

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi adalah sesuatu yang cukup dibutuhkan untuk kemajuan peradaban manusia. Karena kemajuan luar biasa telah terjadi di berbagai bidang seperti industri, transportasi, ekonomi, membuat permintaan energi telah meningkat (Mansi & Aydin, 2022). Sebagai hasil dari permintaan pasar, dunia cenderung memanfaatkan energi terbarukan sebagai alternatif yang bersih dan ramah lingkungan seperti energi matahari, pasang surut, gelombang dan angin (Panwar et al., 2011). Oleh karena itu, kebutuhan energi dunia terus meningkat. Sumber energi konvensional saja tidak dapat memenuhi tuntutan ini (Vaishak & Bhale, 2019). Hal ini juga menyebabkan banyak *carbon emission* di lingkungan. Lembaga-lembaga di seluruh dunia menerapkan berbagai kebijakan hijau untuk mitigasi polusi listrik dengan menggunakan energi dari sumber terbarukan bersih, aman, dan melimpah. Penelitian ini mengharuskan penelitian untuk menemukan lebih banyak sumber energi alternatif (energi terbarukan) atau meningkatkan efisiensi sumber energi bersih yang ada dari energi terbarukan (Kumar & Yadav, 2018). Proses pemanfaatan dari energi angin sebagai bentuk suatu Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) harus membutuhkan penyesuaian baik dari segi teknologi maupun dari segi desain bilah turbin angin terhadap karakteristik kecepatan angin disekitar dimana turbin angin itu akan digunakan. Hal ini dikarenakan jenis dari turbin angin dan konstruksi turbin angin yang berbeda tentu akan mempunyai pengaruh dan karakteristik yang berbeda pula dalam segi penerapan atau aplikasinya (Sari & Laksamana, 2019). Pada saat ini eksplorasi terkait pembangkit listrik bertenaga angin di Indonesia terus dikembangkan. Pembangkit listrik dengan menggunakan energi angin ini semakin populer karena sifat modularnya dan kapasitas yang masih sangat melimpah di alam.

Wilayah di Indonesia memiliki potensi angin yang cukup memadai atau melimpah dan pada umumnya rata-rata kecepatan angin yang terdeteksi di Indonesia berkisar antara 3.5 m/s sampai dengan 7 m/s (Permana & Haryanto, 2015). Berdasarkan karakteristik data kecepatan aliran angin yang masuk dalam kategori berkecepatan angin sedang, wilayah di Indonesia sangat cocok untuk melakukan improvisasi atau pengembangan pembangkit listrik tenaga bayu skala kecil (10 kW) hingga skala menengah (10–100 kW) (Rachman, 2012). Berdasarkan hal tersebut, tentunya mengharuskan Indonesia untuk memaksimalkan dalam pengembangan energi angin sebagai salah satu penyedia energi baru terbarukan (EBT). Oleh karena itu, upaya proses perancangan sistem pemanfaatan atau penggunaan energi angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu - Angin (PLTB) memiliki prospek yang sangat baik terutama untuk unit-unit mikro atau kecil, terutama agar menghidupkan peralatan yang membutuhkan energi listrik.

Dalam proses pembuatan *Horizontal Axis Wind Turbine*, bilah atau *blade* merupakan komponen penting yang memiliki peran untuk mengonversikan energi angin menjadi energi mekanik. *Blade* jenis *taper* atau bilah dengan desain ujung yang lebih kecil jika dibandingkan pangkalnya merupakan jenis *blade* yang paling sering digunakan di Indonesia untuk saat ini. Namun nilai torsi yang dihasilkan dari *blade taper* juga kecil dan berdampak terhadap nilai *start-up speed* yang lebih tinggi sehingga turbin angin lebih sulit untuk mulai berputar. Hal tersebut membuat *blade* jenis *taper* kurang cocok apabila diaplikasikan pada kondisi Indonesia yang fluktuatif. Jenis *blade* lainnya yaitu *inversed taper* atau *blade* yang memiliki desain bagian ujung yang lebih besar daripada bagian pangkalnya. Keunggulan dari *blade* jenis *inversed taper* ini adalah mampu beroperasi pada saat kondisi angin dengan kecepatan cukup rendah dan fluktuatif atau tidak stabil (Wright & Wood, 2004). Nishizawa et al dalam penelitian Muliya menyatakan bahwa nilai soliditas dari bilah inverse taper yang lebih tinggi akan membuat bilah *inversed taper* menghasilkan nilai *starting torque* yang lebih besar dan membuat *blade* akan lebih mudah berputar (Muliya, 2021). Nilai soliditas yang tinggi akan membuat massa dari *blade*

*inversed taper* menjadi lebih berat dan strukturnya yang lebih rentan. Jenis *blade* yang terakhir adalah *blade taperless* atau *blade* yang memiliki desain yang sama panjang dari bagian pangkal ke ujung. *Blade* jenis *taperless* ini memiliki nilai torsi yang lebih stabil dan lebih mudah dalam berputar daripada *blade* jenis *taper*. Dan komposisi struktur dari bilah ini lebih kuat jika dibandingkan dengan bilah *inversed taper*. Desain dari *blade* jenis *taperless* yang memiliki panjang *chord* yang sama akan membuat proses manufaktur pembuatan *blade* ini menjadi yang lebih mudah jika dibandingkan dengan kedua jenis *blade* lainnya. Oleh karena itu, penulis menggunakan *blade* jenis *taperless* dalam melakukan penelitian ini.

