

**PERBANDINGAN PENINGKATAN DAYA PANEL SURYA
MENGUNAKAN CERMIN CEKUNG DAN *COOLANT* 50/50**

KARYA ILMIAH



Disusun Oleh:

1. 29759 Aaron Oliver Jonathan Adiputra / XII MIPA 8 / 01
2. 29892 Erica Annabel Leang / XII MIPA 8 / 12
3. 29919 Gabriella Stephanie / XII MIPA 8 / 15
4. 29972 Jennifer Marcella / XII MIPA 8 / 16
5. 29977 Jessica Ashley Chandra S. / XII MIPA 8 / 18
6. 30108 Nicholas Orlando Wiyono / XII MIPA 8 / 27

**SMA KATOLIK ST. LOUIS 1
SURABAYA
2025**

**PERBANDINGAN PENINGKATAN DAYA PANEL SURYA
MENGUNAKAN CERMIN CEKUNG DAN *COOLANT* 50/50**

KARYA ILMIAH

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah



Disusun Oleh:

1. 29759 Aaron Oliver Jonathan Adiputra / XII MIPA 8 / 01
2. 29892 Erica Annabel Leang / XII MIPA 8 / 12
3. 29919 Gabriella Stephanie / XII MIPA 8 / 15
4. 29972 Jennifer Marcella / XII MIPA 8 / 16
5. 29977 Jessica Ashley Chandra S. / XII MIPA 8 / 18
6. 30108 Nicholas Orlando Wiyono / XII MIPA 8 / 27

**SMA KATOLIK ST. LOUIS 1
SURABAYA
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN
NASKAH LAPORAN KARYA ILMIAH**

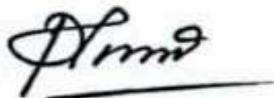
Judul : Perbandingan Peningkatan Daya Panel Surya Menggunakan Cermin Cekung dan *Coolant* 50/50

Penyusun : 1. 29759 Aaron Oliver Jonathan Adiputra / XII MIPA 8 / 01
2. 29892 Erica Annabel Leang / XII MIPA 8 / 12
3. 29919 Gabriella Stephanie / XII MIPA 8 / 15
4. 29972 Jennifer Marcella / XII MIPA 8 / 16
5. 29977 Jessica Ashley Chandra S. / XII MIPA 8 / 18
6. 30108 Nicholas Orlando Wiyono / XII MIPA 8 / 27

Pembimbing I : Linda Juliarti, S.Pd., M.Si.
Pembimbing II : Elisabeth Grani Larasati, S.Pd.
Tanggal Presentasi : 4 Februari 2025

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Linda Juliarti, S.Pd., M.Si.

Pembimbing II



Elisabeth Grani Larasati, S.Pd.

Mengetahui,

Kepala Sekolah


Sri Wahjoeni Hadi S.

ABSTRAK

PERBANDINGAN PENINGKATAN DAYA PANEL SURYA MENGUNAKAN CERMIN CEKUNG DAN *COOLANT* 50/50

Adiputra. A.O.J., Leang. E., Stephanie. Gabriella, Marcella. Jennifer, Suwignyo.
J.A.C.S., Wiyono. N. O.
SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya

Umumnya, energi listrik diperoleh dari sumber daya tidak terbarukan. Salah satu bentuk energi alternatif adalah energi surya, yang didapatkan melalui komponen panel surya. Peningkatan daya panel surya dipengaruhi oleh beberapa komponen. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas peningkatan daya panel surya menggunakan cermin cekung dan *coolant* 50/50. Percobaan ini melibatkan tiga tahap, yaitu pengukuran daya panel surya tanpa atribut tambahan, pengukuran dengan pemasangan 4 cermin cekung pada keempat sisi panel surya, dan pengukuran menggunakan *coolant* dengan campuran 50% *Ethylene Glycol* dan 50% air. Data diperoleh melalui pengukuran langsung pada masing-masing metode dalam kurun waktu 1 jam dan dianalisis untuk mengetahui tingkat efektivitasnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan cermin cekung dan *coolant* 50/50 mampu meningkatkan daya panel surya, dan bahwa penggunaan cermin cekung menghasilkan peningkatan daya lebih besar dibandingkan dengan *coolant* 50/50, yakni dengan persentase peningkatan sebesar 28.5%. Panel surya menggunakan cermin cekung menghasilkan daya rata-rata sebesar 7.36 W, sementara panel surya menggunakan *coolant* 50/50 menghasilkan daya rata-rata sebesar 7.231 W.

Kata kunci: *panel surya, cermin cekung, coolant 50/50, energi alternatif, peningkatan daya*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Karya Ilmiah yang berjudul “Perbandingan Peningkatan Daya Panel Surya Menggunakan Cermin Cekung dan *Coolant* 50/50”. Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat pelaksanaan ujian praktik dan sebagai upaya memberi gambaran pengembangan peningkatan daya panel surya.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penyusun mendapat pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, izinkan kami menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak berikut.

1. Dra. Sri Wahjoeni Hadi S. selaku Kepala SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya dan pelindung kegiatan ini.
2. Dahlia Adiati, S.Pd., selaku Wakil Kepala Sekolah bidang kurikulum.
3. MG. Ika Yuliasuti, S.Pd. selaku Wali Kelas XII MIPA 8.
4. Linda Juliarti, S.Pd., M.Si. selaku guru bidang studi Fisika dan pembimbing kelas XII MIPA 8 yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama penulisan laporan ini.
5. Elisabeth Grani Larasati, S.Pd. selaku guru bidang studi Matematika dan pembimbing kelas XII MIPA 8 yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama penulisan laporan ini.
6. Orang Tua/Wali siswa-siswi kelas XII MIPA 8 yang telah memberikan dukungan serta motivasi selama proses penyusunan laporan.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini belum sempurna. Oleh karena itu, penyusun sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari siapapun yang membaca laporan ini.

Akhir kata, penyusun berharap laporan ini diterima dan digunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 29 Januari 2025

Penyusun,



(Aaron Oliver Jonathan Adiputra)

Ketua Kelompok

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Hipotesis Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Energi Surya.....	5
2.2 Sel Surya.....	5
2.3 Prinsip Kerja Sel Surya.....	5
2.4 Jenis Panel Surya.....	7
2.5 Aki.....	10
2.6 Solar Charge Controller (SCC).....	11
2.7 Pemantulan pada Cermin Cekung.....	11
2.8 Pengaruh Pendinginan dengan Efisiensi Panel Surya.....	14
2.9 <i>Coolant</i>	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.3 Tahapan Penelitian.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Hasil Penelitian.....	20
4.2 Pembahasan.....	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
5.1 Kesimpulan.....	28
5.2 Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA.....	30
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Ilustrasi <i>PN junction</i>	6
2.2	Prinsip kerja sel surya	7
2.3	Panel surya <i>monocrystalline</i>	8
2.4	Panel surya <i>polycrystalline</i>	9
2.5	Panel surya <i>thin-film</i>	10
2.6	Sinar istimewa pada cermin cekung	13
2.7	Sistem pendinginan panel surya menggunakan <i>water cooling system</i> dan kipas	14
2.8	Sistem pendinginan panel surya menggunakan <i>heatsink</i>	15
3.3	Diagram Tahap Penelitian	19
4.1	Diagram Rangkaian Panel Surya	21
4.2	Rangkaian Panel Surya	22
4.3	Grafik Perbandingan Daya Percobaan Panel Surya	25

