

BAB II DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Turbin angin merupakan suatu bagian dari sistem pembangkit tenaga angin dimana berperan sebagai penangkap energi angin untuk ditransformasikan menjadi energi gerak untuk memutar generator. Ada banyak tipe dari turbin angin menurut bentuknya. Antara lain jenis *propeller*, *darrieus*, *sailwing*, *fan-type*, *savious*, tipe vertikal dan horizontal.

- 1) Penelitian yang dilakukan oleh Nur Asyik Hidayatullah Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Madiun Indonesia dengan judul optimalisasi daya pembangkit listrik tenaga angin Turbin sumbu horizontal dengan menggunakan metode *Maximum power point tracker* dengan hasil penelitian memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat serta tuntutan energi yang ramah lingkungan, efisien dan berkelanjutan, maka pemanfaatan energi terbarukan harus terus ditingkatkan. Metode yang digunakan adalah dengan membangun pembangkit listrik tenaga angin turbin sumbu horizontal^[4].
- 2) Penelitian menurut Betz, seorang insinyur Jerman, besarnya energi yang maksimum dapat diserap dari angin adalah hanya 0.59259 dari energi yang tersedia. Sedangkan hal tersebut juga dapat dicapai dengan daun turbin yang dirancang dengan sangat baik serta dengan kecepatan keliling daun pada puncak daun sebesar 6 kali kecepatan angin. Pada dasarnya turbin angin untuk generator listrik hanya akan bekerja antara suatu kecepatan angin minimum, yaitu kecepatan start (C_s), dan kecepatan nominalnya (C_r)^[5].
- 3) Penelitian menurut elementer Betz sederhana berdasarkan pemodelan aliran dua dimensi angin yang mengenai rotor menjelaskan prinsip konversi energi angin pada turbin angin. Kecepatan aliran udara berkurang dan garis aliran membelok ketika melalui rotor dipandang pada satu bidang. Berkurangnya kecepatan aliran udara disebabkan sebagian energi kinetik angin diserap oleh rotor turbin angin. Pada kenyataannya, putaran rotor menghasilkan perubahan kecepatan angin pada arah tangensial yang akibatnya mengurangi jumlah total energi yang dapat diambil dari angin. Walaupun teori elementer Betz telah

mengalami penyederhanaan, namun teori ini cukup baik untuk menjelaskan bagaimana energi angin dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya. Pengujian Kinerja Alternator yang Dihubungkan: Pengukuran kinerja alternator digerakkan oleh turbin angin dan telah dihubungkan pada turbin angin dan telah dihubungkan pada turbin angin^[6].

- 4) Penelitian menurut Firman Aryanto, I Made Mara, Made Nuarsa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram dengan judul pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin poros horizontal menghasilkan turbin angin merupakan suatu alat yang mampu mengubah energi angin menjadi energi mekanik dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator. Turbin angin poros horizontal ini dapat ditingkatkan efisiensinya untuk mendapat koefisien daya yang maksimal. Salah satunya dengan menggunakan sudu berjumlah banyak^[7].
- 5) Penelitian menurut Prabowo Ridho, Muid Abdul dan Adriat Riza pada tahun 2018 melakukan sebuah penelitian pembuatan alat pengukur kecepatan angin berbasis microcontroller ATmega328P. Alat yang dirancang dapat merekam data kecepatan angin secara real time dan hasilnya disimpan pada kartu memori. Sistem yang dibuat menggunakan modul board Arduino Uno R3, optocoupler modul Real Time Clock (RTC), Secure Digital Card (SD Card), dan Liquid Crystal Display (LCD). Pengujian dilakukan dengan membandingkannya dengan alat standar yaitu AWS (Automatic Weather Station) milik Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Pontianak-Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat mengukur 8 kecepatan angin secara real time setiap 1 menit dengan error rata-rata sebesar 3,6%. Hal ini akan menjadi masalah yang serius dalam menyediakan energi yang cukup untuk seluruh masyarakat yang ada. Salah satu upaya untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan energi alternative^[8].

2.2. Dasar Teori

2.2.1 Energi Angin

Pengembangan energi alternatif baru dan terbarukan sedang digalakkan melalui kebijakan pemerintah untuk mendorong dan

menfasilitasi pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan misalnya hydro, matahari, panas bumi, biomassa dan juga angin. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dimana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat di terapkan di laut. Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah dengan menggunakan kincir angin untuk mengkonversi energi angin menjadi energi kinetik, lalu kemudian menjadi energi listrik. Energi kinetik dari angin dapat masuk ke dalam turbin sehingga kincir angin mampu berputar. Hal ini menggerakkan generator untuk membangkitkan energi listrik^[9].

