

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Referensi yang terkait dengan “Sistem Monitoring PLTB berbasis Smartphone Untuk Menganalisis Potensi Energi Angin di Probolinggo“ adalah dapat dilihat dari beberapa penelitian berikut :

Dalam penelitian yang berjudul "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android," yang ditulis oleh Edi Kurniawan dan tim pada tahun 2022 (halaman 63 - 68), disoroti masalah ketidaksesuaian tagihan penggunaan listrik pelanggan listrik pasca bayar dengan daya listrik yang benar-benar digunakan. Penelitian ini membahas solusi dalam bentuk sistem yang memungkinkan pemantauan penggunaan daya listrik pelanggan secara remote. Pemantauan jarak jauh ini dimungkinkan oleh kemajuan teknologi Internet of Things (IoT), yang memungkinkan penggunaan daya listrik pelanggan untuk dipantau secara real-time melalui jaringan internet, kapan saja dan di mana saja.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Awan Setiawan dan rekan-rekannya pada tahun 2019, berjudul "Analisis dan Perencanaan Sistem Pemantauan Kecepatan Angin dan Rotasi Turbin pada Prototipe PLTB tipe Darrieus," penelitian ini membahas bagaimana perubahan kecepatan angin mempengaruhi putaran turbin angin dan tegangan keluaran generator pada prototipe PLTB. Fokus penelitian penulis terletak pada penggunaan perangkat pemantauan Arduino Mega2560 untuk mengolah data yang diukur oleh berbagai sensor dalam sistem tersebut.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Janser Simanjuntak dan koleganya pada tahun 2020, yang berjudul "Sistem Pemantauan Data Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Mikrokontroler Atmega32," penelitian ini mengulas sebuah perangkat pemantauan yang dapat mengukur tegangan, arus, daya, serta kecepatan angin. Perangkat ini telah ditingkatkan dengan Auto Saving System (ASS) yang memungkinkan penyimpanan otomatis dari berbagai parameter seperti tegangan, arus, daya, dan kecepatan angin ke dalam chip memori.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ade Rufaidah Mutmainah dan timnya pada tahun 2019 dengan judul "Sistem Kontrol dan Pemantauan Penggunaan Energi Listrik berbasis Internet of Things (IoT) dengan Pemanfaatan Wemos dan Aplikasi Blynk", penelitian ini mengulas bagaimana mengatur perangkat elektronik dan mengawasi penggunaan daya listrik dari jarak jauh melalui koneksi internet. Implementasi sistem ini melibatkan perangkat seperti Wemos D1, sensor arus ACS712, relay, serta aplikasi Blynk yang berfungsi sebagai antarmuka sistem yang dapat diakses melalui perangkat smartphone.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jefri Lianda dan timnya pada tahun 2019 dengan judul "Sistem Pemantauan Konsumsi Daya Listrik dari Jarak Jauh Berbasis Internet of Things (IoT)", penelitian ini menguraikan desain sebuah sistem pemantauan konsumsi daya listrik yang bertujuan untuk mengumpulkan data terkait dengan pengukuran parameter listrik seperti arus, tegangan, dan daya secara waktu nyata (real-time).

2.2 Proses Terjadinya Angin

Angin adalah elemen yang memiliki dampak pada situasi cuaca dan iklim.

Ini terjadi ketika udara bergerak akibat perbedaan tekanan udara, menghasilkan aliran atau tiupan di suatu lokasi atau wilayah tertentu. Angin memiliki peran krusial dalam membentuk kondisi cuaca dan iklim di berbagai daerah. Pergerakan udara yang dipicu oleh angin dapat membawa suhu, kelembaban, dan partikel lain, serta memengaruhi suhu, hujan, dan fenomena cuaca lainnya di berbagai daerah. Ini adalah elemen penting dalam pemahaman sistem cuaca dan iklim global.

