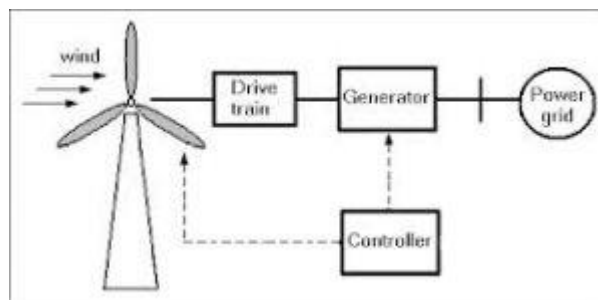


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit listrik tenaga angin atau bayu merupakan fasilitas atau instalasi yang menggunakan energi angin untuk menghasilkan listrik. Proses dilakukan dengan menggunakan turbin angin/bayu yang dipasang di atas permukaan daerah tinggi, angin yang menggerakkan baling-baling atau bila turbin. Putaran ini kemudian di ubah menjadi energi kinetik yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik melalui generator. (Hayatunnufus and Alita, 2020).



Gambar 2.1 Turbin Angin
Sumber: (Hayatunnufus and Alita, 2020)

Pembangkit listrik tenaga angin atau bayu adalah jenis pembangkit listrik yang menghasilkan energi listrik dengan menggunakan energi kinetik angin. Pembangkit listrik tenaga angin adalah salah satu bentuk pembangkit listrik berkelanjutan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polusi udara seperti pembangkit listrik berbahan bakar fosil. (Adam, Harahap and Nasution, 2019).

2.2 Prinsip Kerja Turbin Angin

Pembangkit listrik tenaga bayu menggunakan kincir angin atau turbin angin untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik. Kincir angin atau turbin angin biasanya memiliki baling-baling atau bilah yang terpasang pada poros. Ketika angin bertiup, baling-baling atau bilah tersebut akan berputar, menggerakkan poros, dan menghasilkan energi mekanik. (Zulfikar and Laksono, 2019).

2.2.1 Energi terbarukan.

Energi terbarukan adalah sumber energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui secara alami dan tidak akan habis. Energi terbarukan, juga dikenal sebagai energi hijau atau energi bersih, memiliki sedikit atau bahkan tidak ada dampak negatif terhadap lingkungan dan dapat digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan energi, termasuk pembangkit listrik (Riyanto, 2017).

2.3 Angin

Angin merupakan sumber energi berkelanjutan yang bersifat terbarukan. Energi angin sebagai kontribusi karena digunakan sebagai bahan energi alternatif pengganti fosil dalam sistem pembangkit listrik tenaga angin, turbin angin menerima energi kinetik yang dihasilkan oleh angin melalui baling-baling yang terhubung dengan generator, energi angin tersebut di ubah menjadi energi listrik (Maidi Saputra, 2015).

2.4 Turbin Angin

Turbin angin adalah sebuah perangkat mekanis yang digunakan untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanis atau listrik. Turbin angin sering digunakan dalam pembangkit listrik tenaga angin, di mana mereka menghasilkan

listrik dengan cara memutar generator melalui gerakan mekanis yang dihasilkan oleh angin yang mendorong baling-baling (blade) dari turbin. (Junior, Tangkuman and Arungpadang, 2022).

2.4.1 Turbin Angin sumbu Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal adalah turbin angin dengan poros turbin yang berputar mengikuti arah angin, sehingga turbin angin jenis ini memiliki efisiensi lebih tinggi dibanding dengan turbin angin jenis vertikal. Semakin banyak lebar blade turbin tersebut maka semakin besar torsi yang dihasilkan. Turbin angin sumbu horizontal dapat digunakan untuk menghasilkan listrik secara komersial dalam skala besar di pembangkit listrik tenaga angin darat maupun di pembangkit listrik tenaga angin lepas pantai menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang semakin penting dalam rangka mengurangi emisi gas rumah kaca dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. (Ikhsan and Hipi, 2011).

2.4.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal merupakan jenis turbin angin yang menggunakan kincir angin dengan poros vertikal atau tegak lurus dan rotor sejajar dengan arah angin. Turbin angin sumbu vertikal sering digunakan dalam konteks eksperimen, pendidikan, dan aplikasi rumah tangga, terutama di daerah yang memiliki angin yang tidak konsisten atau sering berubah arah. Pembangkit listrik tenaga angin komersial, masih memiliki peran dalam beberapa situasi khusus. (Tuapetel *et al.*, 2019).

2.5 Generator

Generator adalah perangkat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Ini bekerja berdasarkan prinsip dasar elektromagnetik yang ditemukan oleh Michael Faraday pada abad ke-19. Generator terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja sama untuk menghasilkan listrik. Berikut adalah penjelasan tentang komponen-komponen utama dalam sebuah generator: (Yusdiansyah,2011).