Daya turbin angin bergantung pada beberapa faktor seperti volum, densitas, serta kecepatan angin, cara kerja kincir angin pada gambar 3 dapat diuraikan sebagai berikut. Angin memutar baling-baling yang digunakan untuk menangkap energi kinetik dari angin, selanjutnya energi ini dikonversi menjadi energi untuk memutar rotor. Jumlah baling- baling pada kincir angin umumnya adalah tiga, namun bisa juga lebih. Unit gearbox yang menjadi transmisi untuk turbin angin berfungsi untuk menyalurkan daya dari rotor menuju generator, dengan cara membuat putaran menjadi lebih cepat^[10].

Salah satu pemanfaatan energi angin adalah dengan menggunakan turbin angin sebagai komponen utama. Turbin angin berfungsi mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik dengan bantuan Motor DC ataupun generator. Turbin angin yang paling banyak digunakan adalah turbin angin dengan sumbu horizontal, dimana dalam penggunaannya Harus dengan aliran angin yang berkecepatan tinggi dan arah angin yang sesuai dengan arah turbin. Jumlah bilah sangat berpengaruh karena semakin banyak bilah juga semakin banyak angin yang diperoleh, tapi semua ada baik dan buruknya tinggal kita menyesuaikan tempatnya^[11].

Sumber daya energi angin di Indonesia terbilang cukup besar sehingga memungkinkan untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Berdasarkan hasil penelitian Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), diperoleh hasil bahwa ada 35 titik lokasi di Indonesia memiliki kecepatan angin lebih dari 5 m/s pada ketinggian 50 meter. Terbaik diantaranya yaitu daerah Nusa Tenggara Barat , Nusa Tenggara Timur, pantai selatan Jawa dan pantai selatan Sulawesi. Masing-masing daerah memiliki kondisi angin yang berbeda-beda karena dipengaruhi dataran tinggi maupun rendah ^[12].

2.2.2 Turbin Sumbu Angin

Turbin angin merupakan alat konversi energi angin menjadi energi mekanik. Energi angina ini sendiri merupakan hasil dari setengah kali massa jenis udara dengan luas penampang cakupan dari turbin angin dan pangkat tiga dari kecepatan anginnya. Jadi, sedikit saja selisih kecepatan anginnya, maka perbedaan energi yang dihasilkannya dapat berkali lipat besarnya. Turbin angin dapat dibedakan berdasarkan arah sumbu rotasi rotor yaitu turbin angin sumbu vertikal (TASV), turbin angin sumbu horizontal (TASH)^[13].

1. Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

Turbin angin jenis horizontal memiliki konsep seperti propeller, dimana Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) rotornya berotasi terhadap sumbu horizontal dan hampir sejajar dengan aliran angin. Keunggulan dari turbin jenis ini adalah memiliki nilai koefisien daya yang relatif tinggi, kecepatan rotor dan daya output dapat dikontrol dengan mengontrol pitch pada bilah rotor^[14]. Pada umumnya bentuk turbin angin yang banyak digunakan adalah turbin angin sumbu horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine-HAWT*) dan Turbin angin sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine -VAWT*) Pengembangan turbin angin poros horizontal telah dilakukan banyak penelitian untuk menghasilkan sistem yang mampu bekerja secara optimal. Dimana turbin ini dapat ditingkatkan efisiensinya untuk mendapat koefisien daya yang maksimal. Salah satunya dengan menggunakan sudu berjumlah banyak. Koefisien daya yang maksimal ini akan meningkatkan jumlah Watt (daya) yang dihasilkan sehingga untuk mendapatkan jumlah watt tertentu cukup dengan menggunakan jumlah turbin angin yang lebih sedikit^[15].

2. Turbin Angin Sumbu Vertical (TASV)

Turbin angin vertikal memiliki shaft rotor vertikal. Kegunaan utama dari penempatan rotor ini adalah turbin angin tidak perlu diarahkan ke arah angin bertiup. Hal ini sangat berguna pada daerah dimana arah angin sangat variatif atau memiliki turbulensi. Dengan sumbu vertikal, generator dan komponen primer lainnya dapat ditempatkan dekat dengan permukaan tanah, sehingga tower tidak perlu support dan hal ini menyebabkan maintenance lebih mudah. Kekurangan utama dari turbin angin vertikal adalah menciptakan dorongan saat berputar. Sangat sulit untuk memasang turbin angin

di tower, sehingga jenis tower ini biasanya di install dekat dengan permukaan. Kecepatan angin lebih lambat pada altitude yang rendah, sehingga energi angin yang tersedia lebih rendah^[16] .

