

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk membantu pengembangan tugas akhir ini dilakukan tinjauan terhadap penelitian-penelitian yang memiliki kaitan tentang topik yang dibahas pada tugas akhir ini. Tabel 2.1 merupakan tinjauan pustaka dari penelitian yang membahas tentang metode pembersihan panel surya. Tabel 2.2 merupakan tinjauan pustaka dari penelitian yang membahas tentang metode peningkatan efisiensi dari panel surya, dan tabel 2.3 merupakan tinjauan pustaka dari penelitian yang membahas tentang penggunaan sensor pada panel surya.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka Penelitian Pembersih Panel Surya

Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Keterangan
Muhammad Rizal Wira Kusuma, Esa Apriakar, Djuniadi. (2020) [7]	Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan <i>Wiper</i> Berbasis Mikrokontroler	Merancang sistem pembersihan panel surya otomatis dengan menggunakan <i>wiper</i> dan mikro kendali	Pembuatan prototipe alat pembersih, pengukuran secara langsung, perbandingan efisiensi panel surya terhadap kadar debu dan waktu	Sistem pembersih otomatis yang digunakan memiliki rangka yang tidak pasti dan pergerakan dari alat pembersih hanya terbatas pada satu panel surya saja. Dengan hasil meningkatkan tegangan yang dihasilkan sebesar 73 %
J. Purba, A. S. Uyun, D. Sugiyanto, and M. I. Ramdhan. (2022) [8]	Perancangan Prototipe Alat Pembersih Panel Surya dengan Sistem Gerak Otomasi	Merancang pembersih panel surya dengan menggunakan sistem gerak otomasi	Penentuan kebutuhan alat pembersih panel surya	Hasil rancangan prototipe alat pembersih panel surya masih memerlukan kendali manual untuk menekan sensor yang ada, sehingga masih belum bisa dijalankan secara otomatis
Wibowo, E. P., Notosudjono, D. and Fiddiansyah, D. B. (2018) [9]	Rancang Bangun Alat Pembersih Debu Panel Surya ( <i>Solar Cell</i> ) Secara Otomatis	Merancang dan menguji alat pembersih debu panel surya secara otomatis	Pengujian panel surya yang bersih, terkena debu, dan setelah dibersihkan	Hasil performa panel surya yang didapatkan tidak berbeda jauh pada ketiga situasi. Kemungkinan dikarenakan ukuran panel surya yang digunakan sebagai uji coba terlalu kecil, sehingga tidak memiliki dampak yang signifikan
Li, D., King, M., Dooner, M., Guo,	<i>Study on the cleaning and cooling of</i>	Mempelajari efek dari membersihkan	Pembuatan prototype, pengujian secara	Penggunaan udara bertekanan tinggi untuk membersihkan panel surya dapat

S., & Wang, J. (2021) [10]	<i>solar photovoltaic panels using compressed airflow</i>	dan mendinginkan panel surya dengan menggunakan air bertekanan tinggi	langsung, dan Analisa hasil dari pengujian	meningkatkan performa dari panel surya namun konsumsi energi yang digunakan untuk menghasilkan udara bertekanan tinggi lebih besar daripada jumlah energi yang dihasilkan panel surya.
----------------------------	---	---	--	--