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
3.2	Tabel Spesifikasi Barang dan Bahan	17
4.1	Tabel Percobaan 1 Panel Surya Kontrol Sabtu, 11 Januari 2025	22
4.2	Tabel Percobaan 2 Panel Surya Menggunakan Cermin Cekung Sudut 70° Minggu, 12 Januari 2025	23
4.3	Tabel Percobaan 3 Panel Surya <i>Coolant</i> 50/50 Minggu, 19 Januari 2025	23
4.4	Tabel Hasil Daya Panel Surya Kontrol Sabtu, 11 Januari 2025	24
4.5	Tabel Hasil Daya Panel Surya Menggunakan Cermin Cekung Sudut 70° Minggu, 12 Januari 2025	24
4.6	Tabel Hasil Daya Panel Surya <i>Coolant</i> 50/50 Minggu, 19 Januari 2025	25

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1	Proses Persiapan Kabel Panel Surya	32
2	Proses Pengaturan SCC	32
3	Proses Pengecekan Aki	33
4	Panel Surya Menggunakan Cermin Cekung 70°	33
5	Panel Surya Menggunakan <i>Coolant 50/50</i>	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era kemajuan teknologi, energi listrik menjadi kebutuhan yang sangat penting. Pada 2023, menurut Kementerian ESDM di Indonesia sebesar 86,91% energi listrik berasal dari sumber daya alam yang tidak bisa diperbarui, seperti batu bara, minyak, dan gas. Ketergantungan pada sumber daya alam tersebut memicu permasalahan lingkungan yang serius. Oleh karena itu, pemanfaatan energi alternatif dalam kehidupan sehari-hari harus lebih ditingkatkan. Panel surya merupakan salah satu pemanfaatan energi alternatif yang menggunakan energi surya, yang terdiri dari sel-sel fotovoltaik. Energi surya adalah radiasi dari matahari yang mampu menghasilkan panas, menyebabkan reaksi kimia, atau menghasilkan listrik. Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, yang mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Energi surya juga tidak bersifat polutif, tidak dapat habis, dapat dipercaya dan tidak mengeluarkan biaya.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan upaya untuk meningkatkan daya yang dihasilkan panel surya salah satunya adalah penggunaan perangkat tambahan seperti cermin cekung atau *coolant*. Pada jurnal penelitian Arif Setiawan, Yuningtyastuti, dan Susatyo Handoko, 2015 "*Analisis Penggunaan Cermin Cekung, Cermin Datar, dan Kombinasi Cermin Cekung-Datar Untuk Meningkatkan Daya Keluaran Pada Sel Surya*" telah membahas pengaruh cermin datar dan cermin cekung sebagai reflektor sel surya untuk memaksimalkan daya keluaran sel surya. Para penulis jurnal tersebut menyimpulkan bahwa peningkatan daya oleh reflektor cermin cekung lebih besar dibandingkan dengan reflektor cermin datar maupun reflektor kombinasi cermin cekung-datar. Dengan peningkatan daya mencapai 5,167% untuk

penggunaan cermin datar, 8,808% untuk penggunaan cermin cekung, dan 6,514% untuk cermin kombinasi cekung-datar dengan menggunakan reflektor bersudut 70°. Fenomena ini terjadi karena cermin cekung bersifat memfokuskan sinar pantul.

Pada jurnal penelitian Parlindungan Simatupang, 2022, "*Pengaruh Jenis Water Coolant pada Panel Surya Terhadap Kinerja Panel Surya*" telah membahas tentang pengaruh jenis water *coolant* pada panel surya terhadap kinerja panel surya. Penulis menyampaikan bahwa berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui terdapat pengaruh jenis water *coolant* terhadap efisiensi. Nilai efisiensi yang paling besar dihasilkan panel surya adalah jenis water *coolant* LONG dengan nilai efisiensi 18,3% dan nilai efisiensi yang paling rendah yaitu air dengan nilai efisiensi 13,9%.

Penelitian berjudul "*Perbandingan Peningkatan Daya Panel Surya Menggunakan Cermin Cekung dan Coolant 50/50*" dilakukan dengan tujuan dapat membandingkan tingkat keefektifan antara penggunaan cermin cekung dan *coolant* 50/50 dalam meningkatkan daya panel surya. Penelitian ini dilakukan untuk menemukan cara yang paling efektif antara peningkatan daya panel surya menggunakan cermin atau menggunakan *coolant* 50/50. Pada penelitian pertama akan diambil data hasil daya panel surya tanpa atribut. Penelitian selanjutnya digunakan 4 cermin cekung di keempat sisi panel surya. Dan pada penelitian ketiga akan digunakan *coolant* dengan 50% *Ethylene Glycol* (EG), atau yang biasa disebut *coolant* 50/50.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut.

- 1.2.1 Bagaimana efektivitas penggunaan 4 cermin cekung pada peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya?
- 1.2.2 Bagaimana efektivitas penggunaan *coolant* 50/50 pada peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya?
- 1.2.3 Manakah yang lebih efektif dalam meningkatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya?

1.3 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, dapat dibuat hipotesis sebagai berikut.

- 1.3.1 Ho : Tidak ada pengaruh penggunaan 4 cermin cekung dalam peningkatan daya panel surya.
Ha : Terdapat pengaruh penggunaan 4 cermin cekung dalam peningkatan daya panel surya.
- 1.3.2 Ho : Tidak ada pengaruh penggunaan *coolant* 50/50 dalam peningkatan daya panel surya.
Ha : Terdapat pengaruh penggunaan *coolant* 50/50 dalam peningkatan daya panel surya.
- 1.3.3 Ho : Cermin cekung dan *coolant* 50/50 tidak efektif dalam meningkatkan daya panel surya.
Ha : Cermin cekung lebih efektif dalam meningkatkan daya panel surya dibandingkan *coolant* 50/50.
Ha : *Coolant* 50/50 lebih efektif dalam meningkatkan daya panel surya dibandingkan cermin cekung.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

- 1.4.1 Mengukur efektivitas penggunaan 4 cermin cekung pada peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya.
- 1.4.2 Menganalisis efektivitas penggunaan *coolant* 50/50 pada

peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya.

- 1.4.3 Membandingkan efektivitas antara penggunaan 4 cermin cekung dan *coolant* 50/50 dalam meningkatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya untuk menentukan metode yang lebih optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut.

- 1.5.1 Penambahan opsi peningkatan daya panel surya yang paling efisien bagi masyarakat.
- 1.5.2 Alternatif peningkatan daya panel surya menggunakan alat dan bahan dalam kehidupan sehari-hari.
- 1.5.3 Referensi ilmiah tentang potensi energi surya di Indonesia dapat bertambah.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Energi Surya

Energi surya adalah energi yang dihasilkan dari cahaya matahari yang memancar ke bumi. Energi surya menjadi salah satu energi alternatif yang tidak memanfaatkan bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batu bara. Energi surya ini menjadi salah satu energi ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pemanfaatan energi surya sebagai energi alternatif didasarkan dalam beberapa tujuan, diantaranya adalah dalam rangka mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengurangi ketergantungan energi fosil yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Pemanfaatan energi surya mencakup penggunaan teknologi seperti panel surya untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik untuk kemudian digunakan dalam keperluan sehari-hari.

