

**SKRIPSI**

**SISTEM PENDINGIN PANEL SURYA BERBASIS AIR LAUT  
PADA KAPAL IKAN**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**MUH. FAUZI AWALUDDIN  
D091171311**



**PROGRAM STUDI SARJANA SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SISTEM PENDINGIN PANEL SURYA BERBASIS AIR LAUT  
PADA KAPAL IKAN**

Disusun dan diajukan oleh

**MUH FAUZI AWALUDDIN**

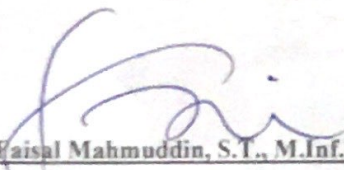
**D091171311**


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Program Studi Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal September 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

  
Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.  
NIP. 19810211 200501 1

  
Ir. Syerly Klara, M.T  
NIP. 196405011990022001

Ketua Departemen  
  
Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.  
NIP. 19810211 200501 1

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,  
Nama : Muh Fauzi Awaluddin  
NIM : D091171311  
Departement : Teknik Sistem Perkapalan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**SISTEM PENDINGIN PANEL SURYA BERBASIS AIR LAUT PADA KAPAL  
IKAN**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisanorang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Olehkarena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasitemuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, September 2023

Yang membuat pernyataan,



Muh Fauzi Awaluddin

## ABSTRAK

**MUH FAUZI AWALUDDIN.** *Sistem Pendingin Panel Surya Berbasis Air Laut Pada Kapal Ikan* (dibimbing oleh Dr.Eng. Faisal Mahmuddin,S.T, M.Inf.Tech., M.Eng dan Ir. Syerly Klara, M.T)

Cahaya matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang jumlahnya sangat berlimpah terutama di daerah tropis seperti di Indonesia. Salah satu pemanfaatan energi matahari yaitu sebagai sumber energi untuk sel surya. Sel surya bekerja menggunakan energi matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik. Tenaga listrik panel surya menurun secara substansial setiap kali suhu sel surya tinggi. Hampir 5-20% sinar matahari yang memasuki permukaan sel surya diubah menjadi tenaga listrik. Peningkatan suhu pada panel surya dapat menurunkan efisiensi dari panel surya itu sendiri, sehingga dibutuhkan upaya untuk mengatasi masalah tersebut dengan memasang sistem pendingin pada panel surya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen, dimana penulis melakukan pengujian pengaruh sistem pendingin pada panel surya dan membandingkan daya yang dihasilkan panel surya tanpa sistem pendingin dengan panel surya menggunakan sistem pendingin. Hasilnya menunjukkan panel surya yang menggunakan sistem pendingin pada kapal ikan mengalami peningkatan efisiensi sebesar 8,8 % dari daya awal sebesar 110,46 Watt menjadi 122,16 Watt . Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa panel surya dengan sistem pendingin mampu menjaga kinerja panel surya. Hal ini terlihat dari percobaan menunjukkan panel surya dengan sistem pendingin mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 18,5 %, peningkatan tegangan sebesar 5,10 %, arus listrik sebesar 5,2 % dan daya listrik sebesar 10,6 %.

Kata Kunci : Panel surya, Sistem pendingin, Efisiensi

## ABSTRACT

**MUH FAUZI AWALUDDIN.** Seawater-Based Solar Panel Cooling System on Fishing Vessels (supervised by Dr.Eng. Faisal Mahmuddin, S.T, M.Inf.Tech., M.Eng and Ir. Syerly Klara, M.T)

Sunlight is one of the renewable energy that is very abundant, especially in tropical regions such as in Indonesia. One of the uses of solar energy is as an energy source for solar cells. Solar cells work using solar energy by directly converting solar radiation into electricity. The electric power of solar panels decreases substantially whenever the temperature of the solar cells is high. Almost 5-20% of sunlight entering the surface of solar cells is converted into electric power. Increasing the temperature of solar panels can reduce the efficiency of the solar panels themselves, so efforts are needed to overcome these problems by installing cooling systems on solar panels. The method used in this study is an experiment, where the author tested the effect of the cooling system on solar panels and compared the power generated by solar panels without a cooling system with solar panels using a cooling system. The results showed that solar panels using cooling systems on fishing vessels increased efficiency by 8.8% from the initial power of 110.46 Watts to 122.16 Watts. From the results of the experiment it can be concluded that solar panels with cooling systems are able to maintain the performance of solar panels. This can be seen from experiments showing solar panels with cooling systems experienced an average temperature decrease of 18.5%, an increase in Voltage by 5.10%, electric current by 5.2% and electrical power by 10.6%.