2.5.1 Rotor

Rotor adalah komponen yang berputar, biasanya berbentuk piringan atau silinder. Ini dapat digerakkan oleh berbagai sumber energi mekanik, seperti turbin, mesin pembakaran dalam, atau tenaga air. Pada saat rotor berputar, ia membawa energi mekanik ke dalam generator.(Hadi, 2018).

2.5.2 Stator

Stator adalah bagian tetap generator yang mengelilingi rotor. Stator memiliki sejumlah kumparan kawat tembaga yang terhubung dengan generator. Ketika rotor berputar di sekitar stator, medan magnet di dalam stator berubah secara relatif terhadap kumparan kawat, yang memicu induksi elektromagnetik. (Panggih Prakasa, 2022).

2.6 Baterai

Baterai adalah salah satu komponen penting dalam sistem pembangkit listrik tenaga angin, meskipun bukan sebagai pembangkit utama, melainkan sebagai penyimpan energi. Pembangkit listrik tenaga angin menghasilkan listrik saat angin mendorong baling-baling turbin angin, yang kemudian menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik. Namun, kecepatan dan ketersediaan angin tidak

selalu konsisten, sehingga perlu ada cara untuk menyimpan energi yang dihasilkan saat angin bertiup kuat, secara umum baterai tersusun atas dua sel yaitu positif (+) dan negatif (-) sehingga baterai digunakan sebagai menyimpan energi listrik ke beban. Baterai biasanya terdiri dari beberapa komponen utama. (Harahap, 2019).



Gambar 2.6 Baterai
Sumber: (Harahap,2019)

2.6.1 Anoda (Negative Electrode)

Anoda (Negative Electrode) adalah suatu elektroda dalam baterai yang menerima elektron selama proses pengisian baterai (pengisian ulang) dan melepaskan elektron saat baterai digunakan.

2.6.2 Katoda (Positive Electrode)

Katoda (Positive Electrode) adalah elektroda lain dalam baterai yang melepaskan elektron saat baterai diisi ulang. Baterai secara umum memiliki dua jenis yaitu baterai primer dan baterai sekunder.

2.6.3 Baterai Primer

Baterai primer adalah jenis baterai yang digunakan sekali pakai dan tidak dapat diisi ulang. dapat menghasilkan energi listrik melalui reaksi kimia yang tidak dapat diubah kembali. Berikut beberapa jenis baterai primer yang umum. (Nasution, 2021).

A. Baterai Alkaline

Baterai alkaline adalah yang paling umum digunakan di berbagai perangkat konsumen seperti remote TV, mainan, jam, dan perangkat portabel lainnya, mengandung bahan kimia alkali seperti hidroksida besi dan seng oksida.

B. Baterai Seng-Karbon

Baterai seng-karbon adalah baterai primer klasik yang mengandung seng sebagai anode dan karbon sebagai katode. sering digunakan dalam perangkat sederhana seperti jam dan mainan.

C. Baterai Litium

Baterai litium primer sangat ringan dan tahan lama. Umumnya digunakan dalam perangkat medis, peralatan militer, dan peralatan elektronik yang membutuhkan daya tahan lama.

D. Baterai Silver Oxide

Baterai silver oxide mengandung perak oksida sebagai bahan kimianya. Digunakan dalam perangkat elektronik kecil seperti jam tangan, kalkulator, dan perangkat medis.

E. Baterai Sulfur Dioxide

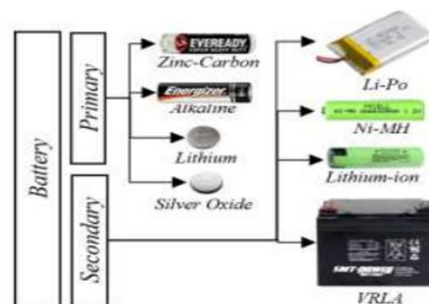
Baterai SO₂ mengandung sulfur dioksida sebagai bahan kimia utama dan digunakan dalam aplikasi militer dan industri yang memerlukan daya tahan ekstrem.

F. Baterai Zinc-Air:

Baterai zinc-air mengandung seng sebagai bahan anode dan udara sebagai bahan katode. Sering digunakan dalam perangkat pendengaran bantu dan aplikasi lain yang memerlukan daya tahan lama.

2.6.4 Baterai sekunder

Baterai sekunder adalah tipe baterai yang dapat diisi ulang (rechargeable). Dapat berbeda dari baterai primer yang hanya dapat digunakan sekali dan tidak dapat diisi ulang. Baterai sekunder memiliki beberapa keunggulan, dapat digunakan kembali, lebih ekonomis dalam jangka panjang, dan lebih ramah lingkungan karena mengurangi limbah baterai. Berikut adalah beberapa jenis baterai sekunder yang umum.