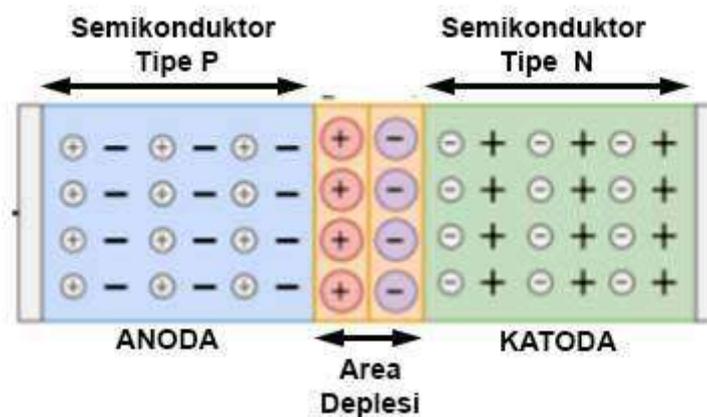
2.2 Sel Surya

Sel surya atau *solar cell* adalah komponen dan teknologi yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Pada umumnya, sel surya terbuat dari lapisan bahan silikon yang bersifat semikonduktor, anti reflektif, dan strip konduktor metal. Sel surya ini yang kemudian disusun sedemikian rupa membentuk sistem panel surya yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Jumlah sel surya ini berbanding lurus dengan energi yang dihasilkan, semakin banyak sel surya maka energi yang dihasilkan semakin banyak.

2.3 Prinsip Kerja Sel Surya

Berawal dari energi cahaya matahari yang disebut foton. Ketika bagian semikonduktor sel surya terkena foton ini, maka energi foton akan membentur elektron yang dimiliki dalam bagian semikonduktor. Elektron yang berada dalam semikonduktor akan memiliki energi yang cukup untuk

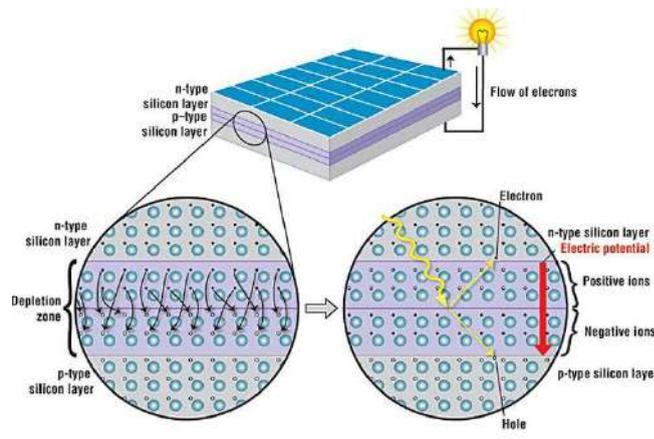
meninggalkan pita valensi dan berpindah ke pita konduksi dengan gerakan acak. Pita valensi sendiri adalah pita energi terakhir yang terisi penuh oleh elektron. Pita ini terbentuk dari tingkat energi atom yang mengandung elektron valensi. Sedangkan pita konduksi adalah pita energi yang terletak di atas pita valensi dan dapat terisi sebagian atau kosong oleh elektron. Gerakan elektron yang acak ini tidak akan menghasilkan arus listrik oleh muatan. Untuk membuat arus listrik searah diperlukan sistem *PN Junction*. *PN Junction* dapat diciptakan dengan memasukkan semikonduktor tipe P dan N dalam bahan kristal semikonduktor tertentu. Semikonduktor tipe N adalah partikel elektron muatan negatif sementara semikonduktor P elektron bermuatan positif. Daerah pertemuan semikonduktor tipe P dan N ini yang kemudian dikenal dengan persimpangan PN.



Gambar 2.1 Ilustrasi *PN Junction*

Beberapa elektron dari sisi N akan berpindah ke sisi P dan mengisi *hole* yang tersedia di sisi P. Saat semua *hole* terisi dan tidak ada elektron bebas, maka terbentuklah daerah depleksi, yakni pada saat sisi P bermuatan negatif dan saat sisi N bermuatan positif. Terbentuk medan listrik diantara kedua muatan ini dan saat foton mengenai sisi N dan mencapai daerah depleksi, hal ini cukup untuk menghasilkan pasangan *hole* dan elektron. Medan listrik mendorong *hole* dan elektron keluar dari daerah depleksi.

Konsentrasi elektron di sisi N dan *hole* di sisi P yang tinggi akan menciptakan perbedaan potensial. Sehingga arus yang dihasilkan dapat dicapai dengan dua cara, yakni melalui pergerakan elektron bebas pada sisi N dan pergerakan elektron akibat pembentukan *hole* pada sisi P. Sederhananya, saat sel surya menyerap cahaya matahari, pergerakan elektron di sisi positif dan negatif inilah yang kemudian menciptakan arus listrik.



Gambar 2.2 Prinsip kerja sel surya

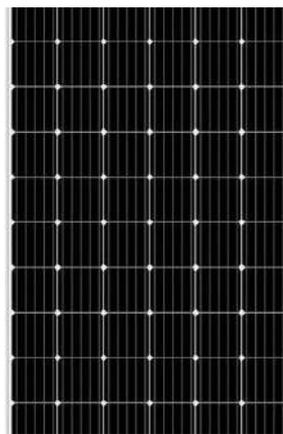
2.4 Jenis Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang dirancang untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya ini tersusun dari banyak sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Di tengah perkembangan energi alternatif, panel surya ini digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Berdasarkan jenisnya yang tersedia di pasaran, terdapat 34e63 jenis panel surya dengan kelebihan dan kekurangan tersendiri. Jenis panel surya tersebut meliputi.

2.4.1 Monocrystalline

Pilihan panel surya populer diantara ketiga jenis panel surya. Panel surya *monocrystalline* ini terdiri dari kristal silikon tunggal yang disebut *ingot*, lalu diiris menjadi silikon tipis menggunakan mesin potong yang kemudian menjadi basis panel surya *monocrystalline*.

Panel surya ini identik dengan warna sel surya yang berwarna hitam. Jenis panel surya *monocrystalline* juga memiliki efisiensi panel surya tertinggi, yakni sekitar 15%. Dengan ukuran yang sama, *monocrystalline* menawarkan energi yang lebih banyak dibandingkan jenis panel surya lainnya. Namun kekurangan dari panel surya *monocrystalline* adalah dari segi harga, *monocrystalline* lebih mahal dibandingkan jenis panel surya yang lain. Panel surya ini juga memiliki ruang kosong yang tidak tertutup dengan sel surya. Selain itu, fungsi panel surya ini akan menurun ketika berada di cuaca mendung atau intensitas cahaya yang kurang.



Gambar 2.3 Panel surya *monocrystalline*

2.4.2 *Polycrystalline*

Mirip dengan panel surya *monocrystalline*, jenis panel surya ini terbuat dari sel surya silikon, namun yang membedakan adalah *polycrystalline* terbuat dari beberapa kristal silikon yang dicairkan lalu dituang ke dalam cetakan persegi. *Polycrystalline* juga tidak semurni *monocrystalline* karena sel surya tidak identik dengan sel surya lainnya, dan panel surya ini memiliki efisiensi panel surya yang lebih rendah,

yakni sekitar 13%-15%. Adapun ciri khas yang membedakan *polycrystalline* dengan *monocrystalline* adalah warna sel surya biru. Dilihat dari segi kelebihan, proses pembuatan *polycrystalline* lebih mudah dibandingkan *monocrystalline*. Selain itu, *polycrystalline* memiliki susunan sel surya yang lebih rapat sehingga tidak ada ruang kosong seperti pada *monocrystalline*. Tetapi, *polycrystalline* memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan *monocrystalline*, sehingga untuk menghasilkan energi listrik dengan jumlah sama, diperlukan penampang yang lebih besar.