Keywords : Solar Panel, Cooling System, Efficiency

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR .....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Kapal Ikan.....	5
2.2 Panel Surya .....	5
2.2.1 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	6
2.2.2 Prinsip Kerja Panel Surya (Photovoltaik) .....	9
2.3 Sistem Pendingin.....	10
2.4 Efisiensi Sel Surya .....	11
2.5 Pengertian Arduino .....	12
2.5.1 Hardware.....	12
2.5.2 Program Arduino Ide.....	14
2.6. Sensor DHT 11.....	17
2.7. Multimeter.....	17
2.8. Penelitian Yang Relevan .....	18
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Metode Penelitian.....	22

3.3 Sketsa penempatan alat pada kapal .....	22
3.3 Kerangka Penelitian .....	24
3.4 Alat dan Bahan.....	25
3.5 Objek Penelitian .....	28
3.6. Sistem Kerja Rangkaian .....	29
3.6.1 Skema sistem pendinginan .....	30
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Prototipe sistem pendingin .....	31
4.2 Hasil Pengujian Pada Sistem Pendingin .....	32
4.3 Performa panel surya dengan sistem pendingin .....	37
4.4 Efisiensi panel surya .....	37
<b>BAB 5 KESIMPULAN.....</b>	<b>40</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Panel surya .....	8
Gambar 2 Inverter .....	9
Gambar 3 <i>Baterai</i> .....	9
Gambar 4 <i>Charge controller</i> .....	10
Gambar 5 Program arduino .....	15
Gambar 6 Sensor suhu .....	17
Gambar 7 Multimeter .....	18
Gambar 8 Kapal model .....	23
Gambar 9 Sketsa penampang kapal ikan .....	24
Gambar 10 Kerangka penelitian.....	24
Gambar 11 Panel surya .....	25
Gambar 12 Arduino uno dan sensor suhu .....	26
Gambar 13 Multimeter .....	26
Gambar 14 Pipa kondensor .....	27
Gambar 15 Pompa.....	27
Gambar 16 Baterai .....	28
Gambar 17 Panel surya .....	28
Gambar 18 Rangkaian kerja.....	29
Gambar 19 Skema sistem pendingin.....	30
Gambar 20 Alat sistem pendingin pada panel surya.....	31
Gambar 21 Rangkaian alat sistem pendingin panel surya .....	31
Gambar 22 Grafik suhu panel surya.....	33
Gambar 23 Grafik tegangan panel surya.....	34
Gambar 24 Grafik arus listrik panel surya .....	35
Gambar 25 Grafik daya listrik panel surya .....	35



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Indeks arduino uno.....	13
Tabel 2 Daftar penelitian relevan.....	19
Tabel 3 Ukuran utama kapal .....	23
Tabel 4 Spesifikasi panel surya.....	25
Tabel 5 Spesifikasi arduino uno.....	26
Tabel 6 Spesifikasi multimeter .....	26
Tabel 7 Spesifikasi pompa .....	27
Tabel 8 Spesifikasi baterai .....	28
Tabel 9 Spesifikasi panel surya.....	29
Tabel 10 Hasil pengukuran panel surya tanpa sistem pendingin .....	33
Tabel 11 Hasil pengukuran panel surya dengan sistem pendingin .....	33

## DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
A	Luas panel ( $m^2$ )
B	Lebar kapal (m)
FF	Fill faktor
H	Tinggi kapal (m)
I	Arus listrik (A)
$I_{pm}$	Arus kondisi maksimum (A)
$I_r$	Irradiasi matahari ( $W/m^2$ )
$I_{sc}$	Arus hubung Singkat (A)
LOA	Panjang kapal keseluruhan (m)
LBP	Panjang kapal antara perpendikular (m)
LWL	Panjang kapal antara garis air (m)
$\eta$	Efisiensi panel surya
$\eta_0$	Efisiensi panel surya tanpa sistem pendingin
$\eta_1$	Efisiensi panel surya dengan sistem pendingin
$P_{in}$	Daya masuk (W)
$P_{out}$	Daya keluar (W)
$T_0$	Suhu panel surya tanpa sistem pendingin ( $^{\circ}C$ )
$T_1$	Suhu panel surya dengan sistem pendingin ( $^{\circ}C$ )
$V_0$	Tegangan panel surya tanpa sistem pendingin (V)
$V_1$	Tegangan panel surya dengan sistem pendingin (V)
$V_{oc}$	Tegangan sirkuit terbuka/ tegangan maksimum yang dapat dihasilkan panel surya tanpa beban (V)
$V_{pm}$	Tegangan pada kondisi maksimum (V)

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi pengambilan data.....	42
Lampiran 2. Kode program sistem pendingin.....	51

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “sistem pendingin panel surya berbasis air laut pada kapal ikan” dapat diselesaikan. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk mendapat gelar Sarjana Teknik (ST), pada Universitas Hasanuddin.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis telah mendapat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta kakak-kakak yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis.
2. Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng Faisal Mahmudin S.T., M.Eng., Ph.D selaku pembimbing I, Ibu Ir. Hj. Syerly Klara, M.T selaku pembimbing II, yang telah membimbing penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan civitas akademika Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membimbing dan memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTUH.
5. Seluruh saudara Angkatan 2017 Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis.
6. Pihak-pihak yang tidak sempat penulis sebutkan pada kesempatan ini.