2.3 Macam – macam angin

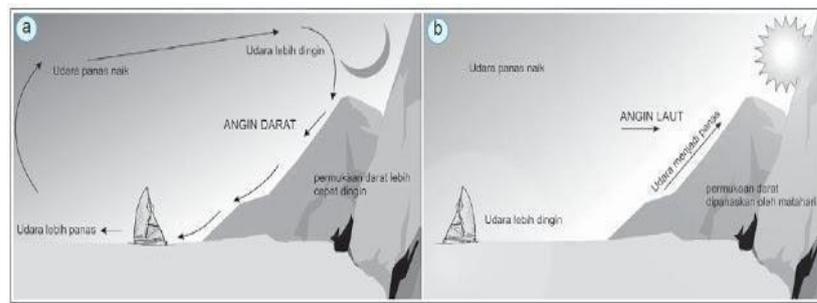
1. Angin darat dan angin laut

Angin darat adalah angin yang bertiup dari daratan ke laut. Ini terjadi pada malam hari ketika suhu di daratan turun lebih cepat daripada di laut. Ketika malam tiba, daratan melepaskan panas lebih cepat daripada air laut, sehingga udara di atas daratan menjadi lebih dingin daripada di atas laut. Udara dingin ini mengalir menuju laut dan menciptakan angin darat.

Angin laut adalah kebalikan dari angin darat. Ini terjadi pada siang hari ketika suhu di darat lebih tinggi daripada di laut. Matahari memanaskan daratan lebih cepat daripada air laut, sehingga udara di atas daratan menjadi lebih panas dan naik. Udara panas ini akan digantikan oleh udara sejuk yang bertiup dari laut, menciptakan angin laut.

Perbedaan suhu antara daratan dan laut serta perbedaan panas dan pendinginan di siang dan malam hari adalah faktor utama yang memengaruhi terjadinya angin darat dan angin laut. Fenomena ini umum terjadi di daerah pesisir atau dekat pantai di seluruh dunia dan memiliki pengaruh penting pada kondisi cuaca setempat. Proses terjadinya angin darat dan angin laut ini ditunjukkan pada

gambar 2.1



Gambar 2.1 Proses Terjadinya Angin Darat Dan Laut

2. Angin Gunung dan Angin Lembah

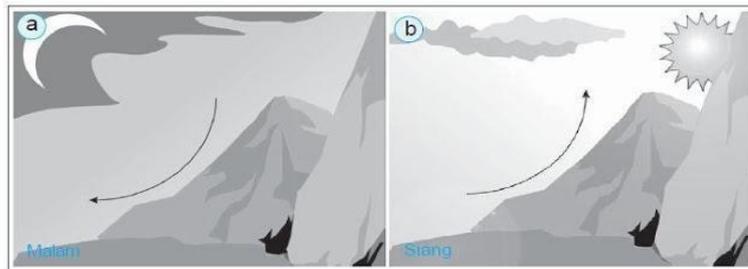
Angin gunung dan angin lembah adalah dua jenis angin yang terkait dengan topografi atau bentuk permukaan tanah. Mereka terjadi karena pengaruh bentuk daratan terhadap pergerakan udara. Berikut adalah penjelasan singkat tentang keduanya:

Angin Gunung adalah Angin yang terjadi ketika udara naik ke atas lereng gunung atau pegunungan. Terjadinya karena udara yang dipanaskan oleh sinar matahari di permukaan tanah mendaki gunung. Ketika udara naik, ia mendingin dengan tingkat yang lebih lambat daripada penurunan tekanan, sehingga membentuk angin yang bergerak ke atas lereng gunung.

Angin lembah terjadi ketika udara turun dari lereng gunung atau pegunungan ke lembah di bawahnya. Ini terjadi karena udara yang terkompresi dan dipanaskan ketika turun gunung menjadi lebih panas dan kering. Ini menyebabkan angin yang bergerak dari gunung ke lembah. Angin lembah sering membawa udara yang lebih panas dan kering ke lembah, sehingga dapat menyebabkan kondisi cuaca yang lebih cerah dan kering di lembah tersebut.