Gambar 2.4 Panel surya *polycrystalline*

2.4.3 *Thin-Film Solar Cell*

Panel surya *thin-film* ini dibuat dengan cara melapisi permukaan padat (kaca) dengan lapisan tipis zat fotovoltaiik. Contoh zat fotovoltaiik ini seperti *Amorphous Silicon* (a-Si), *Copper Indium Gallium Selenide* (CIGS), dan *Cadmium Telluride* (CdTe). Bentuk panel surya ini jauh lebih tipis dan terkadang lebih fleksibel jika dibandingkan dengan kedua jenis panel surya lainnya. Fisiknya yang

lebih tipis dan fleksibel ini menjadi salah satu kelebihan panel surya *thin-film*. Selain itu, panel surya ini dapat bekerja dengan baik dibawah cahaya *fluorescent*. Tetapi, panel surya ini mempunyai efisiensi paling rendah, yakni hanya sekitar 8,5% dengan luas penampang yang sama. Sehingga penggunaan jenis panel surya ini lebih cocok untuk keperluan komersial.



Gambar 2.5 Panel surya *thin-film*

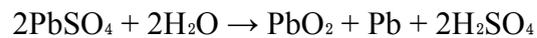
2.5 Aki

Aki adalah salah satu komponen yang dapat menyimpan energi listrik (DC) dalam bentuk energi kimia. Secara konsep, aki sendiri adalah sel elektrokimia. Sel elektrokimia terbagi menjadi 2, yakni sel volta dan sel elektrolisis. Sel volta mengubah energi kimia menjadi energi listrik, sementara sel elektrolisis mengubah kerja listrik untuk menggerakkan reaksi kimia yang tidak spontan. Selain itu, aki juga berfungsi sebagai sel sekunder, yang berarti aki dapat diisi dengan arus listrik, jadi tidak hanya menghasilkan energi listrik saja.

Pada umumnya, saat aki digunakan, asam sulfat (H_2SO_4) terurai menjadi ion hidrogen (H^+) dan ion sulfat (SO_4^{2-}). Ion sulfat yang dekat lempeng timbal (Pb) membentuk timbal sulfat (PbSO_4), melepaskan dua elektron, sementara ion hidrogen bergabung dengan timbal dioksida (PbO_2) membentuk air (H_2O). Proses ini menciptakan beda potensial listrik antara kutub. Reaksi kimia aki saat *discharging* atau penggunaan adalah sebagai berikut.



Selama penggunaan, timbal sulfat terbentuk, mengencerkan asam dalam elektrolit, meningkatkan tahanan antar kutub. Untuk mengisi ulang aki, arus listrik dibalik arah, mengubah timbal sulfat kembali menjadi timbal dioksida dan asam sulfat. Reaksi kimia aki pada saat *charging* atau pengisian adalah sebagai berikut.



2.6 Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller merupakan komponen penting dalam penyusunan panel surya, dan alat ini berperan dalam mengontrol pengisian energi baterai yang berlebihan dengan membatasi jumlah dan laju pengisian ke baterai. Umumnya, tegangan yang dihasilkan oleh panel surya biasanya melebihi tegangan 12 V. Untuk menghindari *overheat* dan ledakan akibat tegangan yang berlebih, *solar charge controller* berperan sebagai pelindung beban yang berlebih.

Selain mencegah pengisian berlebih, solar charge controller juga memiliki peran penting dalam mencegah pengosongan daya baterai yang berlebihan. Tanpa alat ini, energi yang tersimpan dalam baterai dapat mengalir kembali ke panel surya, terutama saat malam hari atau saat kondisi cahaya matahari rendah. Jika hal ini terjadi secara terus-menerus, baterai akan cepat rusak dan tidak dapat digunakan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, solar charge controller juga bertindak sebagai katup satu arah yang memastikan listrik hanya mengalir dari panel surya ke baterai dan bukan sebaliknya.

2.7 Pemantulan pada Cermin Cekung

Cermin adalah benda yang dapat menghasilkan bayangan dengan permukaannya. Berdasarkan jenisnya, cermin dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yakni cermin datar, cermin cekung, dan cermin cembung. Cermin

cekung adalah cermin yang memiliki bentuk seperti bola sebelah dalam dan memiliki sifat mengumpulkan cahaya (konvergen). Dalam hukum pemantulan cahaya, gelombang cahaya akan memantul apabila terjadi penumpukan permukaan benda. Karakteristik dari pantulan cahaya sangat dipengaruhi oleh bentuk permukaan benda yang memantulkan cahaya. Jika permukaan dari benda tersebut datar, cahaya yang dipantulkan bisa memantul secara sempurna. Pemantulan cahaya yang mengenai bidang pantul dengan permukaan yang tidak datar disebut pemantulan baur. Pemantulan dengan permukaan benda pantul yang tidak datar, bentuk pantulan bisa menjuru ke berbagai arah hingga menjadi tidak teratur, namun sesuai dengan garis-garis pantulnya yang tampak. Pemantulan Baur mempunyai sudut yang sama di antara sinar datang dan sinar pantul.

Pada cermin cekung, jika berkas cahaya sejajar melalui suatu permukaan cermin cekung, berkas cahaya tersebut akan dipantulkan melalui satu titik yang sama. Sinar-sinar yang sejajar sumbu utama dipantulkan oleh cermin cekung menuju satu titik yang disebut titik fokus. Titik fokus berada di sumbu utama cermin. Titik fokus cermin cekung bernilai positif karena berada di depan cermin sama seperti cermin lainnya, cermin cekung memiliki sinar istimewa:

2.7.1 Sinar istimewa 1

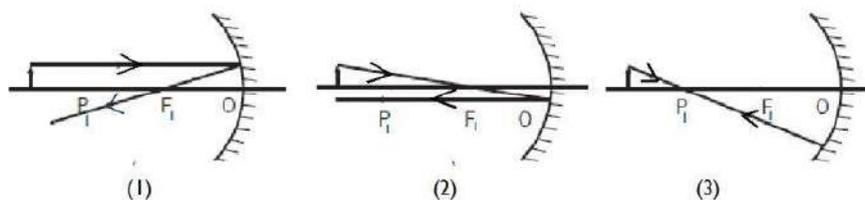
Sinar matahari datang dalam kondisi sejajar dengan sumbu optik yang kemudian dipantulkan ke titik fokus cermin cekung.

2.7.2 Sinar istimewa 2

Sinar matahari datang melalui titik fokus cermin cekung yang kemudian dipantulkan sejajar dengan sumbu utama cermin cekung.

2.7.3 Sinar istimewa 3

Sinar matahari datang melalui titik lengkung (R) cermin cekung yang kemudian dipantulkan kembali melewati titik lengkung cermin.



