

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Angin adalah aliran udara yang bergerak akibat perbedaan tekanan atmosfer (Rogers, 2010), Aliran angin berasal dari tempat yang memiliki tekanan udara tinggi menuju ke tempat yang bertekanan udara rendah. Energi angin merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang tersedia melimpah dan ramah lingkungan. Dalam bentuk dasarnya, energi angin adalah energi kinetik dari massa udara yang bergerak dan dapat dikonversikan menjadi energi mekanik maupun energi listrik.

Di Indonesia, angin merupakan sumber energi terbarukan yang signifikan yang dapat dimanfaatkan. Menurut data Kementerian ESDM (Energi Sumber Daya dan Mineral), potensi angin di Indonesia, yakni sebesar 154, 6 GW dengan rincian potensi angin *onshore* sebesar 60, 4 GW dan potensi angin *offshore* sebesar 94, 2 GW. Namun potensi angin yang telah dimanfaatkan menjadi PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) hingga tahun 2024 ini masih sangat kecil kurang dari 0,1 %, yakni hanya sebesar 152,3 MW. Dengan potensi angin yang besar di indonesia maka Turbin angin dapat menjadi solusi untuk memanfaatkan energi angin dengan baik di indonesia.

Turbin angin dibagi menjadi dua jenis *horizontal-axis wind turbines* (HAWTs) dan *vertical-axis wind turbines* (VAWTs). HAWT mendominasi pasar karena efisiensinya yang lebih tinggi dibandingkan dengan VAWT. *Horizontal-axis wind turbines* (HAWTs) dibagi beberapa jenis seperti HAWT Konvensional dengan Tiga Bilah, HAWT dengan Bilah Heliks (*Twisted Blade*), HAWT dengan Bilah

Fleksibel (*Morphing Blade Technology*), HAWT Tanpa Bilah (*Bladeless Wind Turbine*), Archimedes Wind Turbine (ASWT), dan lain lain.

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah penggunaan turbin angin spiral Archimedes (Archimedes Spiral Wind Turbine/ASWT). Turbin ini merupakan tipe HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) yang menggunakan bilah berbentuk spiral mengikuti geometri Archimedes. Menurut (Ahmed M. Kamal a M. A., 2023) dan (Ke Song H. H., 2024) geometri spiral memberikan keuntungan dalam menangkap aliran angin dari berbagai arah, serta memungkinkan turbin beroperasi pada cut-in speed yang rendah (sekitar 2–3 m/s), menjadikannya cocok untuk wilayah berkecepatan angin rendah seperti Indonesia terutama dalam area perkotaan. Menurut Skala Beaufort, angin dengan kecepatan 3–5 m/s memiliki nilai skala 2-3. Turbin mulai beroperasi, namun daya yang dihasilkan masih rendah. Kecepatan sedang sekitar 6–10 m/s memiliki nilai skala 4-5. Turbin beroperasi optimal, menghasilkan daya listrik sesuai kapasitas desain. Sementara itu angin dengan kecepatan tinggi sekitar 11–15 m/s memiliki skala sekitar 6-7. Turbin mencapai kapasitas maksimal pada kondisi ini, dimana sistem kontrol mulai mengatur sudut bilah untuk menjaga kestabilan.

Salah satu parameter penting dalam desain ASWT adalah sudut kemiringan bilah. Sudut bilah yang optimal dapat meningkatkan gaya angkat dan menurunkan hambatan udara (drag), sehingga menghasilkan torsi dan daya listrik yang lebih tinggi. (Mohamed A.A. Nawar a H. A., 2021) menyatakan bahwa variasi sudut bilah berpengaruh signifikan terhadap distribusi tekanan permukaan bilah, koefisien daya (C_p), dan efisiensi konversi energi. Namun, studi eksperimental tentang pengaruh sudut bilah pada ASWT masih terbatas, terutama untuk skala laboratorium.

Seiring dengan berkembangnya teknologi manufaktur, proses pembuatan prototipe kini dapat dilakukan menggunakan additive manufacturing (3D printing). Teknologi ini memungkinkan pencetakan geometri kompleks seperti bilah spiral dengan cepat dan biaya rendah. material PLA+ dan PLA sangat cocok digunakan dalam pencetakan komponen teknik karena ketahanannya terhadap suhu dan kekuatan mekanik yang baik.

Dengan demikian hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada ilmu pengetahuan (*Contribution to Knowledge*) pada desain ASWT khususnya sudut kemiringan turbine dan kontribusi pada pengetahuan praktis (*contribution to practical Knowledge*) pada pembuatan Prototipe turbine ASWT dengan cara *additive Manufacturing* (AM) .