Angin gunung dan angin lembah adalah contoh bagaimana topografi dan

elevasi dapat memengaruhi pergerakan udara dan kondisi cuaca di suatu wilayah. Mereka adalah fenomena lokal yang biasanya terjadi di daerah pegunungan atau perbukitan, dan sifatnya dapat berubah-ubah sesuai dengan perubahan suhu dan tekanan di wilayah tersebut. Proses terjadinya angin ini ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Proses Terjadinya Angin Gunung Dan Lembah

3. Angin Siklon dan Angin Antisiklon

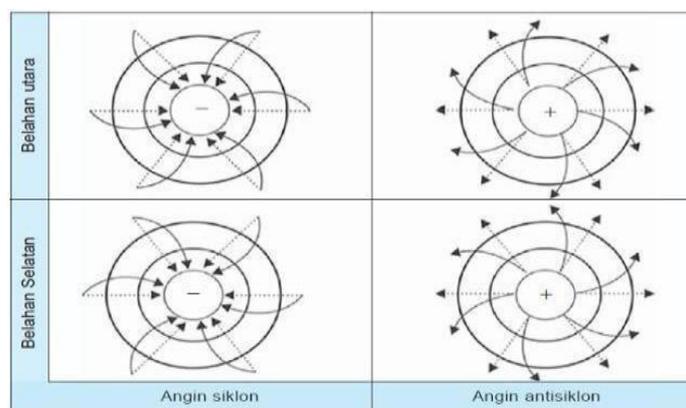
Angin siklon dan angin antisiklon adalah dua jenis angin yang terkait dengan sistem tekanan udara besar di atmosfer yang dikenal sebagai siklon dan antisiklon. Ini adalah fenomena cuaca makro yang memengaruhi kondisi cuaca di suatu wilayah.

Angin siklon adalah angin yang bertiup dalam arah berlawanan jarum jam di belahan bumi utara dan searah jarum jam di belahan bumi selatan dalam sebuah sistem siklon. Penyebab angin siklon terbentuk di sekitar pusat tekanan rendah (siklon). Udara hangat dan lembap di sekitar siklon naik ke atas, membentuk awan dan menyebabkan hujan. Angin dalam sistem ini bergerak menuju pusat siklon. Angin siklon membawa cuaca yang sering berkaitan dengan awan, hujan, dan kondisi cuaca buruk. Mereka dapat mempengaruhi iklim lokal untuk jangka waktu tertentu.

Angin antisiklon adalah angin yang bertiup dalam arah searah jarum jam di

belahan bumi utara dan berlawanan arah jarum jam di belahan bumi selatan dalam sistem antisiklon. Penyebab angin antisiklon terbentuk di sekitar pusat tekanan tinggi (antisiklon). Udara di dalam antisiklon biasanya turun dan menghasilkan cuaca cerah dan kering. Angin dalam sistem ini bergerak menjauh dari pusat antisiklon. Karakteristik angin antisiklon cenderung membawa cuaca yang tenang, cerah, dan kering. Mereka sering dikaitkan dengan cuaca yang baik dan langit yang cerah.

Angin siklon dan angin antisiklon adalah dua komponen utama dalam sistem tekanan udara besar yang membentuk pola cuaca makro di berbagai wilayah. Perilaku dan dampak dari kedua jenis angin ini dapat sangat berbeda tergantung pada lokasi geografis dan musim. Angin antisiklon bergerak dari suatu daerah sebagai pusat bertekanan udara tinggi menuju daerah bertekanan rendah yang mengelilinginya seperti ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Proses Terjadinya Angin Siklon Dan Antisiklon

4. Angin Muson Barat (Musim Muson Barat)

Angin Muson Barat adalah angin muson yang terjadi selama musim panas di wilayah-wilayah tertentu di dunia, seperti Asia Selatan. Penyebab Musim Muson Barat terjadi karena perbedaan suhu yang signifikan antara daratan dan laut. Ketika

daratan di wilayah-wilayah seperti India sangat panas selama musim panas, udara di atas daratan naik, dan udara yang lebih sejuk dari atas lautan mengalir ke daratan untuk menggantikan udara yang naik. Inilah yang menyebabkan angin Muson Barat.