Gambar 2.6 Sinar istimewa pada cermin cekung

Adapun pada cermin cekung, terdapat hubungan antara jarak fokus dengan jari-jari, dengan rumus seperti di bawah.

$$f = \frac{1}{2}R \text{ atau } R = 2f$$

Keterangan:

f : Jarak fokus

R : Jari-jari cermin

Atau untuk mencari jarak fokus juga bisa menggunakan persamaan umum pembentukan bayangan.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

Keterangan:

f : Jarak fokus

S : Jarak benda

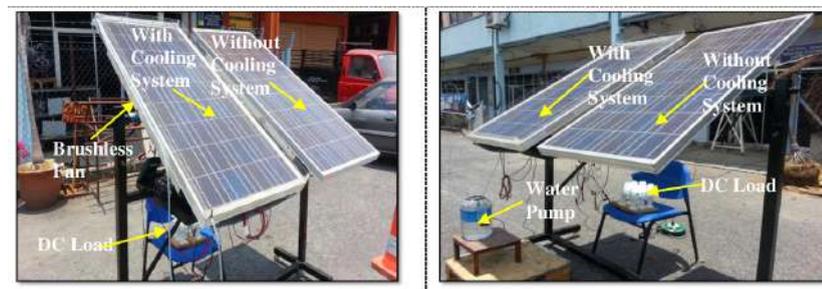
S' : Jarak bayangan

Pada umumnya, cermin cekung dapat ditemukan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Seperti pada senter atau lampu sorot, cermin hias yang terdapat perbesarannya, alat dokter gigi, dan teleskop radio. Pada umumnya, cermin cekung yang bersifat mengumpulkan cahaya (konvergen) akan banyak ditemukan pada benda yang memerlukan sifat pembesaran dengan hasil gambar yang lebih jelas lagi.

2.8 Pengaruh Pendinginan dengan Efisiensi Panel Surya

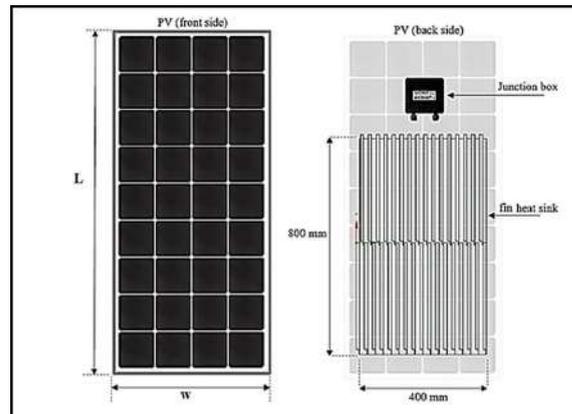
Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi panel surya adalah perubahan temperatur pada permukaan panel surya. Perbandingan perubahan temperatur pada panel surya berbanding terbalik dengan daya yang dihasilkan. Mengutip dari percobaan Kho Hie Khwee (2013) “Semakin tinggi temperatur lingkungan sekitar panel surya, daya listrik yang dihasilkan oleh semakin berkurang.” Hal ini kemudian memunculkan solusi dengan menambahkan sistem pendingin untuk membantu mengurangi suhu yang berlebihan pada panel surya, sehingga panel surya dapat bekerja lebih maksimal dan dapat meningkatkan efisiensi panel surya.

Adapun 2 metode yang digunakan untuk mendinginkan temperatur panel surya, yakni dengan pendinginan aktif dan pendinginan pasif. Yang dimaksud dari pendinginan aktif adalah sistem pendinginan yang menggunakan daya listrik seperti *water cooling system* yang umumnya menggunakan *water pump* dan kipas.



Gambar 2.7 Sistem pendinginan panel surya menggunakan *water cooling system* dan kipas

Sementara pendinginan pasif menggunakan sistem yang tidak mengandalkan atau menguras daya listrik seperti *heatsink*, *thermal photovoltaic system* (PV/T), atau penggunaan *coolant*. Penggunaan komponen yang disebutkan di atas menggunakan tipe pendinginan lain yang tidak memerlukan listrik untuk menyalakan komponen tersebut, berbeda dengan pendinginan aktif yang masih menyita beberapa daya listrik.



Gambar 2.8 Sistem pendinginan panel surya menggunakan *heatsink*

2.9 Coolant

Coolant atau yang juga bisa disebut cairan pendingin adalah suatu zat yang biasanya digunakan untuk mengurangi suhu suatu sistem. Cairan pendingin paling umum adalah air, namun *coolant* lebih efektif dalam mengatur suhu sistem agar tidak *overheat*. Karena *coolant* mengandung suatu zat kimia yakni *ethylene glycol* (EG) yang dapat menaikkan titik didih *coolant* tersebut. Untuk itu, *coolant* dapat terbagi menjadi 2 tergantung dari konsentrasi *ethylene glycol*. *Coolant* dengan titik didih lebih tinggi dibandingkan air biasa mampu menyerap panas lebih efektif, sehingga meningkatkan efisiensi panel surya

2.9.1 Coolant 50/50

Coolant ini menggunakan komposisi *ethylene glycol* sebanyak 50% sementara sisanya adalah komposisi pelarut atau pengencernya. Kandungan 50% *ethylene glycol* menjadikan *coolant* ini lebih fleksibel dalam hal perpindahan panas secara optimal karena komposisi *coolant* yang jauh lebih seimbang.

2.9.2 Coolant 30/70

Sementara *coolant 30/70* berarti komposisi *ethylene glycol* yang terkandung dalam *coolant* sebanyak 30%, sementara 70% adalah komposisi pelarut yang pada umumnya adalah air. Hal ini berarti pembuangan panas yang lebih efektif karena kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan *ethylene glycol*.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Hari, Tanggal : Sabtu-Minggu, 11-12 Januari 2025; Minggu, 19 Januari 2025

Pukul : 11.00 - 12.00 WIB

Tempat : Jalan Sidosermo Airdas III No. D69, Sidosermo, Kec. Wonocolo, Surabaya, Jawa Timur 60239

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian peningkatan daya panel surya adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2 Spesifikasi Barang dan Bahan

NO	ALAT DAN BAHAN	JUMLAH	SPESIFIKASI
1	Panel surya <i>polycrystalline</i>	1	Merk: Sseries <i>Rated Max Power (Pmax): 10 watt</i> <i>Current at Pmax (Imp): 0,57 A</i> <i>Voltage at Pmax (Vmp): 17,8 volt</i> <i>Short Circuit Current (Isc): 0,61 A</i> <i>Open Circuit Voltage (Voc): 21,6 volt</i>
2	Aki bekas	1	Kapasitas: 80 Ah (Ampere Hour) Tegangan: 12 V (Volt) Length: 306 mm Width: 172 mm Height: 204 mm Total Height (with Terminal): 225 mm
3	<i>Solar Charge</i>	1	Daya: 10 A

NO	ALAT DAN BAHAN	JUMLAH	SPESIFIKASI
	<i>Controller</i>		
4	Kabel jepit buaya	4	Ketebalan Kabel: 0,75mm Kabel Tembaga Voltase 300/500 Volt Panjang: 2 Meter
5	Cermin cekung	4	Ukuran: 23.5 cm x 28.5 cm Diameter: 16 cm Jari-jari: 8 cm Fokus cermin: 4 cm
6	<i>Volt ampere meter</i>	1	<i>Display: 0.28" LED Digital</i> <i>Display Volt: Merah</i> <i>Display Current: Biru</i> Tegangan operasi: DC 4.5-30V Pengukuran Tegangan: DC 0-100V Minimum Resolusi: 0.1V <i>Operating Current: >20mA</i> Pengukuran Arus: DC 0-10A (<i>direct measurement, built-in shunt</i>)
7	<i>Jumper aki</i>	1	Material: Tembaga Dilapisi Aluminium, Plastik dan TPE Dimensi: Panjang Kabel: 2.8 M Luas Tembaga: 2 mm ² Kesesuaian: Kendaraan di bawah 2000 cc Amperage: 500 AMP
8	<i>Coolant 50/50</i>	1	Merek: <i>Prestone</i> <i>Prestone Ready To Use Coolant 50/50 with Cor-Guard Blue 3.78L</i>
9	<i>Temperature Humidity Meter</i>	1	Spesifikasi: <i>Fluke 971</i> <i>Temperature Humidity Meter</i> Suhu -20°C sampai 60°C (-4°F sampai 140°F). Keakuratan suhu 0°C sampai 45°C ($\pm 0.5^\circ\text{C}$) -20°C sampai 0°C & 45°C sampai 60°C ($\pm 1.0^\circ\text{C}$)

3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahap-tahap penelitian sebagai berikut.

