

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu kebutuhan energi yang sangat mendesak di Indonesia, terutama seiring dengan peningkatan konsumsi energi listrik yang dipicu oleh pertumbuhan ekonomi yang pesat. Dengan meningkatnya permintaan akan energi listrik, kebutuhan akan sumber energi yang dapat diandalkan menjadi semakin penting. Saat ini, sektor pembangkitan listrik di Indonesia masih didominasi oleh pembangkit berbahan bakar fosil. Energi fosil, yang meliputi batubara, gas, dan minyak bumi, merupakan sumber utama pasokan listrik di negara ini. Namun, sumber energi fosil ini memiliki ketersediaan yang terbatas dan diproyeksikan akan habis dalam jangka waktu tertentu jika penggunaan terus berlangsung tanpa adanya penambahan cadangan baru. Menurut data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, penggunaan energi fosil mendominasi pasokan listrik nasional dengan proporsi sebesar 89%. Pada tahun 2014, cadangan batubara di Indonesia diperkirakan mencapai 120,5 miliar ton. Dengan tingkat konsumsi yang ada saat ini, cadangan tersebut diproyeksikan akan habis dalam waktu sekitar 72 tahun, jika tidak dilakukan eksplorasi dan penambahan cadangan baru (Rizianiza & Herandi, 2020). Kondisi ini menunjukkan perlunya diversifikasi sumber energi dan pengembangan teknologi energi terbarukan untuk memastikan keberlanjutan pasokan listrik di masa depan. Upaya untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil menjadi sangat penting untuk menghadapi tantangan energi yang akan datang.

Selain energi fosil, energi angin merupakan salah satu sumber energi yang menjanjikan di Indonesia. Potensi energi angin di Indonesia diperkirakan mampu menghasilkan listrik sebesar 9,29 GW jika dimanfaatkan dengan optimal. Namun, pemanfaatan energi angin saat ini masih tergolong tidak efisien, di mana Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) hanya mampu menghasilkan 3,07 MW. Beberapa wilayah di Indonesia memiliki potensi energi angin yang signifikan, namun belum dimanfaatkan secara maksimal, sehingga berkontribusi pada defisit pasokan energi listrik (Rizianiza & Herandi, 2020). Potensi energi angin di

Indonesia umumnya berada pada kisaran kecepatan angin yang rendah, yakni antara 3 m/s hingga 7 m/s. Kondisi ini membuat jenis turbin angin vertikal menjadi pilihan yang tepat untuk digunakan dalam situasi kecepatan angin rendah.

Menurut Fachrudin (2018), penggunaan turbin angin vertikal dapat memaksimalkan pemanfaatan energi angin di Indonesia karena desainnya yang lebih efisien dalam menangkap angin dengan kecepatan rendah dibandingkan dengan turbin angin horizontal. Turbin angin dapat digolongkan menjadi dua jenis berdasarkan arah sumbu putarannya, yaitu turbin sumbu vertikal (Vertical Axis Wind Turbine, VAWT) dan turbin sumbu horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT). Dari segi desain, VAWT memiliki keunggulan tertentu dibandingkan dengan HAWT, seperti kemampuannya untuk menangkap angin dari berbagai arah dan operasional yang lebih tenang. Namun, efisiensi VAWT umumnya lebih rendah dibandingkan dengan HAWT, yang cenderung lebih efisien dalam konversi energi angin menjadi energi listrik. Oleh karena itu, penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi VAWT, dengan tujuan memaksimalkan pemanfaatan energi angin, terutama di wilayah dengan kecepatan angin rendah.

Turbin angin merupakan teknologi energi alternatif yang dirancang untuk mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik. Turbin angin terbagi menjadi dua tipe utama, yaitu turbin sumbu horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT) dan turbin sumbu vertikal (Vertical Axis Wind Turbine, VAWT). Prinsip kerja HAWT didasarkan pada pemanfaatan gaya angkat (lift force) yang dihasilkan oleh aliran angin, sementara VAWT beroperasi berdasarkan gaya tarik (drag force) yang dihasilkan oleh pergerakan angin (Santhakumar et al., 2017). Karena torsi yang tinggi, VAWT dapat berputar pada kecepatan angin yang rendah. Generator pada VAWT dapat ditempatkan di dekat bagian bawah turbin untuk memudahkan perawatan. Arah angin tidak berpengaruh pada performa VAWT. Selain itu, VAWT memiliki kecepatan angin yang sangat rendah di dekat bagian bawah turbin. Pemasangan tower turbin yang disesuaikan dengan kondisi angin mempengaruhi kecepatan putar turbin pada VAWT. *Vertical axis* (VAWT) memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada *horizontal axis* (HAWT) (Rizianiza & Herandi, 2020).

Gaya tarik (*drag force*) yang dihasilkan dari pergerakan angin sangat cocok untuk memanfaatkan aliran angin yang dihasilkan oleh pergerakan kendaraan, karena gaya torsi yang dihasilkan lebih besar (Goh et al., 2016). Oleh karena itu, teknologi turbin sumbu vertikal (VAWT) dapat diimplementasikan sebagai solusi alternatif untuk konversi energi angin. Selain itu, VAWT memiliki sejumlah keunggulan, termasuk kemampuannya untuk bertahan dalam aliran turbulen dan kemampuannya untuk berputar dengan mudah pada kecepatan angin rendah (Mahmoud et al., 2012).