Tabel 2.2 Tinjauan Pustaka Penelitian Peningkatan Efisiensi Panel Surya

Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Keterangan
R. Salehi, A. Jahanbakhshi, M. Reza Golzarian, and M. Khojastehpour. (2021) [11]	<i>Evaluation of solar panel cooling systems using anodized heat sink equipped with thermoelectric module through the parameters of temperature, power and efficiency</i>	Menganalisa metode mendinginkan panel surya dengan menggunakan <i>heat sink</i> yang dilengkapi modul <i>thermoelectric</i> , dengan meninjau pemakaian tenaga, suhu, dan efisiensinya	Membandingkan hasil pendinginan panel surya yang menggunakan <i>heat sink</i> saja dan pendinginan yang menggunakan <i>heat sink</i> dan modul <i>thermoelectric</i> , dengan memperhatikan suhu, pemakaian tenaga, dan efisiensi dari panel surya	Penggunaan modul <i>thermoelectric</i> untuk membantu <i>heat sink</i> mendinginkan panel surya dapat meningkatkan performa panel surya sebanyak 10,50%, dan menurunkan suhu pada panel surya dengan rata-rata 10,04 °C. Yang berarti modul <i>thermoelectric</i> memiliki dampak positif untuk mengurangi suhu pada panel surya dan meningkatkan efisiensi dari panel surya
Laseinde, O. T., & Ramere, M. D. (2021) [12]	<i>Efficiency Improvement in Polycrystalline Solar Panel using Thermal Control Water Spraying Cooling</i>	Meningkatkan efisiensi panel surya <i>polycrystalline</i>	Pembuatan sistem pendingin panel surya dengan menggunakan penyemprot air yang dikendalikan, pengujian sistem, serta Analisa data	Terdapat kenaikan efisiensi sebesar 16,65 %. Perlu diperhatikan untuk menjaga suhu pada panel surya agar tidak melebihi suhu operasional pada panel surya.
Ephraim Bonah Agyekum, Seepana PraveenKumar, Naseer T. Alwan, Vladimir Ivanovich Velkin, Sergey E. Schlekein. (2021) [6]	<i>Effect of Dual Surface Cooling of Solar Photovoltaic Panel on the Efficiency of the Module: Experimental Investigation</i>	Meningkatkan dan menjaga efisiensi panel surya dengan melakukan pendinginan pada kedua permukaan panel surya (depan dan belakang)	Pembuatan prototipe <i>dual surface cooling solar photovoltaic panel</i> , pengukuran secara langsung, dan perbandingan efisiensi panel surya terhadap suhu panel surya	Pendinginan yang dilakukan menurunkan suhu pada panel surya sebanyak kurang lebihnya 23,55° C, dan meningkatkan efisiensi dari panel surya sebanyak 30,3 %. Serat kapas yang digunakan dikhawatirkan tidak dapat bertahan lama

Dari jurnal-jurnal artikel pada tabel 2.1, dan tabel 2.2 pada tugas akhir ini, metode pembersihan yang digunakan mengembangkan alat pembersih panel surya yang dikembangkan dengan cara membuatnya dapat berjalan secara otomatis dengan menggunakan bantuan mikrokontroler Arduino. Pembersihan dilakukan dengan menyemprotkan air melalui *sprinkler* dan tidak melalui *sprinkler* pada panel surya secara otomatis menggunakan pompa air, yang kemudian dibersihkan kembali menggunakan alat pembersih tambahan dengan menggunakan *wiper*.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1. *Standard Test Condition* Panel Surya

Spesifikasi panel surya yang berada di belakang panel surya merupakan hasil dari pengujian yang dilakukan sesuai dengan *Standard Test Condition* (STC). STC merupakan kondisi pengujian panel surya yang dilakukan pada saat nilai *Irradiance* sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$ , temperatur panel dan sel surya senilai  $25^\circ\text{C}$ , dan pada *Air Mass* sebesar 1,5 [13]. STC tersebut bukan merupakan kondisi nyata seperti pada saat panel surya diletakkan menghadap sinar matahari secara langsung, namun merupakan kondisi pada saat pengujian yang dilakukan di laboratorium. *Irradiance* pada STC merupakan daya per satuan luas yang diterima pada sebuah permukaan dari radiasi matahari yang datang dari berbagai arah dalam bentuk radiasi elektromagnetik [14].

Spesifikasi yang diujikan pada STC, digunakan sebagai patokan untuk mengukur berapa daya maksimal yang dapat dihasilkan panel surya, sehingga dapat dihitung jumlah panel surya yang dibutuhkan untuk mencukupi penggunaan energi listrik yang dibutuhkan.