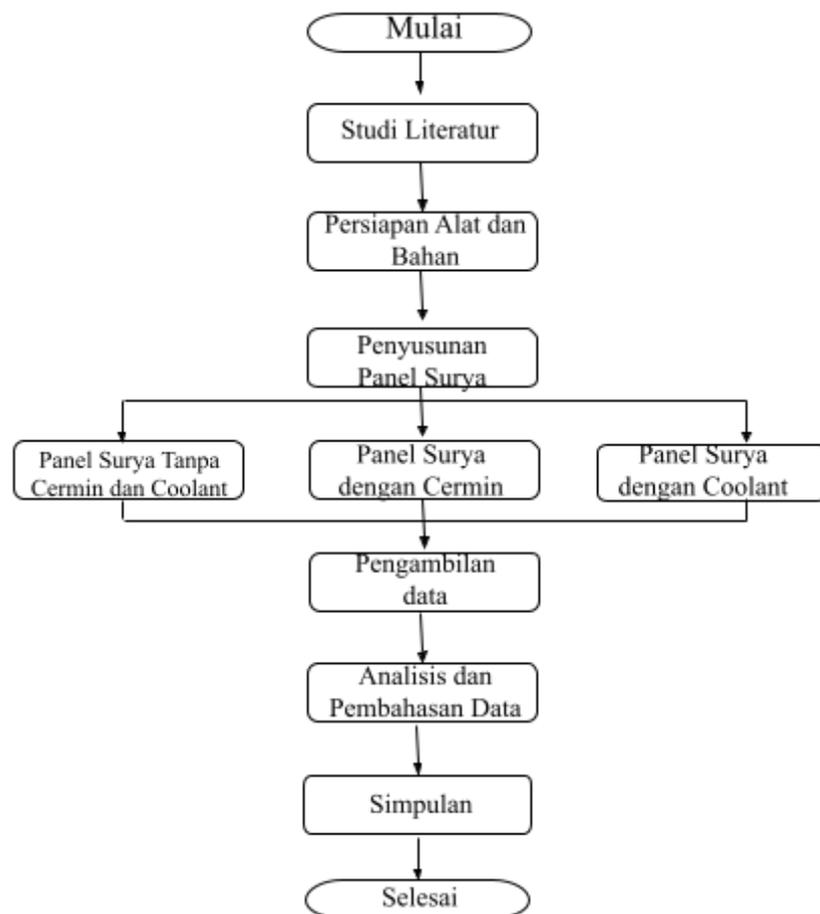


Diagram 3.3 Tahap Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Perancangan panel surya yang digunakan saat penelitian terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut.

1. Panel surya *polycrystalline*
2. *Solar Charge Controller* (SCC)
3. Kabel jepit buaya
4. *Volt ampere meter*
5. Aki bekas
6. *Jumper* aki

Rangkaian panel surya mengandalkan *Solar Charge Controller* (SCC) untuk mengatur arus yang masuk dan juga keluar dari panel surya agar baterai (aki) yang digunakan dalam rangkaian tidak mengalami *overcharging*. Selain itu, SCC juga mencegah arus bolak-balik agar tidak terjadi pada baterai. Pada SCC sendiri terdapat 3 terminal untuk menghubungkan kabel pada tiap komponen, yakni kabel panel surya, kabel aki, dan kabel beban. Tiap terminal juga memiliki terminal kabel positif negatif. Dalam kasus ini, terdapat penambahan komponen *volt ampere meter* yang digunakan untuk mengukur tegangan dan arus panel surya yang dihasilkan. Karena ketika SCC berhasil dihubungkan, hanya tegangan yang dapat terukur dan ditampilkan. Untuk itu diperlukan *volt ampere meter* agar dapat mengukur arus dan tegangan panel surya. Pemasangan *volt ampere meter* akan dihubungkan dengan panel surya.

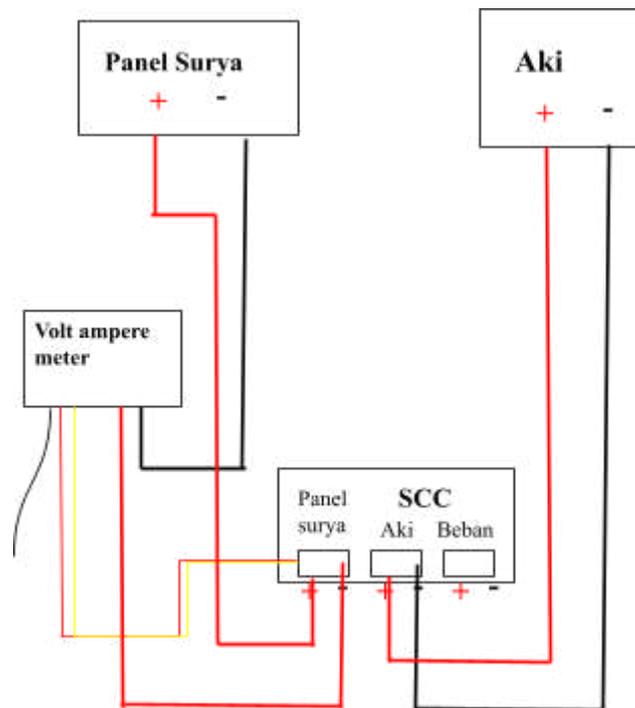


Diagram 4.1 Rangkaian Panel Surya

Pemasangan kabel didahulukan pemasangan kabel aki untuk mencegah kerusakan pada SCC, setelah itu kabel panel surya baru dapat dipasang. Hal yang membedakan dari perancangan panel surya adalah dengan penambahan komponen pengukur tegangan dan arus yang secara teknis juga mengikuti cara yang sama. Kabel yang positif dihubungkan dengan terminal positif, hal yang sama berlaku untuk kabel negatif. Pada *volt ampere meter*, kabel merah dan kuning kecil dihubungkan pada terminal positif SCC bersama kabel positif panel surya untuk mengukur tegangan. Sementara kabel merah besar pada *volt ampere meter* menjadi kabel negatif panel surya.

Adapun hasil akhir rancangan panel surya menjadi sebagai berikut



Gambar 4.2 Rangkaian Panel Surya

Adapun fungsi *jumper* aki disini berkaitan dengan jenis aki yang digunakan, yakni aki bekas mobil. Aki bekas motor juga dapat digunakan, dan *jumper* aki dapat digantikan dengan kabel jepit buaya pada umumnya. Penggunaan aki bekas disini digunakan agar pada saat pengisian, aki dapat terisi dibandingkan dengan aki yang benar-benar baru.

Berikut adalah hasil penelitian panel surya yang dilaksanakan pada hari Sabtu 11 Januari 2025 - Minggu 12 Januari 2025 dan Minggu 19 Januari 2025 di Jalan Sidosermo Airdas III No. D69, Sidosermo, Kec. Wonocolo, Surabaya, Jawa Timur 60239.