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana mendesain dan merancang ASWT skala laboratorium dengan variasi kemiringan sudut ($40^\circ, 50^\circ, 60^\circ$)?
- b. Bagaimana hubungan antara variasi sudut bilah dengan daya mekanik, efisiensi, dan kecepatan putaran yang dihasilkan?
- c. Bagaimana menentukan daya output turbin?
- d. Bagaimana pengaruh sudut kemiringan bilah terhadap performa turbin angin spiral Archimedes?

1.3 Batasan Masalah

- a. sudu yang akan digunakan hanya bertipe archimedes spiral.

- b. Penelitian ini tidak mencakup analisis kekuatan mekanik dan ketahanan material terhadap beban struktural.
- c. Melakukan perhitungan dibatasi pada efisiensi yang didapatkan pada desain pada turbin angin Archimedes.
- d. Variabel lingkungan seperti kelembapan dan suhu tidak Akan menjadi pertimbangan pada penelitian ini.
- e. Turbin menggunakan geometri spiral Archimedes dengan tiga sudut bilah: 40° , 50° , dan 60° dan menggunakan bilah 3 dan bilah 4
- f. Material bilah yang digunakan adalah PLA+ dan PLA serta dicetak menggunakan metode *FDM 3D Printing*.
- g. Data yang diamati mencakup RPM, torsi, daya listrik (P), Cp, dan TSR.
- h. Validasi eksperimental dilakukan pada model skala laboratorium, sehingga hasilnya mungkin berbeda jika diterapkan pada skala yang lebih besar di lapangan.

1.4 Tujuan

- a. Untuk mendapatkan data Koefisien daya dorong (*Coefisien Thrust*) pada turbin angin horizontal tipe Archimedes pada variasi sudut (40° , 50° , 60°).
- b. Untuk dapat menentukan sudut bilah dan jumlah bilah yang menghasilkan performa keseluruhan paling optimal pada turbin angin horizontal tipe Archimedes berdasarkan variasi sudut bilah 40° , 50° , 60° .
- c. Melakukan analisa terhadap hasil pengujian untuk mengetahui pengaruh sudut bilah dan jumlah bilah terhadap output daya listrik yang dihasilkan turbin angin archimedes.

- d. Melakukan analisa terhadap hasil pengujian untuk mengetahui pengaruh sudut bilah dan jumlah bilah terhadap daya mekanik, efisiensi.
- e. Untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

1.5 Luaran

Pelaksanaan Proyek Akhir ini menghasilkan luaran, yaitu:

- a. Laporan Proyek Akhir.
- b. Prototype Turbin angin Archimedes skala laboratorium.
- c. HKI (Paten/Hak Cipta).
- d. Publikasi Jurnal Ilmiah atau Seminar ilmiah.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisa laporan Proyek Akhir ditulis dalam 5 Bab berurutan. seabagai berikut: (i) pendahuluan, (ii) tinjauan pustaka, (iii) metodologi, (iv) hasil dan pembahasan, dan (v) kesimpulan dan saran, yang dinyatakan sebagai Bab 1, Bab 2, Bab 3, Bab 4, dan Bab 5. Isinya setiap Bab diuraikan berikut ini.

1.6.1 Pendahuluan

Bab Pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, luaran, dan sistematika penulisan laporan. Latar belakang berisi situasi dan kondisi (kasus atau imajinasi) yang mendorong munculnya ide-ide atau topik proyek akhir. Untuk dapat mengkaji ide-ide tersebut maka telusur literatur terkait ide-ide dilakukan. Telusur literatur mengerucutkan arah untuk memutuskan pemilihan satu

ide. Setelah pemilihan satu ide, masalah akan timbul ketika ide tersebut akan dimodelkan, disimulasikan, divalidasi, dirancang-bangun, diuji, dan/atau diteliti. Karenanya masalah ini dirumuskan dan dibatasi lingkupnya. Setelah menyatakan masalah, tujuan dan luaran dari proyek akhir disampaikan. Di bagian akhir bab pendahuluan, sistematika penulisan disampaikan.

1.6.2 Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini terdapat metode penelitian serta pembahasan penjelasan apa itu turbin angin archimedes, rumus perhitungan efisiensi pada turbin angin archimedes.dan Mengulas literatur dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian

1.6.3 Metodologi

Bab ini menjelaskan alur perancangan yang didukung oleh diagram alir, enjelaskan alur penelitian, perancangan desain turbin, metode pencetakan, dan proses pengujian.

1.6.4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini menguraikan deskripsi hasil sesuai dengan rumusan masalah yang diajukan oleh penulis dan melakukan analisa terhadap hasil rancangan berdasarkan rumus-rumus dari beberapa referensi.

1.6.5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini menyampaikan kesimpulan dari hasil yang didapat di kegiatan Proyek akhir. Kesimulan tidak menyampaikan ulang semua data hasil, melainkan lebih ke spesifikasi dari hasil yang didapat.Saran merupakan rekomendasi yang ditujukan kepada berbagai pihak terkait dengan kegiatan dan hasil proyek akhir.