Darrieus tipe H merupakan salah satu bentuk turbin angin sumbu vertikal yang memiliki bilah dan lengan yang terhubung ke poros rotor. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja turbin angin Darrieus tipe H. Nur Aklis et al. (2016) meneliti pengaruh sudut pitch terhadap performa turbin angin Darrieus-H dengan menggunakan profil aerofoil NACA 0012, panjang chord 0,3 m, diameter 0,44 m, dan tinggi 0,6 m. Variasi sudut pitch yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah  $35^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $55^\circ$ , dan  $60^\circ$ , dengan kecepatan angin sebesar 4,8 m/s. Hasil pengujian menunjukkan bahwa turbin dengan sudut pitch  $55^\circ$  lebih efektif dalam mengekstraksi energi angin, dengan efisiensi sebesar 4,62%. Studi lain oleh Hiren (2014) meneliti pengaruh sudut pitch pada bilah dengan profil NACA 0012, 0015, dan 0018, dengan variasi sudut pitch  $-80^\circ$ ,  $-40^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $40^\circ$ , dan  $80^\circ$ . Penelitian ini menemukan bahwa sudut pitch merupakan faktor yang signifikan dalam mempengaruhi kinerja turbin Darrieus tipe H. Napitulu (2014) juga menguji pengaruh sudut pitch pada kisaran  $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ , dan  $120^\circ$ , serta jumlah bilah 3, 4, dan 5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan sudut pitch dapat meningkatkan performa turbin hingga batas tertentu, tetapi ketika penambahan sudut kinerja turbin cenderung menurun.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Dodi dan Karnowo (2020), ditunjukkan bahwa peningkatan kecepatan angin pada turbin angin vertikal tipe Darrieus-H berbanding lurus dengan peningkatan daya yang dihasilkan. Namun, variasi dalam jumlah bilah memiliki efek yang sebaliknya; penambahan jumlah bilah cenderung menurunkan daya yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya beban aerodinamis pada turbin yang mengurangi efisiensi konversi energi angin menjadi energi listrik. Penelitian yang dilakukan oleh Susilo



dan Zariatn (2021) menunjukkan bahwa sudut bilah berpengaruh signifikan terhadap putaran turbin angin vertikal. Berdasarkan hasil simulasi, sudut bilah sebesar  $35^\circ$  menghasilkan daya tertinggi, yaitu sebesar 75.266 HP. Penelitian ini menegaskan pentingnya optimalisasi sudut bilah untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja turbin angin.

Penelitian oleh Pasae et al. (2021) menganalisis pengaruh jumlah bilah pada turbin impeller tipe twin pitched blade dengan sudut kemiringan  $45^\circ$ . Variasi jumlah bilah yang diuji meliputi 3, 4, dan 5 bilah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya maksimum sebesar 37,4 watt diperoleh dengan jumlah bilah 5 pada putaran 152,4 rpm. Selanjutnya, Pratama et al. (2021) menguji pengaruh variasi bentuk bilah dan sudut pada turbin Pelton. Analisis data dari penelitian ini mengindikasikan bahwa variasi bentuk bilah dan sudut berpengaruh signifikan terhadap kecepatan putaran (rpm), efisiensi, torsi, dan daya turbin. Penelitian Maolana et al. (2021) mengevaluasi pengaruh variasi jumlah bilah pada poros turbin dengan kemiringan poros  $15^\circ$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah bilah berpengaruh signifikan terhadap daya dan efisiensi turbin. Penggunaan satu bilah menghasilkan daya tertinggi sebesar 8,17 watt, dan efisiensi turbin sangat bergantung pada daya yang dihasilkan. Menurut Kewas & Ali (2020), airfoil NACA 0015 merupakan airfoil yang tergolong dalam seri NACA 4 digit. Airfoil ini tidak memiliki kelengkungan, tetapi airfoil yang tidak memiliki kelengkungan dan garis camber serta chordnya serasi disebut airfoil simetris. Hal ini terlihat dari dua digit pertama angka '00', sedangkan dua digit kedua angka 15 menunjukkan bahwa ketebalan maksimum airfoil ini adalah 15% dari panjang chord.

Berdasarkan referensi penelitian tersebut, pada penelitian akan menganalisis pengaruh kemiringan sudu impeller terhadap besarnya daya yang dihasilkan pada turbin *Darrius tipe H* dimana menggunakan sudu naca 0015 dengan jumlah 4 sudu dan variasi sudut adalah  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $50^\circ$  dan  $55^\circ$ . turbin Darrius tipe H nantinya akan di desain dan disimulasikan menggunakan *software solidwork 2020* dan *Ansys 16.2*

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan penjabaran pada latar belakang pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh sudut sudu naca 0015 pada turbin angin vertikal terhadap besarnya daya yang dihasilkan ?
2. Berapa besar *Coefficient Pressure* (CP) yang dihasilkan pada turbin angin vertical ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diidentifikasi, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh sudut sudu naca 0015 pada turbin angin vertical terhadap besarnya daya yang dihasilkan.
2. Mengetahui besar *Coefficient Pressure* (CP) yang dihasilkan pada turbin angin vertical.

## 1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian pembahasannya tidak menyimpang, maka terdapat batasan masalah sebagai berikut :

1. Turbin angin yang digunakan adalah turbin Darrieus tipe H
2. Menggunakan sudu naca 0015
3. Variasi sudut kemiringan sudu adalah  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $25^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $35^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$ ,  $55^{\circ}$ .
4. Desain dan simulasi turbin Darrieus tipe H dilakukan di software solidwork 2020 dan Ansys 16.2

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan bisa memaksimalkan performa turbin angin vertikal (VAWT) berdasarkan analisis perbedaan sudut kemiringan sudu terhadap daya yang dihasilkan turbin Darrieus tipe H.
2. Diharapkan bisa menjadi referensi dalam penelitian selanjutnya tentang perbedaan sudut kemiringan sudu terhadap daya yang dihasilkan pada turbin.

3. Diharapkan dapat menjadi solusi terhadap masalah penggunaan energy dan berkontribusi positif dalam mengurangi biaya produksi.

