

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis memiliki beberapa referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya sesuai dengan latar belakang. Berikut penelitian yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Ervan Pratama dan Richa Watiasih yang berjudul “Perbandingan Perolehan Daya Solar Panel *Monocrystalline* Terhadap Solar Panel *Polycrystalline*” [4]. Pada penelitian ini data pengukuran daya yang dihasilkan oleh solar panel *monocrystalline* dan *polycrystalline* disimpan di dalam sebuah micro SD. Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa solar panel *monocrystalline* dapat menghasilkan daya maksimum 9,18% lebih besar dibandingkan dengan solar panel *polycrystalline*.

Mukhamad Khumaidi melakukan penelitian mengenai “Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik yang Dihasilkan Panel Surya” [5]. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut, yaitu mengukur intensitas matahari dengan menggunakan alat Lux Meter dan sensor arus untuk memantau arus listrik yang dihasilkan solar panel. Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin besar nilai intensitas cahaya yang diterima oleh solar panel maka semakin besar juga nilai arus dan tegangan yang dapat dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Indah Susanti, Rumiasih, Carlos RS, dan Anton Firmansyah dengan judul “Analisa Penentuan Kapasitas Baterai dan Pengisiannya Pada Mobil Listrik” [6]. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan mengenai besarnya kapasitas baterai yang akan digunakan serta mengetahui proses pengisiannya kembali (*charge*). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa lamanya waktu pengisian suatu baterai bergantung terhadap besar arus yang akan menjadi sumber energinya.

2.2 Energi Matahari

Energi matahari merupakan sumber energi alternatif yang memancarkan energinya dalam bentuk radiasi. Radiasi matahari yang mengenai permukaan bumi dalam satuan luas dan waktu disebut dengan *incoming solar radiation* (*insolation*) atau radiasi global yang dinyatakan dalam satuan Watt/m^2 . Insolasi tersebut diukur pada area tertentu dan selama periode tertentu. Nilai rata-rata insolasi di negara Indonesia sendiri sekitar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ atau sebesar 112.000 GWp. Nilai insolasi ini akan sangat berpengaruh terhadap nilai arus yang dihasilkan sedangkan pada nilai tegangan yang dihasilkan tidak terlalu berpengaruh. Namun tidak semua energi ini mencapai permukaan bumi, sebagian dari energi tersebut akan diserap dan dipantulkan kembali. Energi maksimum yang dapat diterima oleh permukaan bumi hanya sekitar 1000 Watt/m^2 dimana 30% dari energi tersebut akan dipantulkan kembali, 47% menjadi energi panas, dan sisanya digunakan untuk kebutuhan kerja makhluk hidup [7].

Energi matahari yang dihasilkan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, dimana hubungan antara keduanya berbanding lurus. Semakin besar nilai intensitas cahaya matahari yang diterima sistem maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan sistem [5]. Namun energi matahari yang dapat diubah menjadi daya listrik tidak berasal dari cahaya matahari, melainkan dari radiasi matahari yang dipancarkan. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui besar radiasi matahari, yaitu sebagai berikut:

$$I_r = \text{Lux} * 0,0079 \quad (2.1)$$

dengan I_r merupakan intensitas radiasi dalam satuan W/m^2 , Lux merupakan nilai dari intensitas cahaya matahari, dan 0,0079 merupakan konversi satuan per-Lux [8].

2.3 Solar Panel

Solar panel merupakan sebuah semikonduktor yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik dimana energi yang dihasilkan berupa arus

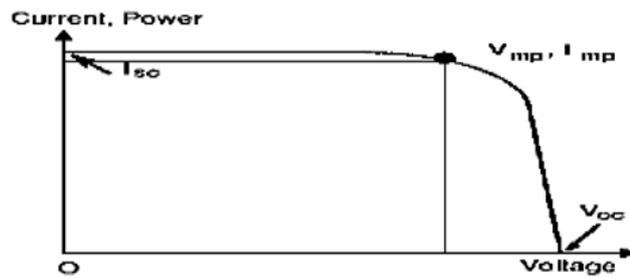
searah atau *direct current* (DC) yang nantinya akan disimpan di dalam baterai. Prinsip kerja dari solar panel itu sendiri, yaitu pada saat cahaya matahari mengenai *cell-cell* yang terdapat didalam solar panel, atom silikon akan melepaskan elektron sehingga membentuk sebuah sirkuit listrik yang menghasilkan energi listrik [9].