Dampak angin Muson Barat membawa hujan musim panas yang sangat penting untuk pertanian dan cuaca di wilayah-wilayah yang terpengaruh. Angin monsun barat terjadi pada bulan Oktober-April. Bulan-bulan itu kedudukan matahari berada di belahan bumi selatan, akibatnya belahan bumi selatan suhunya lebih tinggi dari pada belahan bumi utara dan angin bertiup dari belahan bumi utara ke belahan bumi selatan.

5. Angin Muson Timur (Musim Muson Timur):

Angin Muson Timur adalah angin muson yang terjadi selama musim dingin di wilayah-wilayah tertentu, seperti Asia Selatan. Penyebab musim Muson Timur terjadi karena perbedaan suhu yang signifikan antara daratan dan laut. Ketika daratan di wilayah-wilayah seperti India menjadi lebih dingin daripada lautan selama musim dingin, udara di atas daratan turun, dan udara yang lebih hangat dari atas lautan mengalir ke daratan untuk menggantikan udara yang turun. Inilah yang menyebabkan angin Muson Timur. Angin Muson Timur membawa kondisi kering dan cuaca yang lebih sejuk selama musim dingin di wilayah-wilayah yang terpengaruh. Ini adalah kontras dengan Angin Muson Barat yang membawa hujan musim panas.

2.4 Potensi Energi Angin

Indonesia memang memiliki potensi alam yang sangat besar, termasuk

potensi energi angin yang signifikan. Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan. Berdasarkan informasi dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional pada tahun 2016, Indonesia memiliki lebih dari 120 lokasi dengan kecepatan angin di atas 5 meter per detik. Lokasi-lokasi ini tersebar di wilayah Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa.

Pemanfaatan potensi energi angin ini menjadi bagian penting dari upaya Indonesia untuk mengembangkan sumber energi terbarukan, meningkatkan ketahanan energi, dan memitigasi dampak perubahan iklim. Hal ini juga konsisten dengan tren global dalam mencari solusi energi bersih dan berkelanjutan).

Energi angin adalah sumber energi alternatif yang memiliki prospek yang sangat baik karena tersedia secara alami, bersih, dan dapat diperbarui secara berkelanjutan. Proses pemanfaatan energi angin melibatkan dua tahapan konversi utama :

1. Konversi Kinetik menjadi Mekanik:

Pada tahap pertama ini, energi kinetik angin diubah menjadi energi mekanik. Ini terjadi ketika angin mengenai baling-baling atau kincir angin (turbine) pada pembangkit listrik tenaga angin. Ketika angin mengenai baling-baling atau kincir angin, ia menyebabkan baling-baling tersebut berputar. Gerakan rotasi ini menghasilkan energi mekanik dalam bentuk gerakan berputar.

2. Konversi Mekanik menjadi Listrik:

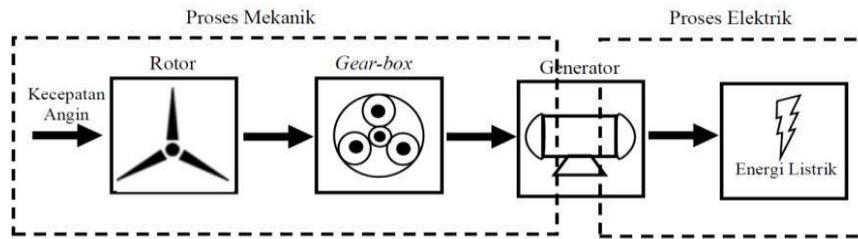
Tahap kedua melibatkan konversi energi mekanik yang dihasilkan oleh baling-baling atau kincir angin menjadi energi listrik. Ini terjadi di dalam generator yang terpasang pada kincir angin. Ketika baling-baling atau kincir angin berputar,

mereka menggerakkan generator. Generator ini mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip elektromagnetik. Energi listrik yang dihasilkan selanjutnya dapat dialirkan melalui jaringan listrik dan digunakan untuk memasok listrik ke rumah, bisnis, atau infrastruktur lainnya.