Perhitungan daya sebenarnya yang dihasilkan oleh panel surya dihitung dengan mencari *Fill Factor* terlebih dahulu. *Fill Factor* merupakan perbandingan antara daya terbesar yang dapat dihasilkan panel surya dengan daya maksimal yang dapat dihasilkan panel surya saat tidak ada beban. *Fill Factor* digunakan untuk menghitung daya yang dihasilkan panel surya dengan menghitung  $V_{oc}$  dan  $I_{sc}$  yang dihasilkan panel surya.  $V_{oc}$  merupakan tegangan yang dihasilkan panel surya dengan kondisi sirkuit terbuka dan tidak ada beban

(load).  $V_{oc}$  dihitung dengan menggunakan multimeter atau voltmeter pada kabel positif dan kabel negatif pada *output* panel surya.  $I_{sc}$  merupakan arus yang keluar dari panel surya saat kabel positif dan negatif dihubungkan melalui multimeter yang dikonfigurasi untuk mengukur arus atau dengan menggunakan amperemeter. Hubungan antara *Fill Factor*, dengan daya terbesar yang dihasilkan pada panel surya dapat dilihat pada gambar 2.1, *Fill Factor* dihitung dengan menggunakan rumus (1) dan daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat dihitung dengan rumus (2):

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (1)$$

Keterangan:

$FF$  = *Fill Factor*

$V_{mp}$  = *Rated Voltage* (V)

$I_{mp}$  = *Rated Current* (A)

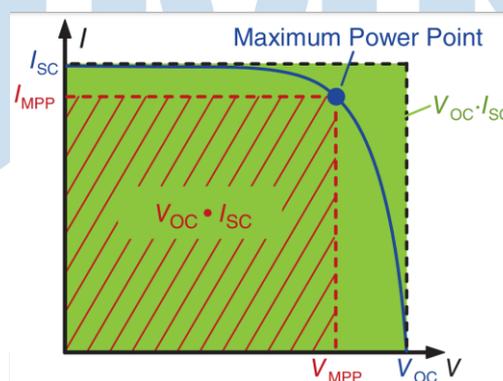
$V_{oc}$  = *Open Circuit Voltage* (V)

$I_{sc}$  = *Short Circuit Current* (A)

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (2)$$

Keterangan:

$P_{out}$  = Daya yang dihasilkan oleh panel surya

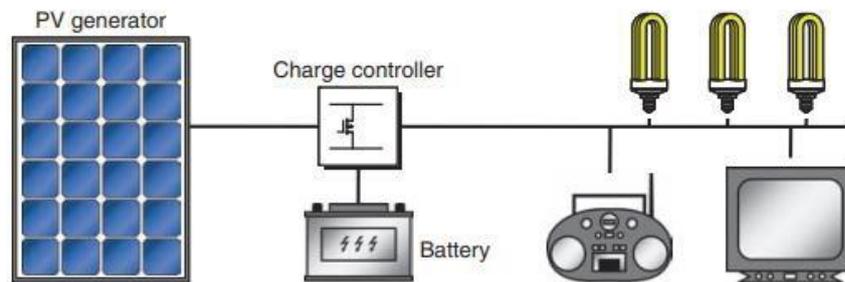


Gambar 2.1 Grafik Daya Maksimal dan Daya Sebenarnya yang Dihasilkan Panel Surya [13]

$V_{mp}/V_{mpp}$  dan  $I_{mp}/I_{mpp}$  merupakan tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya pada saat daya yang dihasilkan merupakan daya tertinggi.. Sesuai dengan hukum ohm, “Kuat arus yang mengalir dalam suatu penghantar atau hambatan besarnya sebanding dengan beda potensial atau tegangan antara ujung-ujung penghantar tersebut”, sehingga pada saat tidak ada hambatan yang digunakan nilai arus tertinggi didapatkan saat nilai tegangan nol, dan berlaku kebalikannya, nilai tegangan tertinggi didapatkan pada saat nilai arus nol.