Penulis menyadari masih banyak memiliki kekurangan pada skripsi ini, sehingga saran dan masukan yang membangun sangat dibutuhkan.

Gowa, Agustus 2023

Penulis

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sumber daya alam memiliki peran yang sangat penting pada kehidupan sehari-hari. Sumber daya alam terbagi menjadi 2 jenis, yaitu sumber daya alam terbarukan dan sumber daya alam tidak terbarukan. Sumber daya alam terbarukan terdiri dari matahari, air, udara, biomassa dan panas bumi. Sedangkan, sumber daya alam tidak terbarukan terdiri dari minyak bumi, batubara, dan gas alam. Cahaya matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang jumlahnya sangat berlimpah terutama di daerah tropis seperti di Indonesia.

Kebutuhan pada listrik sangat berpengaruh pada kehidupan manusia, bukan hanya di daratan tetapi juga dilautan. Listrik sangat dibutuhkan oleh nelayan untuk mendukung proses dalam penangkapan ikan, baik dalam penerangan dan juga dalam menjaga kualitas tangkapan.

Energi listrik dari tenaga surya ini dimanfaatkan sebagai energi listrik alternatif khususnya bagi kapal-kapal perikanan yang tidak menggunakan generator. Pemanfaatan energi surya ini dipilih karena energi matahari termasuk salah satu jenis energi terbarukan (Boyle, 2004) dan Indonesia merupakan negara tropis yang berada di jalur khatulistiwa sehingga berlimpah sinar matahari sepanjang tahun (Anwar, 2016).

Sebuah panel surya terbuat dari banyak sel surya. Sel tersambung secara elektrik untuk memberikan arus dan tegangan tertentu. Namun, Panel surya sendiri memiliki suhu maksimum body yang mana berpengaruh pada keluaran panel surya. Panel sel surya mengalami penurunan kemampuan dalam menghasilkan listrik bila terlalu panas atau melawati batas efektifitas. Oleh sebab itu, diperlukan system pendingin untuk mendinginkan atau menurunkan suhu pada panel sel surya, agar dapat menghasilkan aliran listrik secara efektif dan efisien (Loegimin, Sumantri, dan Nugroho, 2020).

Hal ini diperlukan supaya suhu permukaan panel surya tidak meningkat seiring dengan tingginya radiasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu pada *solar cell* sekitar 1 °C menurunkan efisiensi sebesar 0,45%

(L. Zhu, A. P. Raman, dan S. Fan, 2015), jika melihat pada proses pendinginan *solar cell* yang dilakukan dengan tujuan untuk menjaga suplai listrik dari panel *solar cell* tetap baik dan stabil pada suhu 25 °C – 35 °C karena pada suhu tersebut panel surya dapat menghasilkan daya terbaik.

Dalam mengurangi suhu kerja panel surya, dapat dilakukan dengan menggunakan aliran udara untuk mendinginkan suhu panel surya dan hasilnya mengalami peningkatan efisiensi sebesar 12% (A. Kasaeian, Y. Khanjari, dan S. Golzari, 2017). Selain itu, menggunakan teknologi semprotan air dengan kecepatan tinggi untuk mendinginkan panel surya mengalami kenaikan 60% dan 17% listrik yang dikeluarkan (H. M. S. Bahaidarah, 2016).

Penelitian ini dilatarbelakangi permasalahan yang sering muncul dalam pemakaian panel surya yaitu terjadinya kerusakan dan kurangnya performa pada panel surya akibat panas yang berlebih. Maka dari itu adanya solusi alternatif untuk mengatasi hal tersebut, dengan membuat sistem pendingin menggunakan air laut untuk photoVoltaic diharapkan dapat membantu untuk meningkatkan efektifitas dan dapat mencegah kerusakan pada panel surya. Adapun judul dari penelitian ini adalah “SISTEM PENDINGIN PANEL SURYA BERBASIS AIR LAUT PADA KAPAL IKAN”

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana cara mengembangkan sistem pendingin panel surya berbasis air laut pada kapal ikan?
2. Bagaimana efisiensi panel surya yang menggunakan sistem pendingin pada kapal ikan?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengembangkan sistem pendingin panel surya pada kapal ikan dan mengurangi dampak panas berlebih pada panel surya.
2. Untuk mengetahui efisiensi panel surya dengan sistem pendingin

#### **1.4 Batasan Masalah**

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan, sehingga tujuan penelitian akan tercapai . Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal nelayan EV. Kalina.
2. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler yaitu Arduino sebagai komponen control.
3. Penelitian ini berfokus untuk mengetahui pengaruh sistem pendinginan air laut terhadap kinerja panel surya.
4. Penelitian ini berfokus untuk memaksimalkan daya keluaran dari panel surya.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dari sisi Energi

Untuk meningkatkan energi yang dihasilkan panel surya.

2. Dari sisi ekonomi

Untuk meningkatkan ketahanan panel surya pada panas berlebih.