2.2.3 Tegangan

Tegangan yang diukur pada alat monitoring kinerja turbin angin adalah tegangan DC. Tegangan DC adalah tegangan arus searah. Tegangan arus searah adalah adalah arus listrik yang mengalir pada suatu hantaran yang tegangannya berpotensi tetap dan tidak berubah-ubah. Listrik DC adalah listrik yang original, artinya listrik dasar yang dapat dihasilkan dari sumber-sumber susunan material alam. Tegangan DC arus listrik ini bergerak dari kutub positif ke kutub negative dan polaritas arus ini selalu tetap. Sumber arus searah misalnya aki, baterai, beberapa jenis elemen dan generator searah. Tegangan DC sumber arus ini biasanya ditandai adanya kutub positif dan kutub negatif.

2.2.4 Arus

Arus listrik merupakan aliran dari muatan listrik dari suatu titik ke titik yang lain. Arus listrik terjadi karena adanya media penghantar antara dua titik yang mempunyai beda potensial. Semakin besar beda potensial dua titik tersebut maka semakin besar pula arus listrik yang mengalir. Dari aliran arus listrik inilah diperoleh tenaga listrik yang disebut dengan daya. Satuan kuat listrik dinyatakan dalam Ampere atau disingkat dengan huruf A besar.

2.2.5 Daya

Daya listrik dapat didefinisikan sebagai energi listrik yang digunakan dalam satu satuan waktu. Daya listrik dinotasikan dengan huruf kapital P. Maka persamaan rumus daya listrik dapat dituliskan sebagai berikut^[17].

$$P = V \times I$$

Keterangan

P : Daya keluaran Turbin Angin (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

2.2.6 Monitoring

Monitoring adalah proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif program. Memantau perubahan yang fokus pada proses dan keluaran. Monitoring akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang disediakan berulang kali dari waktu ke waktu, pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa proses terhadap suatu objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan. Secara umum monitoring bertujuan mendapatkan umpan balik bagi kebutuhan program proses pembelajaran yang sedang berjalan, dengan mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan pada generator, genset, dan beban^[18].

2.2.7 Aplikasi Blynk

Blynk adalah aplikasi untuk iOS dan OS Android untuk mengontrol Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi dan sejenisnya melalui Internet. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat hardware, menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi, dan lain-lain. Aplikasi Blynk memiliki 3 komponen utama. Yaitu Aplikasi, Server, dan Libraries. Blynk server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara smartphone dan hardware. Widget yang tersedia pada Blynk diantaranya adalah Button, Value Display, History Graph, Twitter, dan Email. Blynk tidak terikat dengan beberapa jenis microcontroller namun harus didukung hardware yang dipilih. NodeMCU dikontrol dengan Internet melalui WiFi, chip ESP8266, Blynk akan dibuat online dan siap untuk Internet of Things.

2.3. Komponen Mekanik Dan Elektrikal PLTB

2.3.1 PZEM-004T

PZEM-016 adalah perangkat akuisisi energi AC yang mengukur tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Datanya dapat dibaca melalui software RS485 dan aplikasi sensor ini digunakan untuk genset dan beban^[19]. Gambar PZEM 004 diperlihatkan pada gambar 2.1 dibawah ini



Gambar 2. 1 PZEM 004

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor PZEM 004

Module PZEM-004T 3.0		Spesifikasi
Voltage	Rentang pengukuran	80-260v
	Resolusi	0,1V
	Akurasi pengukuran	0,5%
Saat ini	Rentang pengukuran	0-10A
	Resolusi	0,001A
	Akurasi pengukuran	0,5%
Daya aktif	Rentang pengukuran	0-2.3kW
	Resolusi	0,1 W
	Akurasi pengukuran	0,5%
Faktor daya	Rentang pengukuran	0,00-1.00
	Resolusi	0,01
	Akurasi pengukuran	1%
Frekuensi	Rentang pengukuran	45Hz-65Hz
	Resolusi	0,1Hz
	Akurasi pengukuran	0,5%
Energi aktif	Rentang pengukuran	9999.99kWh
	resolusi	1Wh
	Akurasi pengukuran	0,5%
Current	Rentang Pengukuran	0-100A
	Resolusi	0.001A
	Akurasi Pengukuran	0.5%

