

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi listrik di Indonesia mencapai 273.761,48 GWh hingga akhir tahun 2022, dengan konsumsi tertinggi dari kelompok pelanggan rumah tangga (42,41%), serta beban puncak mencapai 41.800,90 MW. Tingginya konsumsi listrik juga dipengaruhi oleh meningkatnya jumlah pelanggan sebesar 3,75% sejak tahun 2021 dengan total 85.636.198 pelanggan. Seluruh kebutuhan listrik tersebut dipenuhi dengan berbagai pembangkit yang telah dibangun di berbagai daerah (PLN, 2023: iii-iv).

Total pembangkit yang ada terhitung pada tahun 2022 memiliki kapasitas total 44.939,88 MW dan 6.314 unit terpasang, dengan sekitar 31.328,92 MW (69,71%) berada di Pulau Jawa. Pembangkit listrik tenaga uap memiliki kapasitas total terbesar di Indonesia dengan kapasitas 20.418,50 MW dengan jumlah 130 unit pada tahun 2022, yang sebagian besar terdapat di Pulau Kalimantan dengan jumlah 21 unit (PLN, 2023: iii-iv).

Sebagian besar PLTU beroperasi dengan menggunakan bahan bakar batu bara. Selain murah, batu bara sendiri cukup mudah didapatkan, mengingat pertambangan batu bara cukup banyak ada di Indonesia. Namun, PLTU menghasilkan berbagai polutan yang merugikan lingkungan. Polutan yang dihasilkan berupa SO₃, NO_x, CO dan partikel yang berupa *fly ash* yang

dikeluarkan melalui cerobong asap yang kemudian bisa dihembuskan oleh angin dan membawa polutan tersebut ke daerah di sekitar PLTU.

Polutan seperti NO_x dan SO_3 dihasilkan dari hasil reaksi pembakaran batu bara pada *chamber*. NO_x dan SO_3 merupakan kontributor utama dalam pembentukan hujan asam dan polusi $PM_{2.5}$ (partikulat debu melayang). Selain itu, *fly ash* dapat menyebabkan asma, infeksi pernafasan akut, dan sebagainya. Resiko penyakit ini meningkat bagi orang yang tinggal disekitaran PLTU. Hasil pembakaran PLTU yang berupa partikel-partikel halus dapat masuk ke paru-paru dan aliran darah yang dapat menyebabkan kematian dan masalah kesehatan seperti menyebabkan resiko kanker paru-paru, stroke, dan penyakit jantung, serta kerentanan terhadap anak-anak, bayi, ibu hamil, dan lansia. Pada masa yang akan datang, diproyeksikan sekitar 15.700 kematian dini setiap tahunnya akibat debu terbang yang dihasilkan dari PLTU batubara di Indonesia. Sedangkan dengan proyeksi atmosfer lebih jauh lagi, angkanya bisa mencapai 21.200 jiwa (Greenpeace, 2016:2-3).

Selain masalah kesehatan, polutan yang dihasilkan PLTU dapat mempengaruhi ekosistem air laut, mengurangi ruang terbuka hijau, meningkatkan suhu udara, serta dapat berkontribusi terhadap pemanasan global. Tidak hanya PLTU, pembangkit listrik lain yang masih menggunakan bahan bakar batu bara atau minyak bumi, dapat berkontribusi terhadap pemanasan global akibat emisi gas karbon yang dihasilkan selama proses pembakaran yang dapat mengakibatkan efek rumah kaca dan perubahan iklim global yang terjadi akibat kerusakan lapisan ozon. Untuk mengurangi dampak negatif tersebut, salah satunya dapat dilakukan

dengan memanfaatkan pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan.

Untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan, Pemerintah Indonesia bersama kementerian BUMN menargetkan pemanfaatan energi terbarukan mencapai 23% pada tahun 2025. Total kapasitas pembangkit listrik [energi terbarukan \(EBT\) yang sudah terpasang](#) di Indonesia saat ini mencapai 13,16 Megawatt (MW) pada tahun 2022. Menurut Ana (dalam Greenpeace Indonesia, 2015), Indonesia yang merupakan negara kepulauan yang secara geografis berada di garis katulistiwa, serta berada di atas tiga lempeng tektonik besar yaitu Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Dengan geografis Indonesia yang seperti itu, Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang besar, dan bisa untuk menggantikan energi fosil (minyak, gas, batubara) dengan beragam sumber energi yang dapat dimanfaatkan, seperti angin, surya, panas bumi, bahkan gelombang laut.