3. Dari sisi akademis

Untuk memberikan sumbangan data yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya. Dapat menjadi pertimbangan untuk di terapkan dalam kehidupan sehari-hari.

#### **1.6 Metodologi Penelitian**

Metodologi penulisan yang digunakan pada penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur, berupa studi kepustakaan, kajian kajian dari buku buku dan tulisa-tulisan yang terkait.
2. Browsing internet, berupa studi artikerl-artikel, gambar-gambar dan bukubuku elektronik (*e-book*) serta data-data lainnya.

3. Studi lapangan, yaitu dengan menambil data dari hasil pengujian yang dilakukan di labo Sistem Bangunan laut Fakultas Teknik.
4. Diskusi, berupa tanya jawab dengan dosen pembimbing yang ditunjuk oleh Departement Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin.

## **I.7 Sistematika Penulisan**

Skripsi ini dibagi dalam beberapa bagian untuk mempermudah penulis di dalam memahami tulisan ini, yaitu sebagai berikut:

### **Bab I Pendahuluan**

Pada bab ini membahas latar belakang penulisan skripsi, tujuan penelitian, perumasan masalah, batasan masalah, manfaat, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

### **Bab II Tinjauan pustaka**

Pada bab ini membahas teori dasar yang mendukung pada penelitian. Pada bab ini dibahas panel surya, sistem pendingin, dan efisiensi sel surya

### **Bab III Metodologi penelitian**

Memuat penjelasan tentang lokasi dan waktu pengumpulan data, peralatan dan bahan yang digunakan, objek penelitian, diagram alir.

### **Bab IV Hasil dan Pembahasan**

Pada bab ini berisi tentang pembahasan hasil-hasil penelitian

### **Bab V Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang di dapat selama proses pembuatan, dan saran yang dapat digunakan untuk penelitian berikutnya.

### **Daftar Pustaka**

Daftar pustaka berisikan literatur yang digunakan selama proses penyusunan skripsi.

### **Lampiran**

Lampiran berisikan data yang di dapat dari hasil penelitian.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kapal Ikan**

Kapal ikan didefinisikan sebagai kapal atau perahu atau alat apung yang digunakan untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan termasuk melakukan survei atau eksplorasi perikanan. Kapal penangkap ikan adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk menangkap ikan termasuk menampung, menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan. Kapal pengangkut ikan adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk mengangkut ikan termasuk memuat, menampung, menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan. Berdasarkan definisi-definisi tersebut diatas, maka dapat diketahui bahwa kapal ikan sangat beragam dari kekhususan, penggunaannya hingga ukurannya. Kapal-kapal ikan tersebut terdiri dari kapal atau perahu berukuran kecil berupa perahu sampan (perahu tanpa motor) yang digerakkan dengan tenaga dayung atau layar, perahu motor tempel yang terbuat dari kayu hingga pada kapal berukuran besar yang terbuat dari kayu, *fiberglass*, maupun besi baja dengan tenaga penggerak mesin diesel. Jenis dan bentuk kapal ikan ini berbeda sesuai dengan tujuan usaha, keadaan perairan, daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) dan lain-lain, sehingga menyebabkan ukuran kapal yang berbeda pula (purbayanto dkk, 2004).

#### **2.2 Panel Surya**

Sel surya atau yang disebut juga (*Photovoltaik*) adalah piranti semikonduktor yang dapat mengubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik DC (arus searah) dengan menggunakan kristal Si (silikon) yang tipis. Sebuah kristal silindris Si diperoleh dengan cara memanaskan Si itu dengan tekanan yang diatur sehingga Si itu berubah menjadi pengantar. Bila kristal silindris itu dipotong setebal 0,3 mm, maka akan terbentuklah sel-sel silikon yang tipis atau yang disebut juga dengan sel surya (*photovoltaik*). Sel-sel silikon dipasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel itu diberi sambungan yang berbeda potensial yang menyatu disebut dengan daerah

depleksi (*depletion region*). Bila sel-sel itu terkena sinar matahari maka pada sambungan itu akan mengalir arus listrik. Salah satu pemanfaatan energi matahari yaitu sebagai sumber energi untuk sel surya.

Sel surya bekerja menggunakan energi matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik. Sel surya yang banyak digunakan sekarang ini adalah sel surya berbasis teknologi silikon yang merupakan hasil dari perkembangan pesat teknologi semikonduktor elektronik (Arifin, Margareta dan Trimaryana, 2017). Tenaga listrik panel surya menurun secara substansial setiap kali suhu sel surya tinggi. Hampir 5-20% sinar matahari yang memasuki permukaan sel surya diubah menjadi tenaga listrik (P. Dwivedi, K. Sudhakar, and A. Soni, 2020). Salah satu cara yang perlu dilakukan adalah menjaga temperatur lingkungan selalu terjaga lebih rendah pada kondisi panas matahari.