Gambar: 2.6.4 Penggolongan baterai
Sumber: (Y. Divayana,2021)

A. Baterai Timbal-Asam (Lead-Acid)

Baterai Timbal-Asam (Lead-Acid) Baterai ini banyak digunakan dalam kendaraan bermotor, seperti mobil dan motor. Sehingga memiliki sel elektrokimia berbasis timbal dan asam sulfat. Baterai ini relatif murah, namun memiliki berat yang cukup besar dan kapasitas energi yang terbatas.

B. Baterai Nikel Kadmium (NiCd)

Baterai NiCd memiliki sel elektrokimia yang terbuat dari nikel dan kadmiu, telah digunakan secara luas dalam peralatan elektronik portabel, tetapi sekarang kurang umum karena kadmium adalah bahan berbahaya bagi lingkungan.

C. Baterai Nikel Metal-Hidrida (NiMH)

Baterai NiMH adalah pengganti yang lebih ramah lingkungan untuk baterai NiCd. Memiliki kapasitas energi yang lebih tinggi, kurang beracun, dan digunakan dalam berbagai perangkat elektronik, termasuk kamera digital, mainan, dan alat komunikasi nirkabel.

D. Baterai Lithium-Ion (Li-ion)

Baterai Li-ion adalah salah satu jenis baterai sekunder paling umum yang digunakan saat ini. Memiliki berat yang ringan, kapasitas energi yang tinggi, dan tidak memiliki efek memori, yang berarti Anda dapat mengisi ulang baterai kapan saja tanpa harus menunggu hingga benar-benar habis. Baterai Li-ion digunakan dalam ponsel, laptop, kamera, dan banyak perangkat elektronik lainnya.

E. Baterai Lithium Polimer (LiPo)

Baterai LiPo adalah varian baterai lithium yang menggantikan elektrolit cair dengan elektrolit polimer padat. Memiliki bentuk yang lebih fleksibel dan ringan daripada baterai Li-ion dan sering digunakan dalam drone, radio kontrol, dan perangkat lain yang membutuhkan baterai dengan bentuk khusus.

F. Baterai Sulfur-Lithium (Li-S)

Baterai Li-S adalah jenis baterai yang sedang dikembangkan dan masih dalam tahap penelitian. Kapasitas energi yang sangat tinggi, tetapi masih memiliki beberapa kendala teknis yang perlu diatasi.

2.6.5 Prinsip Kerja Baterai

Baterai yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga angin terbarukan, seperti turbin angin atau panel surya, bertujuan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh sumber energi terbarukan tersebut. Sehingga energi listrik dapat tersedia saat dibutuhkan, bahkan ketika sumber energi terbarukan sedang tidak aktif. Prinsip kerja baterai pada saat pengisian dan proses pengosongan sebagai berikut. (Nugroho and Widiastuti, 2023).

A. Proses Pengisian Baterai

Proses pengisian Arus listrik DC yang dihasilkan dari sumber terbarukan kemudian digunakan untuk mengisi baterai. Proses pengisian baterai melibatkan perpindahan elektron dari katoda ke anoda dalam baterai melalui reaksi elektrokimia. Selama pengisian baterai, energi listrik diubah menjadi energi kimia yang disimpan dalam baterai. Ini terjadi melalui reaksi elektrokimia antara elektroda dan elektrolit dalam baterai. (NOVIYANTO, 2018).

B. Proses Pengosongan

Ketika energi listrik dibutuhkan, baterai digunakan untuk memasok listrik. Elektron bergerak dari anoda ke katoda melalui sirkuit eksternal, menghasilkan arus listrik yang dapat digunakan untuk ke beban. Baterai melepaskan energi kimia yang tersimpan saat digunakan. Reaksi elektrokimia berlawanan dengan

proses pengisian baterai terjadi, mengubah energi kimia kembali menjadi energi listrik yang digunakan.(Rama, 2018).

2.6.6 Ketidakstabilan Tegangan Baterai Saat Ke Beban

Adapun beberapa faktor ketidakstabilan pada tegangan baterai yaitu:

A. Kapasitas Baterai Rendah

Kapasitas baterai rendah adalah baterai memiliki kapasitas yang rendah atau sudah tua,pada saat diberi ke beban, tegangan baterai dapat turun dengan cepat karena daya tersimpan dalam baterai tidak mencukupi untuk mendukung beban tersebut.

B. Respon beban berfluktuasi

Respon beban berfluktuasi adalah beban yang bervariasi atau berfluktuasi, seperti motor listrik atau peralatan yang membutuhkan daya tinggi secara tiba-tiba, dapat menyebabkan penurunan tegangan pada baterai. Ini disebabkan oleh perubahan cepat dalam permintaan daya yang tidak dapat diimbangi oleh baterai.