Power Akif	Rentang Pengukuran	3kW(PZEM-004T-10A);0-23kw(PZEM-004T-100A)
	Resolusi	0.1W
	Akurasi Pengukuran	0.5%

2.3.2 Genset Mini Portable Generator Listrik 750 watt

Secara umum generator adalah sebuah mesin yang dapat mengubah energy gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik). Biasanya generator disebut juga “genset” yang berarti generator set. Generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu engine dan generator atau alternator engine sebagai perangkat pemutar, sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik. Genset dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Genset Mini Portable Generator Listrik 750W (watt)

Tabel 2. 2 Spesifikasi Genset Mini Portable Generator Listrik 750W (watt) Yamamax 1200

Genset Mini Portable Generator Listrik 750watt Yamamax 1200	Spesifikasi
Merk	Yamamax pro875
Daya output	750 VA
Voltase	AC 220 V & DC 12 Volt
Tipe Mesin	2-Stroke
Sistem Starter	Tarik/Recoil
Kapasitas Tangki	5 L

Bahan Bakar	2 Tak (bensin campur oli sedikit) 50 liter
Bensin	1 L

MODEL	RATED OUTPUT
YAMAMAX PRO 1200	0,8 KVA
RATEDVOLTAGE	220V
N.W	22 KG
G.W	24 KG
FREQUENCY	50 Hz

2.3.3 NodemCu V3 ESP8266

Modul ESP8266 adalah firmwarei nteraktif berbasis LUA Espressif ESP8622 wifi SoC. NodeMCU selain dapat diprogram menggunakan bahasa LUA dapat juga diprogram menggunakan bahasa C menggunakan Arduino IDE Modul ESP8266 merupakan mikrokontroler yang mempunyai fasilitas koneksi wifi. Karena mikrokontroler modul ESP8266 ini mempunyai prosessor dan memory yang dapat diintegrasikan dengan sensor dan actuator melalui pin GPIO^[20]. Gambar NodeMcu V3 dapat diperlihatkan pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 3 NodemCu V3 ESP8266

Tabel 2. 3 Spesifikasi NodemCu V3 ESP8266

NodemCu V3 ESP8266	Spesifikasi
Mikrokontroler	Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
Tegangan Operasi	3.3V
Tegangan Masukan	7-12V
Pin Digital I/O (DIO)	16

Pin Analog Input (ADC)	1
Flash Memory	4 MB
SRAM	64 KB
Clock Speed	80 MH

2.3.4 Inverter

Rangkaian Inverter adalah sebuah rangkaian yang dipakai untuk mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC). Karena fungsinya ini, inverter bisa jadi solusi ketika kamu ingin mengalirkan daya ke alat-alat elektronik yang memakai listrik AC dengan menggunakan baterai DC. Inverter dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Inverter

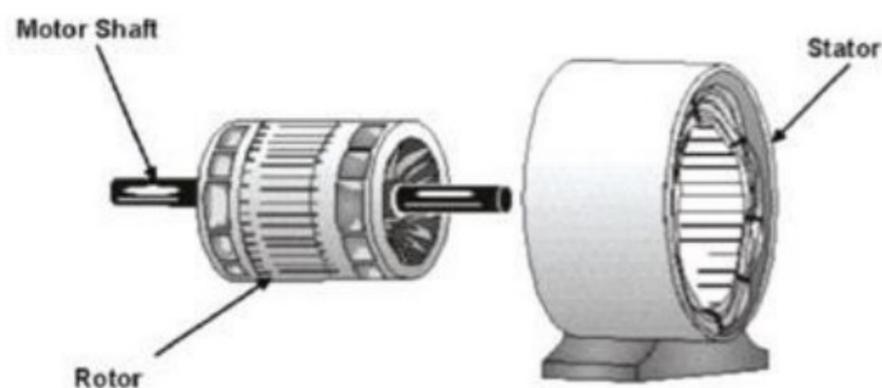
Tabel 2. 4 Spesifikasi Inverter 500 watt