Pada umumnya, *solar cell* merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Pada sel surya terdapat sambungan (function) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing - masing yang diketahui sebagai semikonduktor jenis "P" (positif) dan semikonduktor jenis "N" (Negatif). Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif. Dibawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

### **2.2.1 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

#### 1). Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas matahari atau "sol" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaik, photovoltaik dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya atau

sel PV bergantung pada efek photovoltaik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan. Panel surya merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel ini tersusun dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri maupun paralel. Sebuah panel surya umumnya terdiri dari 32-40 sel surya, tergantung ukuran panel (Quaschnig, 2005).



Gambar 1 Panel surya

Sumber : (<https://www.instructables.com/Solar-Pulse-Motor/>)

## 2). Inverter

Inverter merupakan peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) dari panel surya atau baterai menjadi arus listrik bolak-balik (AC) dengan frekuensi 50Hz/60Hz. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan juga tergantung pada apakah inverter akan menjadi bagian dari sistem yang terhubung ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri. Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sebesar 90% (Foster dkk., 2010). Inverter memiliki keluaran gelombang yang berbeda-beda dan dapat mempengaruhi baik dan tidaknya inverter itu sendiri. Berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan, inverter dikelompokkan menjadi tiga yaitu inverter dengan gelombang keluaran berbentuk *square*, *modified*, dan *true sine wave*. Inverter yang terbaik adalah yang mampu menghasilkan gelombang sinusoida murni atau *true sine wave* yaitu bentuk gelombang yang sama dengan bentuk gelombang dari jaringan listrik PLN (*grid utility*).



Gambar 2 Inverter

Sumber : (<https://id.aliexpress.com/item/32703604741.html>)

### 3). Baterai

Baterai adalah media penyimpanan yang digunakan dalam sistem PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari dan pada saat cuaca mendung. Baterai yang dipergunakan pada PLTS mengalami proses siklus mengisi (charging) dan mengosongkan (discharging), tergantung ada atau tidaknya sinar matahari. Saat ini banyak tersedia jenis baterai isi ulang cocok untuk diaplikasikan pada sistem PLTS. Meskipun ada beberapa jenis baterai yang diproduksi dengan kemajuan teknologi, akan tetapi baterai asam-timbal masih yang paling umum digunakan untuk media penyimpanan yang relatif ekonomis dan mempunyai efisiensi tinggi dan daya penyimpanan energi listrik yang besar yang memiliki Efisiensi keseluruhan pengisian dan pemakaian baterai asam-timbal sekitar 90 %. Hal tersebut menjadikan baterai jenis asam-timbal menjadi media penyimpan yang baik digunakan pada sistem PLTS untuk beberapa tahun ke depan (Messenger dan Ventre, 2005).



Gambar 3 Baterai

Sumber : (<https://www.indotrading.com/zeusbattery/zeus-battery-aki-kering-vrla-12v-7ah-mf-p873547.aspx>)

#### 4). Charge Controller

Untuk semua sistem dengan penyimpanan baterai, *controller* merupakan komponen yang sangat penting. *Charger controller* adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur pengisian arus searah (DC) dari panel surya ke baterai dan mengatur penyaluran arus listrik dari baterai ke peralatan elektronik (beban). *Charger controller* mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kapasitas pengisian baterai. Bila baterai sudah terisi penuh maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya ke baterai terhenti. Dengan cara pendeteksiannya adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Charge Controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan telah mencapai level terendah, maka baterai akan diisi kembali. *Charger Controller* adalah indikator yang akan memberikan informasi mengenai kondisi baterai sehingga pengguna PLTS dapat mengendalikan konsumsi energi menurut ketersediaan listrik yang terdapat di dalam baterai. Saat ini banyak perangkat *Charge Controller* yang beredar di pasaran yang memiliki efisiensi sekitar 95 % (Messenger dan Ventre, 2005).



Gambar 4 *Charge controller*

Sumber : (<https://www.dinomarket.com/TD/23844305/Solar-Charge-Controller-PWM-Panel-Tenaga-Surya-60A-12v-24v-60A/>)

### 2.2.2 Prinsip Kerja Panel Surya (Photovoltaik)

Dikarenakan munculnya muatan negatif dan muatan positif dari pertemuan didaerah W tersebut dengan sendirinya. Maka, perbedaan muatan tersebut disebut dengan medan listrik yang diistilahkan dengan internal E. Dikarenakan terjadinya medan listrik yang terjadi pada sambungan dioda PN membuat sambungan tersebut berada pada kondisi setimbang satu sama lain Dengan memanfaatkan reaksi yang

terjadi pada semikonduktor PN. Hal inilah yang dimanfaatkan untuk melakukan konversi cahaya matahari menjadi listrik. Dengan membuat semikonduktor N yang berada pada lapisan atas dan semikonduktor P pada lapisan bawah. Sehingga, saat sinar matahari mengenai panel surya jatuh ke permukaan sel dapat terus terserap dan masuk ke semikonduktor tersebut.