C. Ketidakcocokan antara baterai dan beban

Penggunaan baterai yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban dapat menyebabkan ketidakstabilan tegangan. Baterai yang tidak memiliki kapasitas atau kemampuan arus yang cukup untuk mendukung beban tertentu akan mengalami penurunan tegangan saat beban diterapkan.

D. Ketidakstabilan dalam kualitas baterai

Baterai yang buruk atau rusak memiliki kemampuan penampungan daya yang terganggu dan dapat menghasilkan tegangan yang tidak stabil saat digunakan.

E. Suhu ekstrem

Suhu yang ekstrem, baik terlalu panas atau terlalu dingin, dapat memengaruhi kinerja baterai dan mengakibatkan ketidakstabilan tegangan saat disupply ke beban.

F. Pemakaian berlebihan atau pengosongan berlebihan

Baterai yang terlalu sering dikenakan beban berat atau dibongkar habis-habisan (deep discharge) dapat mengalami penurunan tegangan dan kehilangan kemampuan untuk menjaga stabilitas tegangan.

G. Umur baterai yang lama

Semakin lama umur baterai, semakin besar kemungkinan terjadi ketidakstabilan tegangan saat baterai digunakan. Untuk menghindari ketidakstabilan tegangan saat baterai ke beban, penting untuk menggunakan baterai yang sesuai dengan kebutuhan beban, menjaga baterai dalam kondisi yang baik, dan menghindari pemakaian berlebihan atau pengosongan berlebihan. Jika baterai tidak mampu memenuhi kebutuhan beban, itu dapat menyebabkan masalah dalam operasi perangkat atau sistem yang menggunakan baterai sebagai sumber daya. (Rizky and Rameli, 2019).

2.6.7 Kajian Pustaka

Tabel 2.6.7 Kajian Pustaka

No	Penulis	Judul	Hasil
1	AL. Agung 2019	Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Generator DC Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.	Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa prototype pembangkit listrik tenaga angin ini berhasil menghasilkan listrik dengan menggunakan kecepatan angin rata-rata sekitar 9.0 m/s. Ini menunjukkan potensi penggunaan energi terbarukan seperti tenaga angin sebagai alternatif sumber energi yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi. Variasi tegangan yang berlebihan memerlukan pemantauan dan pemeliharaan yang lebih intensif untuk melindungi peralatan dan menjaga stabilitas jaringan. Hal ini dapat meningkatkan biaya operasional secara keseluruhan.
2	R.Rusman 2017	Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 VP.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Solar cell dengan beban 3 watt memiliki efisiensi sekitar 84%, Solar cell dengan beban 6 watt memiliki efisiensi sekitar 90%. Solar cell dengan beban 9 watt memiliki sekitar 86%. Kesimpulan dari penelitian ini adalah efisiensi maksimum solar cell dengan kapasitas 50 WP terjadi pada jam 12.00 siang. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan

			energi matahari sebagai sumber energi listrik memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang signifikan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia.
3	NA. Hadiyati 2018	Pemodelan Dan Analisis Baterai Lithium Ion 3,2 v Life P04 Single Cell	Baterai merupakan alat penyimpanan energi yang sedang mengalami banyak perkembangan. Berbagai jenis baterai yang telah dikembangkan, salah satunya adalah baterai lithiumion. Baterai lithium ion termasuk jenis baterai sekunder (rechargeable battery) yang memilikibanya kelebihan dibandingkan dengan baterai sekunder yang lain. Salah satunya adalah tidak adanya efek memori, sehingga menyebabkan proses charge maupun discharge menjadi lebih praktis. Software Simulink Matlab akan digunakan sebagai simulator.
4	DB Priambada 2016	Kajian Karakteristik Turbin Sumbu Horizontal Type TSD- 500 Pada Beban	untuk mengetahui karakteristik turbin angin tipe propeller dengan mengetahui variasi beban. Metode prinsip kerja dari alat penelitian yaitu sumber angin diperoleh dari mesin blower yang memutar dan menyapu sudu pada turbin.
5	F Husnayain 2020	Analisis Rancang Bangun PLTS ON- Grid	Sistem PLTS ini memiliki potensi untuk menghasilkan sekitar 16.063 kWh energi listrik setiap tahunnya.

		Baterai Dengan PVSYS Pada Kantin Teknik PTVL.	Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa metode perancangan PLTS berdasarkan pemanfaatan area yang dapat diinstalasi oleh panel surya memiliki tingkat keandalan ekonomis yang lebih baik dan memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pasokan energi listrik di Kantin FTUI.
--	--	---	--