### 2.2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat menjadi salah satu solusi bagi orang-orang yang tidak bisa mendapatkan akses listrik yang mudah. Namun harga pemasangan awal yang cukup mahal membuat hal ini sulit di implementasikan [15]. PLTS dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang kemudian distabilkan agar dapat digunakan pada perangkat elektronik. Rangkaian umum PLTS dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Rangkaian Umum PLTS [13]

PLTS terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

#### 1. Panel Surya

Panel surya merupakan kumpulan sel surya yang membentuk sebuah sistem fotovoltaik yang terdiri dari kumpulan komponen yang dapat melakukan efek fotovoltaik. Efek fotovoltaik terjadi saat radiasi dari matahari yang mengandung banyak foton memicu terjadinya pelepasan elektron pada

material sel surya melalui *p-n junction* yang dapat menghasilkan listrik [13]. Proses tersebut yang membuat sel surya dapat menghasilkan listrik. Pada umumnya, sebuah sel surya PV kecil dapat menghasilkan daya kurang lebih 1 sampai 2 W tergantung material yang digunakan. Untuk keluaran daya yang lebih besar sel surya PV dapat dihubungkan menjadi satu kesatuan untuk membentuk sebuah modul yang mempunyai daya yang tinggi. Saat ini, panel surya yang dijual di pasaran memiliki kapasitas daya maksimal PV mencapai 1kW [16]. Bentuk dari panel surya dapat dilihat pada gambar 2.3 yang merupakan panel surya dengan kapasitas daya maksimalnya 100 Wp.



Gambar 2.3 Panel Surya 100 Wp

## 2. Aki

Baterai *Lead Acid* atau sering disebut dengan istilah aki merupakan alat penyimpanan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Pada kutub positif-nya baterai lead acid menggunakan lempengan yang terbuat dari Timbal Oksida ( $PbO_2$ ), pada kutub negatifnya menggunakan lempengan yang terbuat dari timbal ( $Pb$ ) untuk larutan elektrolitnya menggunakan larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang berfungsi sebagai elektrolit

yang akan bereaksi dengan lempengan pada kutub positif dan negatif untuk menghasilkan energi listrik [17].

Aki yang cocok untuk digunakan pada panel surya merupakan *Flooded Lead Acid* (FLA), yang dapat dilihat pada gambar 2.4, dikarenakan FLA dapat menghasilkan arus listrik yang stabil dalam kurun waktu yang lama. Disebut sebagai *Flooded Lead Acid* atau aki basah dikarenakan setiap sel pada *Flooded Lead Acid* diperlukan dalam kondisi terendam secara sepenuhnya pada cairan elektrolit agar dapat berfungsi secara optimal [17].



Gambar 2.4 *Flooded Lead Acid*

### 3. *Solar Charge Controller*

*Solar Charge Controller* merupakan alat pengendali yang mengatur keluaran daya atau arus searah yang keluar dari panel surya ke baterai. *Solar Charge Controller* membuat keluaran arus searah dari panel surya sebagai tegangan masukan yang kemudian disamakan sesuai dengan tegangan arus searah yang dibutuhkan untuk mengisi baterai. Penstabilan keluaran arus searah untuk pengisian baterai merupakan hal yang dibutuhkan dalam pengisian baterai yang berdampak baik dikarenakan dapat membuat performa baterai menjadi lebih baik dan dapat digunakan lebih lama [16].

Bentuk dari *solar charge controller* dapat dilihat pada gambar 2.5. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk

mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt. Jadi tanpa *solar charger controller*, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di charge pada tegangan 14 – 14,7 Volt.