Saat lapisan panel surya ini terkena matahari maka, elektron pada semikonduktor N mendapat energi untuk menyerahkan elektron dari N ke daerah W. Saat terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada posisi elektron yang lepas disebut dengan fotogenerasi elektron. Dimana, dengan hasilnya ini menghasilkan pasangan elektron dan hole pada lapisan semikonduktor P dan N setiap kali terkena sinar matahari. Setiap kali mengenai lapisan panel surya dengan panjang gelombang spectrum yang berbeda. Membuat fotogenerasi yang ada pada semikonduktor PN mendapat spectrum yang berbeda. Dengan spectrum merah pada gambar mampu menembus lapisan semikonduktor N dan diserap oleh semikonduktor P. Kemudian spectrum biru pada gambar hanya sampai pada semikonduktor N dan diserap. Dari reaksi inilah yang akan menghasilkan medan listrik pada sambungan semikonduktor PN. Hasil perpindahan elektron inilah yang dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik dan menuju output akhir berupa kabel fasa dan kabel netral.

### **2.3 Sistem Pendingin**

Sistem pendingin adalah suatu sistem yang bekerja menjaga atau menurunkan suhu pada kondisi ideal dengan cara memindahkan panas dari suatu bidang ke air atau udara. Perpindahan panas dasarnya merupakan perpindahan energi dari suatu tempat ke tempat yang lain dan ada perbedaan suhu di antara dua bagian benda. Panas akan pindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Ada berbagai bentuk sistem pendingin mulai dari hembusan udara, media perpindahan (heatsink), aliran air, dan pendingin dengan gabungan dari semua sistem tersebut.

## 2.4 Efisiensi Sel Surya

Efisiensi Sel Surya dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain *Voltage open circuit* (VOC), *current short circuit* (ISC) dan *Fill Factor* (FF) seperti ditunjukkan pada persamaan dibawah ini (Dahliyah, Samsurizal, dan Pasra, N, 2021) :

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

$$P_{in} = I_r \max \times A \quad (2)$$

$$P_{out} = V \times I \times FF \quad (3)$$

$$n = \frac{V \times I \times FF}{I_r \times A} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Peningkatan tegangan panel surya} = (V_1 - V_0 / V_0) \times 100 (\%) \quad (5)$$

$$\text{Penurunan suhu panel surya} = (T_1 - T_0 / T_0) \times 100 (\%) \quad (6)$$

Dimana:

$\eta$  = efisiensi sel surya

$V_{pm}$  = tegangan pada kondisi maksimum (V)

$I_{pm}$  = arus pada kondisi maksimum (A)

$I_r$  = irradiansi matahari ( $W/m^2$ )

$A$  = Luas panel ( $m^2$ )

$V_{oc}$  = open circuit Voltage (Volt)

$I_{sc}$  = short circuit current (Ampere)

$FF$  = Fill Factor, menyatakan kualitas sel

$V$  = Tegangan panel surya (Volt)

$T$  = Suhu panel surya ( $^{\circ}C$ )

## **2.5 Pengertian Arduino**

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardware dalam arduino memiliki prosesor Atmel dan menggunakan software dan bahasa sendiri.

### **2.5.1 Hardware**

*Hardware* dalam arduino memiliki beberapa jenis, yang mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam setiap papannya. Penggunaan jenis arduino disesuaikan dengan kebutuhan, hal ini yang akan mempengaruhi dari jenis prosesor yang digunakan. Jika semakin kompleks perancangan dan program yang dibuat, maka harus sesuai pula jenis kontroler yang digunakan. Yang membedakan antara arduino yang satu dengan yang lainnya adalah penambahan fungsi dalam setiap boardnya dan jenis mikrokontroler yang digunakan. Dalam tugas akhir ini, jenis arduino yang digunakan adalah arduino uno.

#### **2.5.1.1 Arduino Uno**

Menurut Abdul Kadir (2013: 16), Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Pengendalian LED hingga pengontrolan robot dapat diimplementasikan dengan menggunakan papan berukuran relatif kecil ini. Bahkan dengan penambahan komponen tertentu, piranti ini bisa dipakai untuk pemantauan kondisi pasien di rumah sakit dan pengendalian alat-alat di rumah (B. Gustomo, 2015).



Tabel 1 Indeks arduino uno

Nama	Spesifikasi
Mikrokontroler	Atmega 328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC setiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori flash	32 KB (Atmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Clock speed	16 MHz

Sumber : (B. Gustomo, Pengenalan Arduino Dan Pemrogramannya, 2015)

*Hardware* arduino uno memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. 14 pin IO Digital (pin 0–13) Sejumlah pin digital dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan *input* atau *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.
- b. 6 pin Input Analog (pin 0–5) Sejumlah pin analog bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai *input* yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.
- c. 6 pin *Output* Analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11) Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin output analog dengan cara membuat programnya pada IDE.