Energi listrik yang dihasilkan oleh solar panel dipengaruhi oleh kondisi cuaca disekitarnya. Pada saat cuaca panas, intensitas cahaya matahari sangat tinggi yang mengakibatkan radiasi matahari juga tinggi sehingga solar panel dapat menghasilkan energi maksimum. Pada saat cuaca berawan, radiasi matahari terperangkap oleh awan sehingga energi yang dihasilkan solar panel tidak maksimum. Pada saat cuaca hujan, intensitas cahaya matahari sangat rendah yang mengakibatkan radiasi matahari juga rendah sehingga energi yang dihasilkan solar panel sangat minimum [10].

Kondisi cuaca memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap energi matahari yang diterima *cell*, sehingga pada penelitian ini solar panel yang digunakan, yaitu jenis *monocrystalline*. Solar panel jenis ini dipilih karena memiliki tingkat efisiensi paling tinggi dibandingkan jenis solar panel yang lainnya, yaitu sekitar 15% - 20% [11]. Berikut persamaan yang digunakan untuk mengetahui tingkat efisiensi dari solar panel yang digunakan.

$$\eta_p = \frac{P_{\max}}{I \times A} \times 100 \quad (2.2)$$

Dengan η_p merupakan nilai efisiensi dari solar panel, P_{\max} merupakan daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh solar panel (W), I merupakan insolasi matahari (W/m^2), dan A merupakan luas permukaan solar panel (m^2). Karakteristik output dari solar panel dapat dilihat pada kurva I-V dimana dalam kurva tersebut terdapat *maximum power point*, *open circuit voltage*, dan *short circuit current*.



Gambar 2.1 Kurva I-V

1) Maximum Power Point (V_{mp} dan I_{mp})

Pada kurva I-V, maximum power point merupakan titik yang menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan oleh solar panel. Maximum power point solar panel dapat diukur pada saat radiasi matahari sebesar 1000 watt/m^2 . Pada kurva tersebut, nilai V_{mp} sebesar 17V dan I_{mp} sebesar $2,5\text{A}$.

2) Open Circuit Voltage (V_{oc})

Kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai solar panel saat tidak ada arus sehingga daya pada saat V_{oc} sebesar 0 watt . Persamaan yang digunakan untuk menghitung V_{oc} sebagai berikut:

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_{sc}}{I_s} + 1 \right) \quad (2.3)$$

dengan k merupakan konstanta boltzmann, yaitu $1,30 \times 10^{-16} \text{erg}$, q merupakan konstanta muatan elektron, yaitu $1,602 \times 10^{-19} \text{C}$, T merupakan suhu dalam satuan kelvin, dan I_s merupakan arus saturasi.

3) Short Circuit Current (I_{sc})

Keluaran arus maksimum dari solar panel yang dapat dikeluarkan pada saat di bawah kondisi tidak ada hambatan sehingga daya pada I_{sc} sebesar 0 watt . Persamaan yang digunakan untuk menghitung I_{sc} sebagai berikut:

$$I_{sc} = qG (L_n + L_p) \quad (2.4)$$

dengan G merupakan tingkat generasi, L_n merupakan panjang difusi elektron, dan L_p merupakan panjang difusi *hole* [12].

2.4 Solar Charge Controller

Solar charge controller merupakan alat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus DC yang masuk ke dalam baterai dari suatu modul (seperti solar panel). Tegangan maksimum solar panel yang digunakan pada penelitian ini sebesar 17V dengan tegangan maksimum baterai sebesar 12V, sehingga apabila tidak menggunakan *solar charge controller* akan terjadi *overcharge* yang dapat memperpendek umur baterai. Selain itu, berikut beberapa fungsi yang dimiliki *solar charge controller* [13].

- 1) Menyediakan koneksi dari beban, modul, dan baterai
- 2) Mengontrol sistem sehingga pengisian baterai berjalan dengan optimal; Memastikan komponen seperti baterai dan beban terjaga dari *deep discharge* dan perubahan tegangan
- 3) Memudahkan dalam pemantauan sistem dan mengidentifikasi kesalahan pada sistem.