Berdasarkan *Indonesia Energy Transition Outlook 2023* (IESR, 2023:38), potensi energi angin di Indonesia rata-rata mencapai 1,5 GW untuk wilayah Indonesia Barat termasuk Bali dan Kalimantan. Berdasarkan tinjauan IESR dalam buku *Beyond 443 GW: Indonesia's Infinite Renewable Energy Potentials* (IESR, 2021:19), rata-rata kecepatan angin tahunan di Indonesia pada ketinggian 50m hanya mencapai 4.9 mps, kecepatan angin tersebut tergolong masih rendah jika dibandingkan dengan negara lain seperti Belanda yang mencapai 8.8 mps. Dengan rerata kecepatan angin tersebut, serta peta sebaran angin berdasarkan *Global Wind Atlas*, dengan skenario kecepatan angin minimal 6 mps pada 50 meter dan 6.6 mps pada 100 meter, potensi energi angin Indonesia diproyeksikan mencapai 27 GW. Potensi energi angin Indonesia yang cukup besar tersebut dapat dimanfaatkan

dengan membangun pembangkit listrik tenaga angin/bayu sebagai sumber energi terbarukan, terutama untuk daerah-daerah yang masih belum mendapatkan akses energi listrik.

Berdasarkan data statistik PLN (PLN, 2023:21), sebaran elektrifikasi Indonesia 100% belum seluruhnya tercapai. Masih ada Sebagian wilayah yang persentase elektrifikasinya dibawah 80%, yang artinya masih banyak desa yang belum mendapat suplai listrik terutama di wilayah Papua. Papua Tengah hanya 47.36% elektrifikasi, Papua Selatan 73.54%, dan Papua Pegunungan hanya 12%. Hal ini dipengaruhi oleh kendala demografis dan letaknya yang jauh dari pembangkit terdekat mempersulit pembangunan infrastruktur yang memadai. Selain di Papua, daerah terpencil di Indonesia yang terpisah cukup jauh oleh lautan seperti kepulauan Sapeken, Pulau Rote, dan pulau-pulau kecil lainnya yang berpenghuni pun memiliki permasalahan yang serupa.

Dalam upaya menyediakan sumber listrik di daerah-daerah tersebut, serta mendukung peningkatan penggunaan EBT dalam penyediaan energi listrik, sehingga penulis menyusun skripsi dengan judul **“Pengembangan *Prototype Vertical Axis Wind Turbine (Vawt) Memanfaatkan Venturi effect Dalam Upaya Pemanfaatan Ebt Di Indonesia Menggunakan Software Computational Fluid Dynamic (Cfd)*”**.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi permasalahan yang terjadi di daerah-daerah terpencil yang berkaitan dengan elektrifikasi di daerah tersebut yaitu:

1. Belum meratanya elektrifikasi daerah di Indonesia, terutama di daerah yang termasuk kedalam daerah tertinggal sesuai yang termuat di Perpres No.63 tahun 2020 tentang Penetapan Daerah Tertinggal Tahun 2020-2024.
2. Kondisi geografis menjadi penghambat dalam pengadaan infrastruktur ketenagalistrikan di Sebagian daerah tertinggal di Indonesia.
3. Pemanfaatan EBT di Indonesia dinilai masih kurang, walaupun memiliki potensi EBT yang besar terutama energi angin yang diakibatkan sulitnya pembangunan turbin angin.
4. Belum adanya pengembangan lebih lanjut untuk mengatasi kesulitan pemasangan dan perawatan PLT angin/bayu.

1.3 Batasan Masalah

Pelaksanaan penelitian ini terbatas pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan untuk mengembangkan rancangan prototipe VAWT sebagai pembangkit energi listrik menyesuaikan kondisi angin di Indonesia sesuai catatan data BMKG.
2. Penelitian hanya terbatas pada pengembangan prototipe yang dibuat berupa desain 3 dimensi dan analisa kerjanya.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah rancangan prototipe VAWT?
2. Bagaimanakah kinerja dari prototipe VAWT yang dikembangkan?

1.5 Tujuan Pengembangan

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu :

1. Merancang prototipe VAWT yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga angin untuk menyediakan *supply* listrik di berbagai daerah di Indonesia.
2. Mendukung program pemerintah untuk pemanfaatan energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 (ESDM, 2021).
3. Mengembangkan turbin angin yang mampu beroperasi pada kecepatan angin rata-rata di Indonesia terutama di daerah yang tertinggal.

1.6 Spesifikasi Produk Yang Diharapkan

Produk yang dikembangkan dalam penelitian pengembangan *prototype vertical axis wind turbine* (VAWT) memanfaatkan *venturi effect* dalam upaya pemanfaatan EBT di Indonesia menggunakan *software computational fluid dynamic* (CFD) ini berupa prototipe model 3D dari turbin angin vertikal (VAWT) serta generator magnet permanen fluks aksial. Prototipe ini ditujukan sebagai acuan pengembangan turbin angin yang dapat diterapkan di daerah-daerah tertinggal yang memiliki keterbatasan akses energi listrik. Adapun spesifikasi prototipe yang dikembangkan sebagai berikut:

1. Mampu beroperasi pada kecepatan angin mulai dari 2 mps.
2. Prototipe berupa turbin angin vertikal yang memiliki ukuran yang tidak terlalu besar sehingga dapat dipasang di atas atap rumah.
3. Prototipe yang dikembangkan terdiri dari generator, *body*, dan baling-baling.