Papan Arduino Uno dapat mengambil daya dari USB port pada komputer dengan menggunakan USB charger atau dapat pula mengambil daya dengan menggunakan suatu AC adapter dengan tegangan 9 Volt. Jika tidak terdapat power supply yang melalui AC adapter, maka papan Arduino akan mengambil daya dari USB port. Tetapi apabila diberikan daya melalui AC adapter secara bersamaan dengan USB port maka papan Arduino akan mengambil daya melalui AC adapter secara otomatis (B. Gustomo, 2015).

### 2.5.1.2 Software

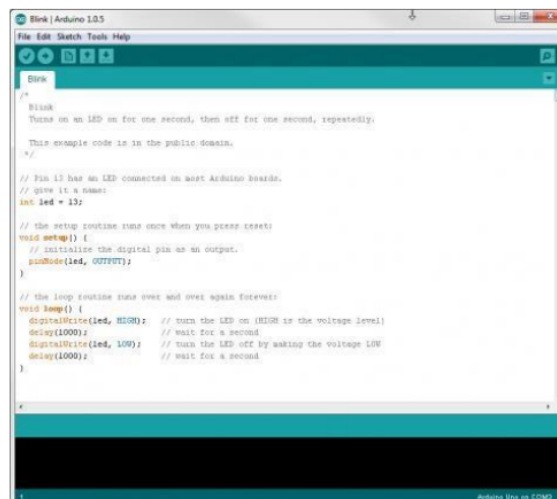
Software arduino yang digunakan adalah *driver* dan IDE, walaupun masih ada beberapa *software* lain yang sangat berguna selama pengembangan arduino. *Integrated Development Environment* (IDE), suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan Arduino. IDE arduino merupakan *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan java. IDE arduino terdiri dari:

1. Editor Program Sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.

2. *Compiler* Berfungsi untuk kompilasi sketch tanpa unggah ke board bisa dipakai untuk pengecekan kesalahan kode sintaks sketch. Sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa processing.

3. *Uploader* Berfungsi untuk mengunggah hasil kompilasi sketch ke board target. Pesan *error* akan terlihat jika board belum terpasang atau alamat port COM belum terkonfigurasi dengan benar. Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan arduino (B.Gustomo, 2015).

### 2.5.2 Program Arduino Ide



```

Sketch - Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help
Sketch
Blink
Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

This example code is in the public domain.

*/
// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

// the setup routine runs once when you power reset)
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);             // wait for a second
}

```

Gambar 5 Program arduino

Kode Program Arduino biasa disebut *sketch* dan dibuat menggunakan bahasa pemrograman C. Program atau *sketch* yang sudah selesai ditulis di Arduino IDE bisa langsung dcompile dan diupload ke Arduino Board. Secara sederhana, sketch dalam Arduino dikelompokkan menjadi 3 blok (lihat gambar 5):

1. *Header*
2. *Setup*
3. *Loop*

#### **2.5.2.1. Header**

Pada bagian ini biasanya ditulis definisi-definisi penting yang akan digunakan selanjutnya dalam program, misalnya penggunaan *library* dan pendefinisian variable. Kode dalam blok ini dijalankan hanya sekali pada waktu compile. Di bawah ini contoh kode untuk mendeklarasikan variable led (integer) dan sekaligus di isi dengan angka 13 `int led = 13;`

#### **2.5.2.2. Setup**

Di sinilah awal program Arduino berjalan, yaitu di saat awal, atau ketika power on Arduino board. Biasanya di blok ini diisi penentuan apakah suatu pin digunakan sebagai input atau output, menggunakan perintah `pinMode`. Inisialisasi variable juga bisa dilakukan di blok ini

*// the setup routine runs once when you press reset:*

```
void setup () { // initialize the digital pin as an output.
```

```
pinMode (led, OUTPUT); }
```

*OUTPUT* adalah suatu makro yang sudah didefinisikan Arduino yang berarti = 1. Jadi perintah di atas sama dengan `pinMode (led, 1);`

Suatu pin bisa difungsikan sebagai *OUTPUT* atau *INPUT*. Jika difungsikan sebagai *output*, dia siap mengirimkan arus listrik (maksimum 100 mA) kepada beban yang disambungkannya. Jika difungsikan sebagai *INPUT*, pin tersebut

memiliki impedance yang tinggi dan siap menerima arus yang dikirimkan kepadanya.

### 2.5.2.3. Loop

Blok ini akan dieksekusi secara terus menerus. Apabila program sudah sampai akhir blok, maka akan dilanjutkan dengan mengulang eksekusi dari awal blok. Program akan berhenti apabila tombol power Arduino di matikan. Di sinilah fungsi utama program Arduino berada.

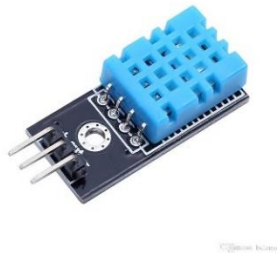
```
void loop () {
  digitalWrite(led, HIGH); // nyalakan LED
  delay(1000); // tunggu 1000 milidetik
  digitalWrite(led, LOW); // matikan LED
  delay(1000); // tunggu 1000 milidetik }
```

Perintah *digitalWrite*(pinNumber,nilai) akan memerintahkan arduino untuk menyalakan atau mematikan tegangan di *pinNumber* tergantung nilainya. Jadi perintah di atas *digitalWrite*(led,HIGH) akan membuat pin nomor 13 (karena di header dideklarasikan led = 13) memiliki tegangan = 5V (*HIGH*). Hanya ada dua kemungkinan nilai *digitalWrite* yaitu *HIGH* atau *LOW* yang sebetulnya adalah nilai integer 1 atau 0.