Gambar 2.5 *Solar Charge Controller*

#### 4. *Inverter*

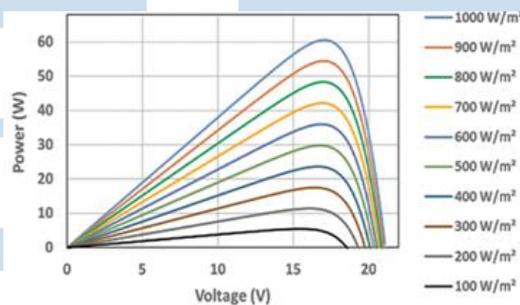
*Inverter* melakukan fungsi penting untuk mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah pada sistem pembangkit listrik tenaga surya. Arus bolak-balik yang dikeluarkan oleh panel surya dan baterai tidak dapat langsung digunakan pada kebanyakan perangkat elektronik yang memerlukan arus searah untuk beroperasi. *Inverter* dapat digunakan sebagai *bus voltage* pada arus searah dan untuk mensinkronisasikan sumber arus searah lainnya [15]. Bentuk dari *Inverter* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Inverter 1500W*

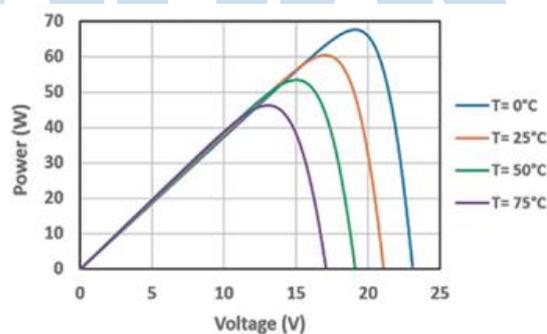
### 2.2.3. Faktor yang Mempengaruhi Turunnya Efisiensi Panel Surya

Efisiensi pada panel surya dapat berkurang apabila terdapat objek yang menutupi permukaan panel surya (debu/kotoran/bayangan) dan kenaikan temperatur pada panel surya. Apabila terdapat debu/kotoran/bayangan yang menutupi permukaan panel surya nilai *irradiance* akan menurun sesuai dengan besarnya area permukaan panel surya yang tertutupi [18]. Grafik pengaruh jumlah *irradiance* yang diterima oleh permukaan panel surya dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Grafik Karakteristik P-V dengan Temperatur Konstan (25°C) dan Irradiance berbeda [18]

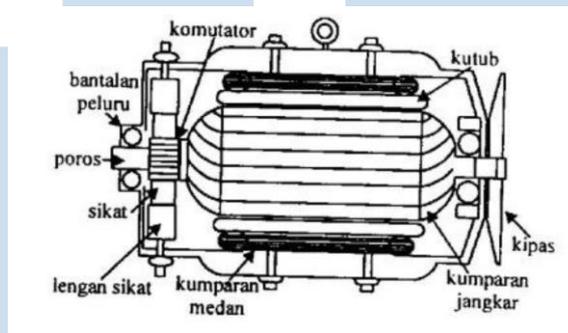
Dampak yang disebabkan dari semakin meningkatnya temperatur panel surya dapat dilihat pada grafik P-V pada gambar 2.8. Semakin tinggi temperatur panel surya, daya dan tegangan yang dihasilkan pada panel surya mengalami penurunan yang cukup signifikan.



Gambar 2.8 Grafik Karakteristik P-V dengan Irradiance Konstan (1000 W/m<sup>2</sup>) dan Temperatur berbeda [18]

#### 2.2.4. Motor DC dan Mikrokontroler

Motor DC merupakan sebuah alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik. Motor DC terdiri dari dua komponen penyusun yang dinamakan *stator* (bagian yang tidak berputar) dan *rotor* (bagian yang berputar) [19]. Arus listrik DC yang masuk ke motor DC akan menghasilkan medan magnet pada *rotor*, dan membuat *rotor* berputar terhadap *stator*. Komponen penyusun pada motor DC dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Komponen pada Motor DC [20]

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem computer yang dapat bekerja secara fungsional yang dimuat dalam sebuah *chip*. Pada mikrokontroler terdapat inti prosesor, memori (RAM dalam jumlah kecil, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input/output*. Mikrokontroler dapat menghasilkan *output* spesifik berdasarkan *input* yang diterima dan program yang dikerjakan [21]. Salah satu bentuk dari mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Mikrokontroler [22]