1.7 Pentingnya Pengembangan

Pentingnya pengembangan yang diharapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Masyarakat

Jika dikembangkan:

- a. Dapat memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik untuk keperluan pribadi.
- b. Penduduk di daerah tertinggal dapat mengakses energi listrik dengan memanfaatkan energi angin yang rata-rata cukup besar di daerah tersebut.

Jika tidak dikembangkan:

- a. Kurang bisa memanfaatkan energi angin untuk pribadi.
- b. Kurang bisa memanfaatkan energi angin yang cukup besar di daerah tertinggal dengan baik menjadi energi listrik.

2. Bagi Pemerintah

Jika dikembangkan:

- a. Memiliki acuan tambahan untuk pengembangan turbin angin yang dapat memanfaatkan energi angin tanpa memerlukan tempat yang luas, dan mengatasi kesulitan Pembangunan turbin angin.

Jika tidak dikembangkan:

- a. Kurangnya acuan untuk mengembangkan turbin angin yang dapat mengatasi kesulitan dalam Pembangunan turbin angin di daerah tertinggal.

3. Bagi Studi

Jika dikembangkan:

- a. Memberikan acuan tambahan kepada pemerintah dan pemangku kepentingan mengenai pengembangan turbin angin yang mudah dipasang.

Jika tidak dikembangkan:

- a. Tidak memberikan acuan tambahan kepada pemerintah dan pemangku kepentingan mengenai pengembangan turbin angin yang mudah dipasang.

1.8 Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

1. Asumsi Pengembangan

Keluaran dari penelitian dan pengembangan *prototype vertical axis wind turbine* (VAWT) memanfaatkan *venturi effect* dalam upaya pemanfaatan EBT di Indonesia menggunakan *software computational fluid dynamic* (CFD) ini berupa *prototype 3D model* dengan *virtual prototyping* menggunakan Autodesk Inventor, Autodesk CFD, dan Ansys Maxwell terdapat asumsi sebagai berikut:

- a. Memberikan acuan atau pertimbangan tambahan kepada pemerintah dan pihak terkait dalam mengembangkan turbin angin yang dapat dimanfaatkan di berbagai daerah terutama daerah tertinggal untuk mengatasi masalah energi listrik di daerah tersebut.
- b. Dengan adanya penelitian *prototype vertical axis wind turbine* (VAWT) memanfaatkan *venturi effect* dalam upaya pemanfaatan EBT di Indonesia menggunakan *software computational fluid dynamic* (CFD) pemanfaatan EBT terutama energi angin dapat lebih meningkat.

- c. Dapat meningkatkan pemanfaatan EBT yang mencapai 23% sesuai dengan program pemerintah.
- d. Masyarakat terutama penduduk daerah tertinggal dapat mengakses energi listrik dengan memanfaatkan potensi energi angin di daerahnya.

2. Keterbatasan Pengembangan

Keterbatasan dari pengembangan *prototype vertical axis wind turbine* (VAWT) memanfaatkan *venturi effect* dalam upaya pemanfaatan EBT di Indonesia menggunakan *software computational fluid dynamic* (CFD) ini dalam mengatasi keterbatasan akses energi listrik di daerah tertinggal sebagai berikut:

- a. Pengembangan *prototype vertical axis wind turbine* (VAWT) memanfaatkan *venturi effect* dalam upaya pemanfaatan EBT di Indonesia menggunakan *software computational fluid dynamic* (CFD) berupa *virtual prototyping* sehingga perlu dilakukan pengembangan *prototype* menggunakan bahan-bahan yang sesuai untuk pengembangan lebih lanjut sehingga dapat digunakan.

1.9 Definisi Istilah

Terdapat beberapa istilah yang perlu dijelaskan terlebih dahulu agar dapat mempermudah dalam memahami penelitian pengembangan *prototype vertical axis wind turbine* (VAWT) memanfaatkan *venturi effect* dalam upaya pemanfaatan EBT di Indonesia menggunakan *software computational fluid dynamic* (CFD) sebagai berikut:

1. *Virtual prototyping* merupakan proses menyimulasikan pengguna, produk, dan gabungan interaksi fisik diantaranya dalam sebuah aplikasi

yang melalui berbagai tahapan desain produk dan analisis kinerja kuantitatif produk (Song *et al.*, 1999:1).

2. *Computational fluid dynamics* (CFD) merupakan cabang mekanika fluida yang menggunakan berbagai algoritma dan analisis numerik untuk menganalisis dan memecahkan masalah yang melibatkan aliran fluida. CFD memberikan perkiraan numerik terhadap persamaan yang mengatur gerak fluida (Zawawi *et al.*, 2018:1).