Dalam beberapa kasus, ada juga metode konversi energi yang melibatkan sistem penyimpanan baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin sehingga dapat digunakan ketika angin tidak bertiup. Hal ini membantu menjaga pasokan listrik yang stabil dari sumber energi angin, mengatasi tantangan fluktuasi dalam kecepatan angin. Proses konversi energi angin menjadi listrik ini merupakan dasar dari pembangkit listrik tenaga angin modern, yang telah menjadi salah satu sumber utama energi terbarukan di dunia.

2.5 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin, yang juga dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), adalah bentuk pembangkit listrik energi terbarukan yang bersifat ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang tinggi jika dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya. Sistem PLTB mengubah energi kinetik yang terdapat dalam angin menjadi energi mekanik yang menghasilkan putaran pada generator, menghasilkan aliran listrik. Energi angin dimanfaatkan untuk menggerakkan baling-baling yang menyebabkan rotor berputar. Ketika rotor berputar, generator secara otomatis menghasilkan aliran listrik.



Gambar 2.4 PLTB secara Umum

Berdasarkan data dari GWEC, kapasitas total pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) di seluruh dunia mencapai 157.900 megawatt (MW) pada akhir tahun 2009. Setiap tahunnya, pembangunan PLTB terus meningkat sekitar 20-30%. Teknologi PLTB saat ini memiliki kemampuan untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik dengan efisiensi rata-rata sekitar 40%. Tingkat efisiensi sebesar 40% ini disebabkan oleh fakta bahwa angin yang melewati turbin PLTB tidak dapat sepenuhnya diubah menjadi energi listrik karena selalu akan ada sisa energi kinetik dalam angin, terutama karena angin yang keluar dari turbin tidak mungkin memiliki kecepatan nol.

2.6 Mekanisme Turbin Angin

Dengan menggabungkan beberapa turbin angin, kita dapat membentuk sebuah pembangkit listrik tenaga angin yang menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan kemudian dapat dipindahkan melalui kabel transmisi dan disalurkan ke berbagai tempat seperti rumah, perkantoran, sekolah, dan lokasi lainnya. Berikut ini adalah jenis turbin angin:

1. Turbin Angin Sumbu Horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine) Turbin angin sumbu horizontal (TASH) seperti ditunjukkan pada gambar 2.5 memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara.

2. Turbin Angin Sumbu Vertikal (Vertical Axis Wind Turbine).
3. Turbin angin sumbu vertikal/tegak (TASV) seperti gambar 2.6 memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus.



Gambar 2.5 Turbin Angin Sumbu Horizontal



Gambar 2.6 Turbin Angin Sumbu Vertikal

2.7 Baterai

Baterai merupakan komponen yang dibutuhkan untuk memaksimalkan fungsi kerja PLTB. Arus listrik dari generator arus searah masuk ke baterai untuk disimpan. Jika arus listrik yang dihasilkan generator terlalu kecil, maka semua arus listrik yang keluar dari generator akan disimpan di baterai. Jika arus listriknya

terlalu besar, maka arus listrik akan disalurkan menuju jala-jala listrik setelah sebagian disimpan pada baterai.

Kapasitas penyimpanan baterai disesuaikan dengan energi yang dibutuhkan saat daya yang dihasilkan turbin angin kurang dari kebutuhan beban atau pada saat kebutuhan beban melebihi kapasitas turbin angin. Ukuran baterai yang terlalu besar baik untuk efisiensi operasi tetapi mengakibatkan kebutuhan investasi yang terlalu besar, sebaliknya ukuran baterai terlalu kecil dapat mengakibatkan tidak tertampungnya daya berlebih.



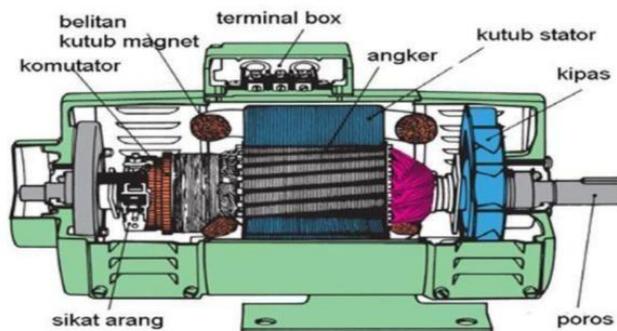
Gambar 2.7 Baterai

2.8 Generator DC

Generator arus searah (DC) memiliki komponen dasar yang mirip dengan komponen mesin-mesin listrik lainnya. Pada dasarnya, generator arus searah adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah energi mekanis, yang biasanya berbentuk putaran, menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah. Proses ini melibatkan penggunaan energi mekanis untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet.

