runner* (OLADE, 1983). Piringan *runner* juga merupakan komponen yang memastikan kekuatan sudu yang cukup dan mencegah sudu terjadinya bengkok (Yi, dkk., 2018). Berdasarkan hal tersebut, pembahasan pada penelitian ini adalah untuk mengoptimasi salah satu komponen utamanya yaitu *runner* khususnya pada bagian ketebalan piringan *runner* melalui simulasi analisis tegangan atau *stress analysis* menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor. *Stress analysis* merupakan sebuah fitur yang berfungsi untuk menganalisis kekuatan dan dapat membantu untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain yang tersedia untuk pengguna lunak Autodesk Inventor (Alchazin, 2011). Analisis tegangan diuji dengan menerapkan konsep proses perhitungan *Finite Element Method* (FEM) atau metode elemen hingga yang merupakan teknik numerik matematik/berbasis komputer untuk menghitung kekuatan dan perilaku struktur dalam bidang teknik (Younis, 2010). Analisis tegangan dioperasikan sesuai dengan FEM yang dijalankan oleh perangkat lunak dengan memecah suatu objek struktur menjadi elemen-elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain dan menghasilkan hasil yang lebih akurat (Jahidin & Manfaat, 2013). Desain yang akan dibuat dapat disimulasikan terlebih dahulu pada komputer sebelum masuk ke proses produksi sehingga biaya yang harus dikeluarkan berkurang dan waktu penjualan dari benda yang didesain dapat dipercepat. Optimasi desain yang dilakukan yaitu dengan mengurangi ketebalan dari ketebalan aslinya yang sebesar 6 mm dengan tujuan mengurangi

material yang terpakai. Maka pentingnya dilakukan penelitian mengenai optimasi desain ketebalan piringan *runner* agar mendapatkan ukuran ketebalan optimum untuk turbin banki dan mengurangi material yang akan digunakan.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Ketebalan piringan *runner* pada *runner assembly* dapat memengaruhi turbin air banki sehingga diperlukan analisis optimasi desainnya.
2. Ketebalan piringan *runner* pada *runner assembly* perlu divariasikan agar dapat dibandingkan kekuatannya.
3. Ketebalan piringan *runner* pada *runner assembly* harus optimum untuk turbin air banki.
4. Ketebalan piringan *runner* yang dianalisis dengan memerhatikan komponen lainnya dalam turbin banki.
5. Ketebalan piringan *runner* dapat dianalisis dengan metode simulasi *stress analysis* menggunakan *software* metode elemen hingga.
6. Parameter desain yang digunakan dapat memengaruhi optimasi desain ketebalan piringan *runner* turbin banki.
7. Pemilihan bahan atau material yang digunakan dapat memengaruhi piringan *runner* turbin banki.
8. Penentuan nilai faktor keamanan (*safety factor*) dapat memengaruhi piringan *runner* turbin banki.
9. Ketebalan piringan *runner* dapat memengaruhi penggunaan material yang digunakan.
10. Ketebalan piringan *runner* yang terlalu besar dapat memengaruhi biaya penggunaan material dalam aspek ekonomi.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan di atas, agar penelitian ini lebih terarah, maka diperlukan pembatasan masalah yang akan diteliti. Maka dapat diuraikan pembatasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menggunakan debit air yang masuk ke turbin  $2 \text{ m}^3/\text{min}$  atau  $0,0333 \text{ m}^3/\text{s}$ , dengan tinggi jatuh air atau *head* 5,5m.
2. Daya pada turbin sebesar 1,58 kW.
3. Penelitian ini menggunakan parameter desain pada penelitian sebelumnya.
4. Penelitian ini hanya membahas optimasi desain ketebalan piringan *runner* yang optimum untuk turbin air banki.
5. Analisis optimasi desain piringan *runner* turbin banki menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor.
6. Bahan yang digunakan untuk desain piringan *runner* turbin banki adalah JIS Grade SS400.
7. Nilai *Safety factor* untuk optimasi sudu *runner* sebesar 3 menurut (Juvinall, dan Marshek, 2012: 276).
8. Pengujian *stress analysis* hanya dalam keadaan statis yang meliputi faktor *water hammer* sebesar 150%.
9. Ketebalan piringan *runner* yang diaplikasikan lebih besar dari hasil analisis *software* untuk mempertimbangkan faktor keausan, faktor korosi, dan faktor deformasi akibat pengelasan yang terjadi dalam pengaplikasiannya kelak.
10. Penelitian ini tidak membahas aspek ekonomi.

#### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi, dan pembatasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh dari ketebalan piringan *runner* pada *runner assembly* terhadap nilai tegangan *von mises* dan *safety factor* agar tidak terjadi kegagalan menggunakan *software* metode elemen hingga Autodesk Inventor?
2. Bagaimana hasil perbandingan kekuatan ketebalan piringan *runner* pada *runner assembly* untuk turbin banki antara variasi 1 dengan variasi lainnya?
3. Bagaimana desain ketebalan piringan *runner* pada *runner assembly* untuk turbin banki yang optimum?

### 1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh dari ketebalan piringan *runner* pada *runner assembly* terhadap nilai tegangan *von mises* dan *safety factor* agar tidak terjadi kegagalan menggunakan *software* metode elemen hingga Autodesk Inventor.
2. Membandingkan kekuatan profil ketebalan piringan *runner* dari nilai tegangan *von mises* dan *safety factor* pada *runner assembly* antara variasi 1 dengan variasi lainnya.
3. Mendapatkan ketebalan piringan *runner* pada *runner assembly* yang optimum untuk turbin banki berdasarkan batas nilai *safety factor* yang ditentukan.
4. Menerapkan kompetensi pembelajaran yang sesuai dengan materi pada mata kuliah Desain Berbasis Komputer berupa pembelajaran simulasi *stress analysis*.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Menyelesaikan pendidikan sarjana pada program studi Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Jakarta.
2. Memberikan pengalaman kepada penulis dalam membuat karya ilmiah.
3. Menyumbangkan karya ilmiah yang berhubungan dengan pengembangan energi air.
4. Sebagai media pembelajaran dalam merancang, dan menganalisis suatu produk berbasis *Computer Aided Design (CAD)* yaitu perangkat lunak AutoCAD untuk desain 2 dimensi, dan fitur *Stress Analysis* pada perangkat lunak Autodesk Inventor.
5. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai optimasi desain piringan *runner* untuk turbin banki.
6. Sebagai solusi atas masalah penyediaan energi baru, dan terbarukan yang ramah lingkungan dengan desain piringan *runner* untuk turbin banki yang optimal.