Prinsip kerja dari *solar charge controller* itu sendiri, yaitu pada saat baterai telah terisi penuh, maka arus listrik yang masuk ke dalam baterai akan dihentikan. Selain itu, pada saat tegangan baterai tersisa 10%, maka *solar charge controller* akan memutus arus yang masuk kedalam beban sehingga dapat menghindari kerusakan pada baterai [14]. Efisiensi dari *solar charge controller* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$\eta_p = \frac{\text{Daya output}}{\text{Daya input}} \times 100\% \quad (2.5)$$

Pada umumnya terdapat dua teknologi yang sering digunakan, yaitu.

- 1) *Pulse-Width Modulation* (PWM)

Solar charge controller PWM merupakan sebuah pengontrol daya *input* baterai agar pengisian baterai bertegangan konstan dan memungkinkan *input* daya minimum pada saat baterai hampir penuh. PWM mengirimkan *pulse* sesuai dengan status dari pengisian baterai. Pada saat baterai dalam kondisi baru melakukan pengisian sehingga PWM akan mengirimkan *wide pulse*, sedangkan pada saat baterai terisi penuh sehingga PWM akan mengirimkan *narrow pulse* [15].

2) *Maximum Power Point Trackers (MPPT)*

Solar charge controller MPPT merupakan perangkat elektronik yang dapat menghasilkan daya *input* maksimum baterai dengan cara mendeteksi radiasi matahari maksimum yang masuk ke dalam modul solar panel. MPPT memanfaatkan elektronik konversi DC ke DC untuk melacak titik daya maksimum solar panel. Pengontrol MPPT akan menjaga tegangan muatan pada daya maksimum ketika sedang melakukan pengisian baterai sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari solar panel hingga 20%. Pada umumnya, MPPT digunakan pada sistem dengan skala besar dimana hasil yang di dapat akan maksimal sehingga menghasilkan keuntungan biaya yang signifikan [16].

Pada penelitian ini, teknologi *solar charge controller* yang digunakan, yaitu PWM (Gambar 2.2) dimana sangat cocok untuk digunakan pada sistem skala kecil, seperti solar panel dengan kapasitas 50Wp. *Maximum charge* pada *controller* ini sebesar 20A dengan dimensi sebesar 113,5 x 70 x 35 mm.



Gambar 2.2 *Solar Charge Controller*

2.5 **Baterai Aki**

Baterai aki digunakan untuk menyimpan dan mengeluarkan energi listrik yang berasal dari proses pengisian melalui sebuah proses kimia, dimana energi listrik ini akan disalurkan ke komponen kelistrikan yang terdapat pada suatu sistem. Terdapat dua jenis baterai aki yang sering digunakan, yaitu baterai aki basah dan kering. Baterai aki basah berisi cairan asam belerang yang dapat diisi ulang sedangkan pada baterai aki kering berisi cairan elektrolit berupa gel. Kemasan pada baterai aki kering tertutup rapat berbeda dengan baterai aki basah

sehingga tidak dapat dilakukan pengisian ulang. Namun apabila terjadi pengupuan pada aki kering maka akan diserap oleh jaring (*net*) sehingga tidak terjadi pengurangan jumlah elektrolit [6].

Pada umumnya, terdapat dua proses kerja dalam baterai, yaitu proses pengisian dan pemakaian baterai. Pada proses pengisian baterai, energi listrik akan diubah menjadi energi kimia. Sebaliknya, pada proses pemakaian baterai energi kimia tersebut akan diubah kembali menjadi energi listrik [3]. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung lama pengisian baterai yang dapat dilihat pada Persamaan 2.6 dan waktu pemakaian baterai yang dapat dilihat pada Persamaan 2.7 sebagai berikut [6]:

$$\text{Lama pengisian baterai (h)} = \frac{\text{Kapasitas baterai (Ah)}}{\text{Arus charging (A)}} \quad (2.6)$$

$$\text{Waktu Pemakaian Baterai} = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Kerja Motor}} \quad (2.7)$$

Hasil dari Persamaan 2.6 tersebut dikurang dengan dieffisiensi baterai dimana merupakan kapasitas baterai yang harus tersisa sebesar 20%. Pada penelitian ini jenis baterai aki yang digunakan, yaitu baterai aki kering dimana baterai aki jenis ini tidak memerlukan perawatan seperti baterai aki basah, sehingga memudahkan pengguna dalam menggunakan produk. Baterai aki yang digunakan, yaitu baterai aki 12V/7Ah (Gambar 2.3) sebanyak dua buah yang akan dipasang secara paralel untuk memperbesar arus baterai.



Gambar 2.3 Baterai aki 12V/7Ah