Tabel 4.1 Percobaan 1 Panel Surya Kontrol Sabtu, 11 Januari 2025

NO	PUKUL	SUHU	AMPERE	VOLT
1	11.00 WIB	34.5 °C	0.55 A	8.9 V
2	11.15 WIB	36.1 °C	0.55 A	8.9 V
3	11.30 WIB	34.3 °C	0.48 A	8.8 V
4	11.45 WIB	35.6 °C	0.70 A	9.0 V
5	12.00 WIB	33.7 °C	0.21 A	8.5 V

Tabel 4.2 Percobaan 2 Panel Surya Menggunakan Cermin Cekung Sudut 70°
Minggu, 12 Januari 2025

NO	PUKUL	SUHU	AMPERE	VOLT
1	11.00 WIB	34.8 °C	0.71 A	9.2 V
2	11.15 WIB	36.2 °C	0.67 A	9.3 V
3	11.30 WIB	34.7 °C	0.73 A	11.1 V
4	11.45 WIB	35.7 °C	0.71 A	11.4 V
5	12.00 WIB	35.0 °C	0.70 A	11.2 V

Tabel 4.3 Percobaan 3 Panel Surya *Coolant 50/50* Minggu, 19 Januari 2025

NO	PUKUL	SUHU	AMPERE	VOLT
1	11.00 WIB	35.4 °C	0.59 A	9.2 V
2	11.15 WIB	37.0 °C	0.65 A	9.2 V
3	11.30 WIB	39.0 °C	0.71 A	11.5 V
4	11.45 WIB	36.0 °C	0.70 A	11.0 V
5	12.00 WIB	35.6 °C	0.80 A	11.1 V

4.2 Pembahasan

Tahap selanjutnya adalah untuk mengukur daya panel surya yang dihasilkan setiap 15 menit. Nilai daya atau *Power* (P) dapat ditemukan dengan rumus sebagai berikut

$$P = V \times I$$

Keterangan:

P: Daya (*watt/W*)

V: Tegangan (*volt/V*)

I: Arus (*ampere/A*)

Sehingga melalui rumus tersebut, akan didapatkan hasil daya tiap 15 menit seperti pada tabel dibawah.

Tabel 4.4 Hasil Daya Panel Surya Kontrol Sabtu, 11 Januari 2025

NO	PUKUL	AMPERE	VOLT	DAYA (W)
1	11.00 WIB	0.55 A	8.9 V	4.895 W
2	11.15 WIB	0.55 A	8.9 V	4.895 W
3	11.30 WIB	0.48 A	8.8 V	4.224 W
4	11.45 WIB	0.70 A	9.0 V	6.3 W
5	12.00 WIB	0.21 A	8.5 V	1.785 W
DAYA RATA-RATA				4.419 W

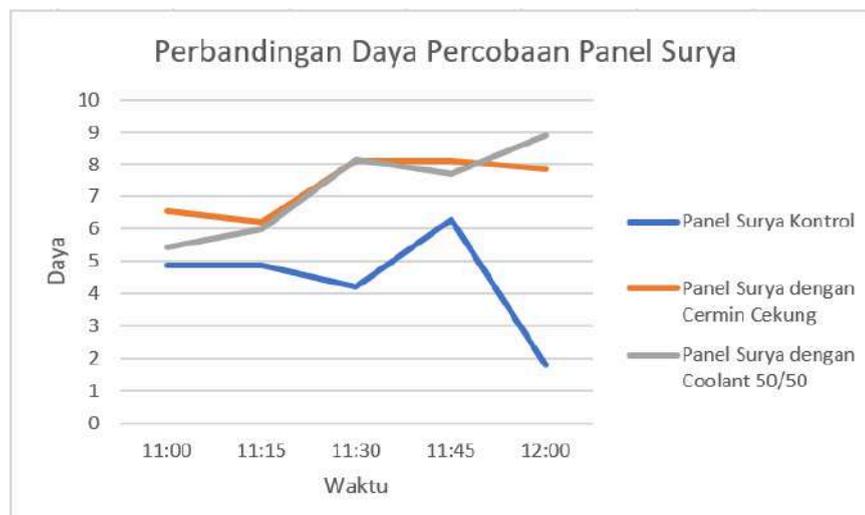
Tabel 4.5 Hasil Daya Panel Surya Menggunakan Cermin Cekung Sudut 70°
Minggu, 12 Januari 2025

NO	PUKUL	AMPERE	VOLT	DAYA (W)
1	11.00 WIB	0.71 A	9.2 V	6.532 W
2	11.15 WIB	0.67 A	9.3 V	6.231 W
3	11.30 WIB	0.73 A	11.1 V	8.103 W
4	11.45 WIB	0.71 A	11.4 V	8.094 W
5	12.00 WIB	0.70 A	11.2 V	7.84 W
DAYA RATA-RATA				7.36 W

Tabel 4.6 Hasil Daya Panel Surya *Coolant 50/50* Minggu, 19 Januari 2025

NO	PUKUL	AMPERE (A)	VOLT (V)	DAYA (W)
1	11.00 WIB	0.59 A	9.2 V	5.428 W
2	11.15 WIB	0.65 A	9.2 V	5.98 W
3	11.30 WIB	0.71 A	11.5 V	8.165 W
4	11.45 WIB	0.70 A	11.0 V	7.7 W
5	12.00 WIB	0.80 A	11.1 V	8.88 W
DAYA RATA-RATA				7.231 W

Setelah didapatkan hasil daya dari 3 percobaan panel surya, maka dapat dijabarkan grafik daya sebagai berikut.



Grafik 4.3 Perbandingan Daya Percobaan Panel Surya

Pada pukul 12.00, suhu lingkungan panel surya kontrol turun yang menyebabkan hasil arus dan tegangan panel surya tidak maksimal, yakni dengan suhu yang lebih rendah dibandingkan rata-rata, 33.7 °C. Hal ini yang menyebabkan data pada tabel dan grafik menunjukkan penurunan secara drastis, karena salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja panel surya

adalah suhu. Sementara pada percobaan panel surya menggunakan cermin cekung dan *coolant 50/50* berada pada rentang suhu yang kurang lebih sama, yakni 35.0 °C dan 35.6 °

Lalu untuk menghitung peningkatan daya panel surya yang diberikan 4 cermin cekung dengan sudut 70° dan panel surya dengan *coolant 50/50*, dapat digunakan rumus matematis peningkatan secara persen. Secara umum, untuk menghitung peningkatan suatu data dalam persen, dapat dijabarkan secara matematis sebagai berikut.

$$\% = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100\%$$

Keterangan:

W1: Data awal

W2: Data akhir

Data awal yang digunakan adalah data panel surya kontrol yang tidak diberikan baik cermin cekung maupun *coolant 50/50*, sementara data akhir yang digunakan adalah daya panel surya yang ditambahkan kedua unsur tersebut. Rumus ini pada umumnya digunakan untuk menghitung persentase selisih laba atau rugi dalam ekonomi, dan rumus ini dapat diterapkan juga untuk menghitung peningkatan daya yang dihasilkan setelah menambah komponen cermin cekung dan *coolant 50/50* pada panel surya. Kita dapat menghitung persentase peningkatan daya maksimum menggunakan salah satu data percobaan yang menghasilkan daya tertinggi pada 3 percobaan panel surya, yakni terletak pada jam 11.45. Memasukkan data yang tersedia akan menghasilkan persentase peningkatan daya sebagai berikut.