Pada tahun 2021 Noronha et al pernah melakukan penelitian untuk mengidentifikasi jenis *airfoil* yang cocok untuk *Horizontal Axis Wind Turbine* skala mikro pada bilangan *Reynolds* rendah. *Airfoil* dipilih berdasarkan survei dari penelitian yang sudah dikerjakan atau dilakukan oleh banyak peneliti sebelumnya dan atas dasar rekomendasi dari lembaga pembuat *airfoil* yang sudah kompeten seperti *NACA* dan *NREL*. Meskipun terdapat ribuan *airfoil* yang dirancang dan diproduksi setiap, penelitian Noronha et al ini lebih difokuskan pada jenis *airfoil* yang biasanya digunakan dalam desain turbin angin skala mikro dan secara khusus difokuskan pada pemilihan *airfoil* yang terbukti optimal. *Airfoil SG6043* telah berhasil dianalisis menggunakan software *QBlade* dan *Ansys Fluent* melalui kontur tekanan dan kecepatan. Pada proses analisis dan perbandingan terperinci dari berbagai *airfoil* yang cocok untuk bilangan *Reynolds* rendah berhasil mengidentifikasi bahwa *airfoil SG6043* dapat menghasilkan nilai tertinggi pada rasio *Cl* dan *L/D*. *Airfoil* ini sangat cocok pada bilangan *Reynolds* rendah dan cocok atau tepat untuk diaplikasikan pada turbin angin sumbu horizontal skala kecil atau mikro (Noronha & Krishna, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Januar Ibrahim dengan judul “*Numerical Analysis of The Effect Of The Number Of Turbine Blades on Wind Turbine Characteristics- Axis Horizontal NACA 4412*”. Penelitian tersebut melakukan variasi pada jumlah *blade* yaitu 2,3, dan 4. Berdasarkan hasil simulasi

didapatkan grafik perbandingan nilai torsi variasi ke 3 yaitu (Turbin 4 *blade*) menghasilkan nilai torsi yang paling tinggi diantara berbagai variasi jumlah sudu turbin angin horizontal variasi lainnya pada nilai TSR 5 yaitu sebesar 4,201 N/m. Berdasarkan nilai perolehan untuk torsi dan daya turbin angin sumbu horizontal dengan airfoil NACA 4412 di ketiga variasi pada penelitian tersebut diketahui bahwa variasi 3 (Turbin 4 *blade*) mempunyai hasil nilai efisiensi terbaik dengan menghasilkan  $C_p = 0,589$  atau nilai efisiensi sebesar 58,9 %. Berdasarkan penelitian tersebut penulis tertarik melanjutkan dan melakukan improvisasi penelitian terkait dengan variasi jumlah *Blade Horizontal Axis Wind Turbine* skala kecil dengan jumlah 3,4, dan 5 *blade* dengan jenis *blade Taperless* serta ukuran yang berbeda dari penelitian tersebut (Januar Ibrahim, 2020).

Perancangan bilah jenis *taperless* menggunakan *Airfoil SG6043* dengan variasi jumlah *blade* yang berbeda dengan menggunakan metode simulasi *Blade Element Momentum* yang dilanjutkan dengan metode *Computational Fluid Dynamics* diharapkan dapat menjadi acuan dalam menentukan perancangan yang menghasilkan efisiensi kerja paling baik dan cocok diaplikasikan di wilayah Indonesia sehingga dapat beroperasi atau bekerja dengan nilai yang optimal untuk menghasilkan energi listrik di kecepatan angin yang terdapat pada wilayah tersebut. Berdasarkan uraian yang sudah dijelaskan dan disampaikan maka penulis menarik pembahasan tersebut menjadi tugas akhir atau skripsi dengan judul “ANALISIS VARIASI JUMLAH *BLADE* PADA *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* SKALA MIKRO TIPE *TAPERLESS AIRFOIL SG6043* MENGGUNAKAN METODE *BEM* DAN *CFD*”. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat menjadi acuan atau referensi khususnya bagi pembelajaran teknologi pembangkit listrik tenaga angin, peningkatan nilai efisiensi serta performa kinerja turbin angin horizontal skala mikro, dan proses perancangan dari *blade* itu sendiri.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini, berikut rumusan masalah yang didapat antara lain :

