

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sumber energi baru terbarukan umumnya dipertentangkan dengan energi fosil. Sumber energi baru terbarukan adalah biomasa, surya, air, energi angin, dan energi geothermal. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari "proses alam yang berkelanjutan", seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air, proses biologi, dan panas bumi. Untuk mengetahui lebih lanjut tentang penggunaan energi terbarukan di masyarakat modern, lihat pengembangan energi terbarukan. Konsep energi terbarukan mulai dikenal pada tahun 1970-an, sebagai upaya untuk mengimbangi pengembangan energi berbahan bakar nuklir dan fosil. Definisi paling umum adalah sumber energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan. Dengan definisi ini, maka bahan bakar nuklir dan fosil tidak termasuk di dalamnya. Dari definisinya, semua energi terbarukan sudah pasti juga merupakan energi berkelanjutan, karena senantiasa tersedia di alam dalam waktu yang relatif sangat panjang sehingga tidak perlu khawatir atau antisipasi akan kehabisan sumbernya (Alim et al., 2023).

Sumber energi dunia sudah mengalami beberapa kali perubahan, dari yang awalnya mayoritas menggunakan biomassa seperti kayu bakar untuk memenuhi kebutuhan energinya, berubah menjadi fosil seperti batu bara, minyak dan gas bumi yang dipicu revolusi industri pada tahun 1900-an. Penggunaan energi fosil yang semakin tinggi menyebabkan kenaikan emisi gas rumah kaca sehingga iklim menjadi tidak stabil serta meningkatnya suhu bumi dan permukaan air laut (Pertamina, 2020). Banyak peneliti membuktikan bahwa emisi CO₂ telah memberikan kontribusi terbesar terhadap perubahan iklim antara tahun 1750 sampai 2005. Visi pengelolaan energi global kedepannya diarahkan pada koridor pengurangan emisi seperti peningkatan kapasitas dan utilisasi pembangkit EBT, pengurangan penggunaan sumber energi fosil di semua sektor dan penggunaan kendaraan listrik. Visi tersebut dikenal dengan sebutan transisi energi. Beberapa negara sudah berkomitmen untuk mencapai net-zero emission seperti Korea, Jepang dan Uni Eropa pada tahun 2050, serta Cina 2060 (Setyono & Kiono, 2021).

Dalam dekade terakhir, energi listrik menjadi perhatian penting di semua negara. Kehidupan manusia dan gaya hidup di zaman modern memiliki hubungan yang sangat erat dengan ketersediaan energi dan kualitasnya. Di Indonesia, berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia, menyatakan bahwa konsumsi listrik per kapita nasional pada tahun 2019 mengalami peningkatan sebesar 2,26% dari tahun sebelumnya dengan kenaikan mencapai 1.084 kWh per kapita. Sedangkan, pada tahun 2020 mengalami peningkatan sebesar 1.089 kWh per kapita dan pada kuartal III tahun 2021 mengalami peningkatan sebesar 1.109 kWh per kapita. Nilai ini setara dengan 92,22% dari target yang ditetapkan pada tahun 2021 yakni sebesar 1.203 kWh per kapita (Nurjaman & Purnama, 2022).

Energi angin adalah jenis energi terbarukan yang bersih dan bisa diperbaharui, serta memiliki potensi besar untuk digunakan baik secara global maupun lokal. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sudah lama dianggap sebagai cara yang efektif untuk mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi listrik. Dalam konteks ini, pengembangan teknologi turbin angin menjadi sangat penting untuk memastikan konversi energi tersebut berjalan dengan efisien dan efektif (L. Saputra & Arsianti, 2021).

Salah satu jenis turbin angin yang umum digunakan adalah turbin angin dengan sumbu horizontal. Sumbu putarnya sejajar dengan permukaan tanah dan dirancang untuk meningkatkan penyerapan energi dari angin. Dalam hal pembuatan PLTB, desain ini memiliki beberapa keuntungan, termasuk efisiensi tinggi dalam operasional, kemampuan mengeksploitasi angin dalam jumlah besar pada kecepatan tertentu, dan konstruksi yang bisa disesuaikan dengan kebutuhan pengguna (Iqbal & Adinandra, 2018).