Berdasarkan hukum Faraday, ketika kawat penghantar diputar dalam medan magnet, akan terjadi induksi gaya gerak listrik (ggl) di kawat tersebut. Besarnya ggl ini sebanding dengan tingkat perubahan fluks magnetik yang meliputi kawat penghantar. Jika kumparan kawat ini membentuk sebuah rangkaian tertutup, maka akan menghasilkan arus listrik induksi.

Perbedaan utama antara generator arus searah terletak pada komponen penyearah yang ada di dalamnya, yang dikenal sebagai komutator dan sikat. Komutator berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik yang dihasilkan oleh kumparan menjadi arus searah yang stabil. Sikat adalah bagian yang bersentuhan dengan komutator dan memungkinkan aliran arus dari generator ke beban eksternal.



Gambar 2.8 Generator DC

2.9 Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah menjadi arus listrik bolak-balik. Kebanyakan beban listrik didesain untuk suplai beban arus listrik bolak-balik, sehingga daya keluaran dari Wind Project harus diubah dahulu menjadi listrik arus bolak-balik oleh inverter ini. Inverter dibedakan berdasarkan kapasitas continue maksimumnya dalam W, dalam pemilihan inverter harus dipertimbangkan juga efisiensinya.

Secara umum, tegangan bolak-balik, yang juga dikenal sebagai tegangan jala-jala, merujuk pada listrik yang biasanya ditemukan dalam jaringan listrik umum (PLN di Indonesia). Tegangan AC ini biasanya berbentuk sinusoida murni dengan frekuensi 50 Hz dan tegangan sekitar 220 V di Indonesia. Inverter memainkan peran penting dalam mengonversi listrik DC yang dihasilkan oleh sumber-sumber energi terbarukan atau baterai menjadi listrik AC yang dapat digunakan oleh peralatan elektronik rumah tangga dan perangkat lain yang memerlukan listrik bolak-balik.

Inverter bekerja dengan cara memutus-mutuskan tegangan DC menggunakan saklar, lalu tegangan tersebut diarahkan ke transformator dengan CT (Center Tap) secara bergantian.



Gambar 2.9 Inverter

2.10 Perhitungan PLTB

2.10.1 Presentase Kesalahan

Tujuan dari perhitungan persen kesalahan adalah untuk mengukur sejauh mana nilai yang diukur mendekati nilai sebenarnya. Proses ini melibatkan pengamatan hasil pembacaan dari smartphone terhadap pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan Avometer dan Tang Ampere, peralatan yang umum

digunakan. Setelah hasil pengukuran terekam, langkah selanjutnya adalah menghitung persentase kesalahan dan rata-ratanya menggunakan rumus-rumus berikut.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{Y_n - X_n}{X_n} \right| \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan :

Y_n = Hasil pengukuran Avometer

X_n = Nilai terbaca pada Smartphone

2.10.2 Daya

Daya merupakan energi yang dikeluarkan untuk melakukan pekerjaan. Dalam konteks sistem tenaga listrik, daya mencerminkan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Satuan umum untuk daya listrik adalah Watt atau Horsepower (HP). Satu Horsepower setara dengan 746 Watt atau lbf/second. Sementara itu, Watt adalah unit daya listrik di mana 1 Watt memiliki daya yang setara dengan hasil perkalian arus I dalam Ampere dan tegangan V dalam Volt.

Dalam notasi matematis, daya (P) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut, dengan Tegangan (V) dan Arus (I) sebagai komponen-komponen utama:

$$P = V \times I \quad (2.2)$$

Dimana :

P = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

Rumus tersebut menggambarkan hubungan antara tegangan, arus, dan daya dalam konteks sistem tenaga listrik.