Spesifikasi	Keterangan
Input DC	12 V
Output AC	220 V
Frekuensi	50 Hz
Daya	500 W

2.3.5 Generator

Generator (dinamo) adalah alat untuk mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator yaitu kumparan diputar dalam medan magnet sehingga fluks magnetnya berubah-ubah dan menimbulkan (GGL) induksi. Generator listrik menerima energi dalam bentuk usaha dan menyalurkannya keluar melalui transmisi listrik. Dalam bentuknya yang paling sederhana, generator terdiri atas sebuah loop kawat yang dirotasikan oleh suatu

cara eksternal dalam sebuah medan magnet. Contohnya pada pembangkit listrik tenaga air, air terjun diarahkan pada ujung turbin untuk menghasilkan gerak rotasi. Generator adalah suatu perangkat mesin yang menghasilkan energi listrik dari sumber energi mekanik atau gerak melalui proses induksi elektromagnetik. Generator memperoleh energi mekanis dari *prime mover* atau penggerak mula. Energi mekanis dapat berasal dari tenaga panas, tenaga potensial air, motor diesel, motor bensin bahkan ada yang yang berasal dari motor listrik^[21]. Generator bisa dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini



Gambar 2. 5 Generator

2.3.6 Sensor INA219

INA219 merupakan modul sensor yang dapat memonitoring tegangan dan arus pada suatu rangkaian listrik. INA219 didukung dengan interface I2C atau SMBUS-COMPATIBLE dimana peralatan ini mampu memonitoring tegangan shunt dan suplai tegangan bus, dengan konversi program times dan filtering. INA219 dengan prinsip kerja perhitungan kuat arus pada medan elektromagnetik dengan nilai pengukuran maksimum 30 A dan menghitung tegangan dengan nilai perbandingan resistor dengan nilai maksimum pengukuran 25V. INA 219 memiliki sebuah amplifier input maksimum adalah $\pm 320\text{mV}$ ini berarti dapat mengukur arus hingga $\pm 3,2\text{A}$. Dengan internal data 12 bit ADC, resolusi pada kisaran 3.2A adalah 0,8 mA. Dengan gain internal yang ditetapkan pada minimum div8, maks saat ini adalah $\pm 400\text{mA}$ dan resolusi 0,1 mA. INA 219 mengidentifikasi tegangan shunt pada bus 0 – 26 V^[22]. Sensor INA219 bisa dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2. 6 Sensor INA219

Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor INA219

INA219	Spesifikasi
Common-mode voltage (max) (V)	26
Common-mode voltage (min) (V)	0
Input offset (\pm) (max) (μV)	50, 100
Input offset drift (\pm) (max) ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	0.5
Input offset drift (\pm) (typ) ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	0.1
Voltage off driff	0.1
Voltage gain (V/V)	0.125, 0.25, 0.5, 1
CMRR (min) (dB)	100
Bandwidth (kHz)	5.5
Supply voltage (max) (V)	5.5
Supply voltage (min) (V)	3
Iq (max) (mA)	1
Digital interface	I2C, SMBus

2.3.7 Aki

Aki yang disebut juga accumulator adalah komponen penyimpan arus listrik yang biasa digunakan untuk menyalakan sebuah rangkaian kelistrikan ditempat dimana tidak ada sumber listrik. Pada penelitian ini digunakan untuk menyimpan daya dari genset dan generator. Aki bisa dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2. 7 Aki

Tabel 2. 6 Spesifikasi Aki

Spesifikasi	Keterangan
Merk	YTZ7S
Arus	6 A
Tegangan	12 V

2.3.8 Konverter

Converter adalah sebuah Listrik atau perangkat elektromekanis untuk konversi energi listrik. Seperti transformator mengubah tegangan dari AC listrik. Istilah lain juga bisa merujuk seperti mesin Listrik yang digunakan mengkonversi salah satu frekuensi dari arus bolak-balik frekuensi menjadi lain. Gambar konverter bisa dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2. 8 Gambar Konverter

Tabel 2. 7 Spesifikasi Konverter

Spesifikasi	Keterangan
Input Voltage	AC-220V

Output Voltage	DC-12V
Output Current	2 A
Charger	12 V

2.3.9 Turbin Angin

Turbin angin adalah sebuah alat yang dapat mengkonversikan energi kinetik angin menjadi energi listrik atau energi mekanik. Angin digunakan untuk memutar blade yang mana ketika berputar akan menghasilkan energi. Turbin angin dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2. 9 Turbin Angin

Tabel 2. 8 Spesifikasi turbin angin

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah bilah	3
Bahan bilah	Pipa 3 Inc

2.3.10 Lampu LED Philips 9 Watt

Lampu adalah suatu perangkat yang dapat menghasilkan cahaya saat dialiri arus listrik. Lampu LED Phillips 9 watt dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2. 10 Lampu LED Philips

Tabel 2. 9 Spesifikasi lampu 9 Watt

Lampu LED Phillips 9 Watt	Spesifikasi
Daya	9 Watt
Voltase	220-240 Volt

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan