

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Panel Surya

Panel surya adalah sekumpulan sel surya yang saling terhubung, sedangkan sel surya merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaiik (PV). Fotovoltaiik mempunyai dua suku kata yaitu “Foto” yang artinya cahaya dan “voltaiik” artinya listrik, fotovoltaiik merupakan teknologi yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik melalui panel surya. Proses fotovoltaiik terjadi ketika cahaya berinteraksi dengan bahan semikonduktor, sehingga melepaskan elektron dan terbentuk arus listrik (Muttaqin, N, 2023). Panel surya merupakan alat yang mengkonversi energi sinar matahari menjadi energi listrik sesuai dengan besar intensitas cahaya yang diterima dari pancaran sinar matahari dengan suhu normal 25° C panel surya bekerja secara optimal. Prinsip kerja panel surya yaitu mengubah energi energi matahari menjadi energi listrik, sel surya terdiri dari lapisan tipis semikonduktor silikon (Si) murni atau bahan sejenisnya, yang disusun menjadi modul surya (Pujianto, dkk, 2024).

Panel surya terdiri dari sel surya yang terbuat dari semikonduktor untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik. Beberapa jenis panel surya yaitu: *Monocrystalline* yaitu memiliki nilai efisien paling tinggi karena menghasilkan daya listrik persatuan yang paling besar. *Polycrystalline* yaitu panel surya yang memiliki susunan kristal yang tidak beraturan karena melalui proses pengecoran. *Thin film photovoltaic* yaitu panel surya yang terdiri lapisan tipis mikrokristal silikon dan *amorphous* yang memiliki efisien modul 8,5 % (Jatmiko, dkk,2023).

2.2 Efisiensi Panel Surya

Ketika musim kemarau suhu panasnya mencapai 40° Celcius, hal ini dapat mempengaruhi efisiensi pada panel surya karena panas berlebihan (Jatmiko, dkk, 2023). Efisiensi panel surya bekerja pada suhu kurang lebih 25 ° Celcius, sehingga memerlukan sistem pendingin. Selain itu, ketika suhu panel surya naik maka akan

menurunkan hasil keluaran pada panel surya sebesar 0,5%. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan hasilnya, maka perlu adanya pendinginan suhu pada panel surya dengan adanya pendinginan panel surya maka akan meningkatkan efisiensi pada *output* panel surya (Jatmiko dkk, 2023).

Tegangan panel surya berbanding lurus dengan radiasi yang diterima sel surya, semakin banyak radiasi yang diterima maka semakin besar *output* daya yang dihasilkan dan semakin tinggi intensitas matahari maka semakin besar arus yang dihasilkan. Untuk menghitung efisiensi panel surya dengan membandingkan daya keluaran yang dihasilkan dengan daya masukan yang didapat. Dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.1)$$

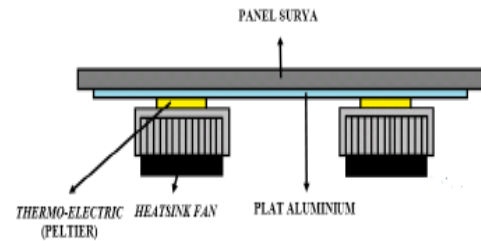
Dengan η adalah nilai efisiensi (%), P_{out} adalah daya keluaran (Watt), P_{in} adalah daya masukan (Watt).

2.3 Sistem Pendingin

Sistem pendingin adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menurunkan temperatur pada suatu lingkungan, sistem pendingin dapat digunakan untuk menurunkan suhu pada panel surya. Beberapa jenis sistem pendingin yang dapat digunakan sebagai berikut; *Water Coolant* merupakan sistem yang menggunakan pompa air untuk mempercepat terjadinya sirkulasi air pendingin. Sistem ini menggunakan air sebagai pendingin karena dapat meningkatkan *output* dari panel surya. *Air Coolant System* merupakan sistem pendingin yang memanfaatkan aliran udara untuk mengeluarkan panas dan kemudian dirambatkan untuk proses pendinginan. Peningkatan kecepatan udara interval akan menghasilkan peningkatan laju perpindahan panas (Jatmiko, dkk, 2023). Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 menunjukkan sistem pendingin.



(a)



(b)

Gambar 2.1 (a) Sistem Pendingin Water Coolant System (Laksana dkk, 2022) dan (b) Sistem Pendingin Air Coolant System (Rahim dkk, 2018)

2.4 Termoelektrik

Termoelektrik adalah semikonduktor yang memanfaatkan efek peltier untuk menghasilkan perbedaan temperatur pada kedua sisinya (Rifky dan Gaos, 2020). Termoelektrik merupakan fenomena termal dan listrik. Ketika termoelektrik diberi arus DC maka akan terjadi perbedaan suhu pada salah satu sisinya. Satu sisi akan menjadi dingin (kalor diserap) dan satu sisi akan menjadi panas (kalor dilepas), ini terjadi karena elektron pada sel semikonduktor berpindah dari tingkat energi tipe p ke tingkat energi tipe n (Rahim dkk, 2018). Gambar 2.2 menunjukkan bentuk fisik termoelektrik.

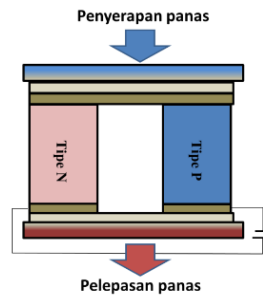


Gambar 2.2 Termoelektrik (Triyono dkk, 2024)

2.5 Efek Peltier

Sistem pendingin Peltier memanfaatkan efek Peltier yang pertama kali ditemukan oleh Jean Charles Antanase Peltier pada tahun 1834. Efek Peltier merupakan efek yang menghasilkan panas pada satu sisi dan dingin pada sisi lain, ketika arus listrik dilewatkan ke rangkaian dari dua tipe material berbeda yang dihubungkan. Prinsipnya efek Peltier yaitu pada sisi dingin (*cold side*) berfungsi untuk mendinginkan dan sisi panas (*hot side*) berfungsi untuk mengeluarkan panas dari sisi dingin ke lingkungan melalui *heatsink* dan kipas pendingin. Proses pendinginan terjadi pada bagian sisi sistem pendingin peltier yang menyerap panas. Efisiensi sistem pendingin peltier berkisar 10-15%. Beberapa contoh aplikasi sistem pendingin peltier dengan memanfaatkan suhu bagian dingin yang dihasilkan yaitu pendingin *processor*, AC mini, kulkas pada dispenser, pendingin minuman dan pengatur temperatur akuarium. Sedangkan pada bagian panas, dapat menggunakan *heatsink* dan kipas untuk membuang panas (Ginting dkk, 2018).

Prinsip kerja Peltier yaitu dua jenis semikonduktor (tipe-n dan tipe-p) disusun berdampingan. Apabila bahan semikonduktor dihubungkan dengan sumber tegangan, elektron mengalir dari semikonduktor tipe-n ke semikonduktro tipe-p melalui *junction* karena perbedaan energi fermi di antara kedua semikonduktor (Sze, 1981). Elektron yang sampai pada semikonduktor tipe-p akan melepaskan energi dalam bentuk panas dan berekombinasi dengan *hole*, sementara elektron pada bagian tipe-n akan menyerap panas untuk melepaskan diri dari ikatan valensinya. Dengan demikian, arus yang melewati *junction* dalam kedua arah akan menghasilkan perbedaan suhu. Dengan mengurangi atau menghilangkan panas yang dihasilkan oleh *heatsink*, maka suhu *junction* akan tetap rendah sedangkan suhu bagian dingin dipertahankan sesuai dengan yang diinginkan (Poetro, 2011). Pada proses prinsip kerja peltier ditunjukkan pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Sistem Peltier (Purwiyanti dkk, 2017)

2.6 Aluminium Heatsink

Heatsink merupakan komponen pendingin elektronik yang berfungsi untuk menjaga suhu pada elektronik agar suhu tetap stabil dan mengurangi kerusakan pada komponen akibat tegangan aliran listrik. Pengaruh laju aliran panas mempengaruhi cara kerja *heatsink*, *heatsink* yang umum digunakan yaitu *heatsink extruder* karena memiliki sirip yang digunakan untuk membuang panas melalui celah sirip menuju suhu lingkungan (Aldori, 2022). *Heatsink* digunakan untuk meningkatkan kemampuan penyerapan dan pelepasan kalor pada termoelektrik. *Heatsink* diletakkan pada sisi yang dingin maupun sisi panas pada termoelektrik untuk meningkatkan laju aliran kalor (Kafi, 2023).

Prinsip kerja *heatsink* sesuai dengan hukum kedua termodinamika yaitu “kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah dan tidak mengalir secara spontan dalam arah kebalikannya”, hal ini sesuai dengan mekanisme perpindahan panas pada *heatsink* yaitu konduksi dan konveksi thermal. Dalam proses perpindahan panas *heatpipe*, panas juga akan diinduksi ke *sink* yang bersinggungan. Ketika terjadi konveksi maka menggunakan fungsi kipas, kipas diletakkan dibawah *heatsink* untuk membuat proses pelepasan panas menjadi lebih optimal (Samodra, 2019). Pada Gambar 2.4 ditunjukkan bentuk fisik *heatsink*.



Gambar 2.4 Alumunium Heatsink (Sya'rani dkk, 2022)

2.7 Sensor

2.7.1 Sensor DS18B20

Prinsip kerja sensor DS18B20 yaitu mengukur suhu dengan mengubah suhu fisik menjadi sinyal digital dengan mengonversi sinyal analog menjadi data digital menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*). Data suhu digital kemudian dikirimkan melalui antarmuka satu kabel (*One-Wire*) untuk komunikasi dengan perangkat mikrokontroler. Sensor ini mampu mengukur suhu dalam rentang -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Duanaputri, dkk, 2023). Sensor DS18B20 memiliki tiga pin yaitu : GND (ground), DQ (data), VDD (*power*). Seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Sensor DS18B20 (Abdi Reinanda dkk, 2024)

2.7.2 Sensor DHT22

Prinsip kerja sensor DHT22 yaitu menggunakan elemen kapasitif berbasis polimer untuk mengukur kelembaban dan termistor (jenis NTC) untuk mengukur suhu. Kemudian data suhu dan kelembaban dikonversi menjadi data digital dan

dikirim melalui jalur data tunggal (*single-wire digital interface*) ke mikrokontroler. Rentang pengukuran suhu DHT22 yaitu -40°C hingga 80°C dan memiliki keakuratan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan resolusi $0,5^{\circ}\text{C}$. Rentang pengukuran kelembaban adalah 0 hingga 100% RH (*Relative Humidity*), dengan keakuratan sekitar $\pm 2\%$ RH dan resolusi 0,1% RH (Laoh et al., 2024). Sensor ini mampu menampilkan penyesuaian dan kompensasi suhu ruangan yang tepat dengan nilai koefisien yang disimpan dalam memori OTP *on-board* (Suryantoro, 2023). Sensor DHT22 memiliki nilai akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan sensor DHT11 (Rustami et al. 2022). Sensor DHT22 memiliki 4 pin yaitu VCC (3,3-5 V), GND, Data, dan satu pin tidak terkoneksi (NC), seperti pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Sensor DHT22 (Islam dkk, 2016)

2.8 Arduino IDE

Integrated Development Environment (IDE) merupakan perangkat lunak dengan peran yang sangat penting dalam pemrograman, kompilasi biner, dan unduhan memori mikrokontroler. Arduino telah menjadi *platform* populer bagi banyak profesional karena memiliki banyak modul pendukung seperti sensor, monitor, pembaca, dan lain lain. Arduino memikat banyak orang karena *hardware* dan *software* bersifat *open source*, sehingga semua orang dapat mendapatkan skema arduino secara gratis (Purwo & Wijanyanto, 2022).

Arduino menggunakan bahasa pemrograman C++ yang cocok untuk pemula, bahkan yang tidak memiliki basic bahasa pemrograman C++ dipermudah melalui library. Arduino menggunakan *Software Processing* dalam penulisan program. *Software processing* merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan Java. Arduino dapat diinstal di berbagai *operating system* (OS) seperti: LINUX, Mac, OS, Windows. Arduino merupakan alat pengembangan dengan

kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE). IDE merupakan sebuah *software* yang berperan untuk menulis program, mengcompile menjadi kode biner dan meng upload ke dalam memori mikrokontroler. *Software* IDE Arduino terdiri dari 3 bagian yaitu Editor program untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa processing, *listing* program pada arduino disebut *sketch*. *Compiler* berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) ke dalam kode biner karena kode biner adalah satu satunya bahasa program yang dapat dipahami oleh mikrokontroller. *Uploader* berfungsi memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroller.

2.9 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ESP32 memiliki modul WiFi dalam chip sehingga mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* (IoT). Gambar 2.7 menunjukkan bentuk fisik mikrokontroller ESP32



Gambar 2.7 Mikrokontroller ESP32 (Savitri dan Nina, 2022)

Perbedaan ESP32 dan ESP8266 yaitu jumlah GPIO pin (ADC/DAC) pada ESP32 berjumlah 36 dan ESP8266 berjumlah 17. Mikrokontroler ESP32 sudah terdapat modul WiFi, sehingga pengguna dapat mengontrol mikrokontroler dari jarak jauh menggunakan jaringan internet. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali seluruh pekerjaan komponen. ESP32 berfungsi sebagai bagian kontrol atau pemrosesan dan hasil pengukuran diterima dan diproses oleh ESP32 (Rasul dan Imran, 2020).