1. Bagaimana tahapan-tahapan membuat model bilah pada turbin angin sumbu horizontal (TASH) jenis *Taperless Airfoil* SG6043 pada *software Blade Element Momentum* (BEM)?
2. Berapa nilai dari *Coefficient of Power* (CP) terhadap *Tip Speed Ratio* oleh turbin angin sumbu horizontal (TASH) dengan *Airfoil* tipe SG6043 dari berbagai variasi jumlah *blade* pada *software BEM* dan *CFD*?
3. Bagaimana hasil simulasi dinamika fluida pada *software Computational Fluid Dynamics* (CFD) terhadap kecepatan dan tekanan pada *HAWT Airfoil* SG6043 dari berbagai variasi jumlah *blade* pada *software CFD*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini mengenai:

1. Mengetahui tahapan-tahapan membuat model bilah pada turbin angin sumbu horizontal (TASH) jenis *Taperless Airfoil* SG6043 pada *software Blade Element Momentum* (BEM).
2. Mendapatkan nilai dari *Coefficient of Power* (CP) yang dihasilkan terhadap *Tip Speed Ratio* oleh turbin angin sumbu horizontal (TASH) dengan *Airfoil* tipe SG6043 dari berbagai variasi jumlah *blade* pada *software BEM* dan *CFD*.
3. Mendapatkan fenomena hasil simulasi dinamika fluida pada *software Computational Fluid Dynamics* (CFD) terhadap kecepatan dan tekanan pada *HAWT Airfoil* SG6043 dari berbagai variasi jumlah *blade* pada *software CFD*.

## 1.4 Batasan Masalah

Meninjau dari segi luasan permasalahan yang sudah dijelaskan dan diangkat pada topik tugas akhir ini, kami akan membatasi batasan masalah pada penelitian ini beberapa hal diantaranya:

1. Jenis bilah yang dibuat atau digunakan adalah jenis *Taperless*
2. Jenis turbin angin yang digunakan pada penelitian ini yaitu turbin angin sumbu horizontal skala mikro, tipe *upwind*.
3. Airfoil yang digunakan yaitu *Airfoil SG6043*
4. Jumlah variasi bilah turbin angin yang digunakan sebanyak 3,4, dan 5 buah.
5. Kecepatan angin yang disimulasikan yaitu sebesar 12 m/s pada *software BEM* dan *CFD*
6. Perancangan bilah turbin angin dengan menggunakan kecepatan 12 m/s dan nilai dari *Tip Speed Ratio (TSR)* yaitu 7 pada jumlah 3 *blade*.
7. Nilai *Tip Speed Ratio* yang digunakan dalam perhitungan dan simulasi yaitu 2,4,6, dan 8
8. Panjang bilah turbin angin yaitu 100 cm
9. Metode yang digunakan untuk simulasi ialah *Blade Element Momentum* dan *Computational Fluid Dynamics*
10. Metode yang digunakan dalam *software CFD* yaitu dengan model *steady-state*
11. *Software* yang digunakan untuk proses simulasi serta perancangan adalah *Qblade*, *Ansys CFX*, *Solidwork*, dan *Microsoft Excel*
12. Material pada bilah menggunakan aluminium (default) dari *software*
13. Simulasi dan perhitungan difokuskan pada performa rotor turbin angin (diameter) atau bukan menitikberatkan pada tiap elemen bilah
14. Fenomena yang diamati hanya *streamline velocity* dan *contour pressure*
15. Simulasi hanya dilakukan atau difokuskan saja pada bilah turbin angin, sehingga kondisi dari hub, *tower*, dan *generator body* diabaikan dalam simulasi atau perhitungan.

## 1.5 Sistem Penulisan

Skripsi ini memiliki sistematika penulisan yang terdiri dari beberapa bab, di mana setiap bab memiliki keterkaitan satu sama lain. Mengenai sistematika dalam penulisan skripsi ini sebagai berikut:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan terkait latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika dari penulisan dari laporan skripsi.

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori yang didapat dari studi literatur yang berkaitan dengan topik skripsi agar dapat memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai topik penelitian skripsi.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode dan langkah langkah penelitian mulai dari pemilihan topik sampai analisa yang didapat. Serta membahas tahapan proses perhitungan dan model rancangan yang digunakan.

### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memamparkan hasil data yang diperoleh serta analisis yang dilakukan oleh penulis terhadap data yang didapat agar mampu menghasilkan suatu kesimpulan.

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan yang dapat di dapat dari hasil penelitian dan saran yang dijadikan sebagai rekomendasi dan bahan pertimbangan untuk melakukan hal yang berkaitan dengan penelitian kedepannya.