Untuk cermin cekung dengan sudut 70°

$$\begin{aligned} \% &= \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \\ &= \frac{8.094 - 6.3}{6.3} \times 100\% \\ &= \frac{1.794}{6.3} \times 100\% \\ \% &= 28.5\% \end{aligned}$$

Sementara untuk *coolant 50/50*

$$\begin{aligned} \% &= \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \\ &= \frac{7.7 - 6.3}{6.3} \times 100\% \\ &= \frac{1.4}{6.3} \times 100\% \\ \% &= 22.2\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil percobaan serta analisis data yang dilakukan sebelumnya, dapat ditemukan bahwa baik penambahan cermin cekung dan *coolant 50/50* berpengaruh pada hasil daya panel surya. Ketika kedua percobaan tersebut dibandingkan, ditemukan bahwa panel surya yang menggunakan 4 cermin cekung dengan sudut 70° memiliki persentase kenaikan daya lebih tinggi dibandingkan dengan *coolant 50/50*, yakni sebesar 28.5%, dengan daya rata-rata yang dihasilkan sebesar 7.36 Watt. Salah satu cara untuk meningkatkan daya adalah dengan menggunakan semacam reflektor untuk meningkatkan intensitas radiasi matahari dengan menyesuaikan panjang fokus. Dengan demikian, panel surya mendapatkan intensitas yang lebih untuk bisa meningkatkan daya. Sementara penggunaan *coolant 50/50* lebih berfokus pada mencegah agar panel surya tidak mengalami *overheat* yang dapat mempengaruhi kinerja panel surya itu sendiri, sehingga *coolant 50/50* lebih mengarah kepada pemeliharaan jangka panjang untuk panel surya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan pada hari Sabtu 11 Januari 2025-Minggu 12 Januari 2025 dan Minggu 19 Januari 2025 dengan hasil pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- 5.1.1 Penambahan komponen 4 cermin cekung dengan sudut 70° terbukti mempengaruhi peningkatan daya panel surya yang dihasilkan. Daya rata-rata panel surya kontrol yang dihasilkan sebesar 4.419 W, daya rata-rata panel surya dengan cermin cekung sudut 70° sebesar 7.36 W.
- 5.1.2 Penambahan komponen *coolant 50/50* terbukti mempengaruhi peningkatan daya panel surya yang dihasilkan. Daya rata-rata panel surya kontrol yang dihasilkan sebesar 4.419 W, daya rata-rata panel surya dengan *coolant 50/50* sebesar 7.231 W.
- 5.1.3 Panel surya dengan 4 cermin cekung sudut 70° menghasilkan peningkatan daya lebih besar dibandingkan panel surya dengan *coolant 50/50* dalam kurun waktu 1 jam. Persentase peningkatan daya yang dihasilkan panel surya dengan cermin cekung sebesar 28.5% sedangkan persentase peningkatan daya panel surya dengan *coolant 50/50* sebesar 22.2%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian sebelumnya, dapat dikembangkan beberapa saran sebagai berikut.

- 5.2.1 Untuk pengambilan data sebaiknya dilakukan pada saat musim kemarau untuk mendapatkan data optimal tegangan dan arus panel surya.
- 5.2.2 Menggunakan alat pengukur tegangan dan arus yang dapat mengukur tegangan dan arus yang lebih kecil lagi.

- 5.2.3 Pengambilan data memerlukan hari yang lebih banyak lagi untuk mendapatkan lebih banyak data sebagai cadangan.
- 5.2.4 Pemberian jarak yang spesifik antara cermin cekung dengan panel surya
- 5.2.5 Memperhatikan perhitungan volume *coolant* yang digunakan untuk mendinginkan panel surya, serta pengaruhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashok S. 2024. *Solar Energy*. www.britannica.com.
Diakses pada tanggal 22 November. 2024, dari
<https://www.britannica.com/science/solar-energy>
- Cara kerja, Manfaat & Pemasangan Panel Surya*. 2024. sunenergy.id.
Diakses pada tanggal 22 November. 2024, dari
<https://sunenergy.id/panel-surya>
- Dadi I, Juniartiba P, dan Redhana I. 2019. *Analisis Kebutuhan Untuk Pengembangan Media Pembelajaran IPA Berbasis Mind Mapping*. Program Studi S1 Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, Indonesia
- Handoko S, Setiawan A, dan Yuningtyastuti. 2015. *Analisis Penggunaan Cermin Cekung, Cermin Datar, dan Kombinasi Cermin Cekung-Datar Untuk Meningkatkan Daya Keluaran Pada Sel Surya*. Program Studi Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang, Tembalang
- Kamal N. 2021. *Cermin Cekung: Pengertian, Sifat Bayangan, Karakteristik, Rumus dan Pemanfaatannya*. Diakses pada tanggal 29 Februari 2025 dari
https://www.gramedia.com/literasi/sifat-bayangan-cermin-cekung/?srsltid=AfmBOorNcFPJVbOLespKQnvqb-aRqAnVVCMKorp4n5xgvUPUQfcuF1yF#4_Titik_Fokus
- Maarif S.D. 2023. *Mengapa Kita Perlu Menghemat Listrik*. tirto.id.
Diakses pada tanggal 22 November. 2024, dari

https://tirto.id/manfaat-menghemat-energi-listrik-gP29#google_vignette

Sampoerna Academy. 2024. *Pengertian Pemantulan Cahaya, Hukum, Macam-macam dan Rumus*. sampoernaacademy.sch.id.

Diakses pada tanggal 28 Januari 2025, dari

<https://www.sampoernaacademy.sch.id/news/hukum-pemantulan-cahaya#:~:text=Hukum%20Pemantulan%20Cahaya,-Adanya%20sinar%20datang&text=Gelombang%20cahaya%20akan%20memantul%20apabila,dipantulkan%20bisa%20memantul%20secara%20sempurna>

SCRIBD. 2017. *Pemantulan Pada Cermin Cekung*. scribd.com.

Diakses pada tanggal 28 Januari 2025, dari

<https://www.scribd.com/document/341695165/Pemantulan-Pada-Cermin-Cekung>

ShiftThrill. 2025. *Choosing the Optimal Coolant Ratio: 70/30 vs 50/50 and 30/70 Ratios*. Diakses pada tanggal 28 Februari 2025 dari

<https://shifthrill.com/the-optimal-coolant-ratio-70-30-vs-50-50-and-30-70/>

Simatupang P. 2022. *Pengaruh Jenis Coolants Pada Panel Surya Terhadap Kinerja Panel Surya*. Tesis. Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Widayana G. 2012. *Pemanfaatan Energi Surya*. Program Studi Teknik Mesin Universitas Pendidikan Ganesha, Bali

LAMPIRAN

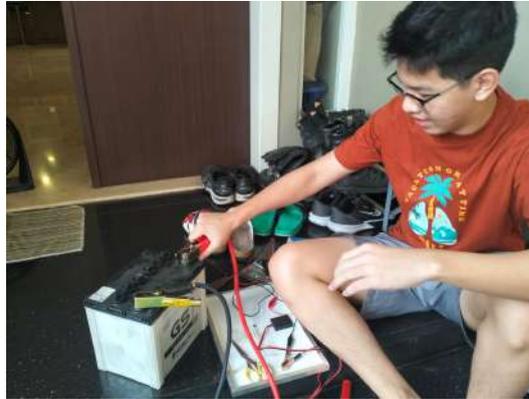
Lampiran 1. Proses Persiapan Kabel Panel Surya



Lampiran 2. Proses Pengaturan SCC



Lampiran 3. Proses Pengecekan Aki



Lampiran 4. Panel Surya Menggunakan Cermin Cekung 70°



Lampiran 5. Panel Surya Menggunakan *Coolant 50/50*