Di Indonesia, penting untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga bayu horizontal yang memiliki daya rendah. Sesuai dengan karakter negara kepulauan yang memiliki banyak wilayah, masih banyak tempat yang tidak mendapatkan pasokan listrik yang memadai dari jaringan listrik nasional. Daerah-daerah terpencil ini sering kali mempunyai potensi energi angin yang cukup baik, khususnya di wilayah pesisir dan daerah tinggi. Dengan menggunakan turbin angin horizontal,

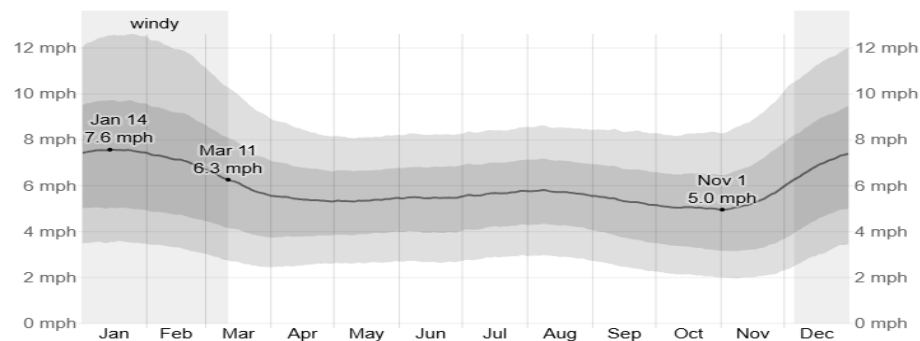
penduduk di daerah-daerah terpencil dapat memperoleh akses ke sumber energi yang lebih stabil, terjangkau, dan ramah lingkungan (Maulana et al., 2021).

Meskipun pengembangan PLTB dengan tipe horizontal dan daya rendah menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan yang paling penting adalah masalah teknis, meliputi efisiensi aerodinamis dari bilah turbin, pemilihan material yang kuat namun ringan, serta mekanisme yang bisa bekerja dengan baik di berbagai kondisi angin. Di samping itu, biaya awal yang tinggi untuk pembangunan dan pemasangan sering kali menghalangi komunitas atau organisasi yang ingin menerapkan teknologi ini. Oleh karena itu, menciptakan desain yang efisien dan terjangkau sangat krusial untuk meningkatkan daya saing dan penerapan teknologi PLTB di kalangan masyarakat.

Turbin angin horizontal menawarkan potensi besar untuk dijadikan proyek pendidikan dan riset. Dengan harga yang bersahabat dan ukuran yang tidak terlalu besar, alat ini dapat digunakan untuk belajar tentang bagaimana PLTB bekerja, menyimulasikan sistem energi terbarukan, atau bahkan dipadukan dengan teknologi baru lainnya, seperti *Internet of Things* (IoT) untuk memantau dan memperbaiki kinerjanya.

Berdasarkan analisis dari *website weather Spark* “bagian ini mencakup kecepatan dan arah angin yang diukur pada ketinggian 10 meter di atas permukaan tanah, yang merupakan standar umum dalam studi meteorologi dan rekayasa energi angin. Kondisi angin yang dialami di lokasi tertentu sangat dipengaruhi oleh topografi setempat, seperti keberadaan bangunan tinggi, vegetasi, kontur tanah, dan faktor iklim lainnya. Oleh karena itu, meskipun data vektor angin rata-rata memberikan gambaran umum, kecepatan dan arah angin sesaat dapat menunjukkan fluktuasi yang jauh lebih besar dibandingkan nilai rata-rata per jam.”

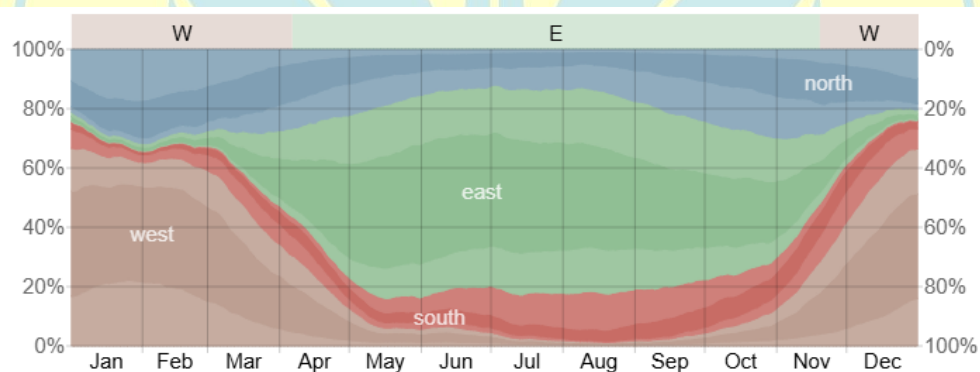
Pada gambar 1.1 musim yang lebih berangin berlangsung selama 3,2 bulan, dari 5 Desember hingga 11 Maret, dengan kecepatan angin rata-rata lebih dari 6,3 mil per jam. Bulan paling berangin di Jakarta adalah Januari, dengan kecepatan angin rata-rata per jam sebesar 7,5 mil per jam. Periode paling tenang berlangsung selama 8,8 bulan, dari 11 Maret hingga 5 Desember. Bulan paling tenang di Jakarta adalah Oktober, dengan kecepatan angin rata-rata per jam sebesar 8,2 km/jam.



Gambar 1. 1 Rata - rata kecepatan angin di Jakarta 2017 - 2025

(Sumber : *weatherspark.com*)

Arah angin rata-rata per jam yang dominan di Jakarta bervariasi sepanjang tahun. Angin paling sering bertiup dari timur selama 7,4 bulan, dari 6 April hingga 19 November, dengan persentase puncak 70% pada 13 Juli. Angin paling sering bertiup dari barat selama 4,6 bulan, dari 19 November hingga 6 April, dengan persentase puncak 67% pada 1 Januari dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Rata – rata arah angin di Jakarta 2017 - 2025

(Sumber : *weatherspark.com*)

Dapat disimpulkan bahwa meningkatnya kebutuhan energi listrik serta dampak negatif penggunaan energi fosil terhadap lingkungan mendorong perlunya pengembangan energi baru terbarukan sebagai sumber energi yang berkelanjutan. Salah satu sumber energi yang memiliki potensi untuk dikembangkan adalah energi angin melalui Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).

Turbin angin sumbu horizontal dipilih karena memiliki efisiensi yang baik dalam mengonversi energi angin menjadi energi listrik serta dapat diterapkan pada sistem pembangkit berkapasitas kecil. Meskipun wilayah Indonesia, termasuk Jakarta, memiliki kecepatan angin yang relatif rendah dan berubah-ubah sepanjang tahun, potensi tersebut masih dapat dimanfaatkan melalui perancangan PLTB berkapasitas rendah yang disesuaikan dengan karakteristik angin setempat. Pengembangan PLTB tipe horizontal tidak hanya berpotensi mendukung penyediaan energi listrik di daerah yang belum terjangkau jaringan listrik, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran, penelitian, dan pengembangan teknologi energi terbarukan. Oleh karena itu, penelitian mengenai rancang bangun PLTB tipe horizontal berkapasitas 400 Watt perlu dilakukan untuk menghasilkan desain yang efisien, ekonomis, dan sesuai dengan kondisi angin di Indonesia, khususnya di Jakarta.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Ketergantungan pada batubara dan minyak bumi menyebabkan kerentanan ketahanan energi serta memperburuk dampak lingkungan jangka panjang.
2. Banyak daerah di Indonesia belum mendapat akses listrik memadai meskipun memiliki potensi energi angin.
3. Belum diketahui daya listrik yang dapat dibangkitkan berdasarkan kecepatan angin yang ada di Jakarta.
4. Masalah teknis dan biaya yang tinggi untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga bayu.
5. Kurangnya integrasi teknologi modern untuk mengoptimalkan pengembangan pembangkit listrik tenaga bayu
6. Keterbatasan kebutuhan riset dan edukasi untuk penerapan Pembangkit listrik tenaga bayu

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan yang akan diteliti, maka masalah dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas tentang perancangan PLTB tipe horizontal dengan bahan dan alat yang tersedia.
2. Pembuatan pembangkit listrik tenaga bayu (angin) dengan kapasitas daya 400 *Watt*.
3. Tegangan, dan daya keluaran yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga bayu berdasarkan dengan kecepatan angin di daerah Jakarta Timur.

1.4 Perumusan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan yang akan diteliti, maka masalah dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang pembangkit listrik tenaga bayu tipe horizontal dengan memanfaatkan energi angin yang ada?
2. Bagaimana pembuatan pembangkit listrik tenaga bayu dengan kapasitas daya 400 *Watt*?
3. Bagaimana kinerja pada pembangkit listrik tenaga angin tipe horizontal?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Tujuan Umum

Merancang desain, performa, serta bahan yang tepat untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) tipe horizontal dengan kapasitas 400 *Watt*, untuk meningkatkan keefisienan dan kelayakan pemanfaatan energi yang terbarukan.

2. Tujuan Khusus

- Merancang pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) tipe horizontal yang memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi listrik.
- Membuat pembangkit listrik tenaga bayu tipe horizontal dengan kapasitas daya sebesar 400 *Watt* sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan.

- Menganalisis kinerja pembangkit listrik tenaga bayu tipe horizontal berdasarkan parameter seperti kecepatan angin, putaran turbin, daya yang dihasilkan.

1.6 Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pemahaman mengenai pembangkit listrik tenaga bayu, khususnya pembangkit listrik tenaga bayu yang tipe horizontal. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai alat konversi energi dan stabilitas tegangan *output*, terutama dalam kondisi angin yang fluktuatif.

b. Manfaat Praktis

1. Bagi Peneliti

Sebagai implementasi dari pengetahuan dan keterampilan yang telah dipelajari selama berkuliah di Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta dan sebagai syarat memperoleh gelar sarjana dalam rangka menyelesaikan studi di Universitas Negeri Jakarta.

2. Bagi Pengguna

Sebagai referensi dan pertimbangan untuk mengaplikasikan alat pembangkit listrik tenaga bayu tipe horizontal untuk memaksimalkan pemanfaatan energi angin.