Kalau sudah dibuat program diatas, selanjutnya kita ambil kabel USB yang diikutsertakan pada saat membeli Arduino, pasangkan ke komputer dan board arduino, dan upload programnya. Lampu LED yg ada di Arduino board kita akan kelap-kelip. Sekedar informasi, sebuah LED telah disediakan di board Arduino Uno dan disambungkan ke pin 13. Selain blok *setup*() dan *loop*() di atas kita bisa mendefinisikan sendiri blok fungsi sesuai kebutuhan. Kita akan jumpai nanti pada saat pembahasan proyek (Septa Ajjie, 2016).

## 2.6. Sensor DHT 11

DHT11 adalah sensor Suhu dan Kelembaban, dia memiliki keluaran sinyal digital yang dikalibrasi dengan sensor suhu dan kelembaban yang kompleks. Teknologi ini memastikan keandalan tinggi dan sangat baik stabilitasnya dalam jangka panjang.



Gambar 6 Sensor suhu

Sumber : (<https://iotkece.com/cara-mudah-mengakses-sensor-dht-11-dengan-arduino/>)

## 2.7. Multimeter

Multimeter atau yang sering disebut sebagai AVO (Ampere, Volt, Ohm) Meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan dan hambatan listrik. Namun, seiring berkembangnya teknologi, kini sebuah multimeter tidak hanya dapat mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan resistansi, tetapi juga dapat mengukur kapasitansi dalam satu unit alat sekaligus.



Gambar 7 Multimeter

Sumber : (<https://www.conrad.com/p/Volcraft-vc850-handheld-multimeter-digital-cat-iii-1000-v-cat-iv-600-v-display-counts-6000-124602>)

## **2.8. Penelitian Yang Relevan**

Penelitian yang terdahulu yang dicantumkan oleh peneliti merupakan upaya pencarian perbandingan antara penelitian yang terdahulu dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti, selain itu penelitian terdahulu membantu peneliti dalam memposisikan penelitian yang dilakukan. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada media pendingin dan penempatannya yaitu menggunakan air laut sebagai pendingin dan akan ditempatkan pada kapal ikan. Adapun beberapa hasil penelitian yang penulis anggap mempunyai relevansi dengan penelitian yang akan dilakukan antara lain:

Tabel 2 Daftar penelitian relevan

No.	Nama (tahun)	Judul	Penelitian		Hasil
			Persamaan	Perbedaan	
1.	Haris Isyanto , Budiyanto, Fadliondi, Prian Gagani Chamdareno (2017)	Pendingin untuk Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya	Untuk mengetahui efisiensi sistem pendingin untuk peningkatan daya keluaran panel surya	Penelitian ini menggunakan 3 skema pendinginan yaitu skema pipa panas, pendinginan dengan udara, dan pendinginan menggunakan cairan	ketika suhu turun, VOC, VMP dan daya maksimum naik. Pada suhu 40 °C, VMP dan VOC masing- masing adalah 17.5 V dan 22 V dan daya maksimum adalah 10 W. Ketika suhu turun ke 20 °C, VMP dan VOC naik ke 20 V dan 24 V.

---

2.	Eqwar Saputra, Dwi Purwanto, Sulthan Rofi'ur Rahim, dan Alwi Isya Bakhtiar (2021)	Peningkatan Perfoma Panel Surya Dengan Sistem Pendinginan Untuk Mereduksi Panas Permukaan	Menggunakan pendinginan otomatis pada sistem panel surya untuk mengurangi panas dan meningkatkan efisiensi energi listrik yang dihasilkan.	Peneliti menggunakan arduino mega dan SD card untuk merekam data.	sistem pendingin pada panel surya mampu menjaga kinerja panel surya. panel surya dengan pendingin mengalami peningkatan tegangan rata-rata sebesar 5.5 % dibandingkan dengan tanpa pendingin. Selain itu, panel surya dengan pendingin mengalami peningkatan daya rata-rata sebesar 6% dibandingkan dengan tanpa pendingin.
----	-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---



---

3.	Amani Darma Tarigan, Hamdani (2020)	Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Sebagai Peningkatan Kinerja Panel Surya	Menggunakan sistem pendinginan untuk memaksimalkan efisiensi daya keluaran panel surya.	Menggunakan fan untuk skema pendinginan dengan udara	Penurunan Rata- rata Suhu panel surya dengan menggunakan pendingin adalah 28,20 %. Peningkatan efisiensi panel surya berubah dari 12,1 % menjadi 13,74 % karena menggunakan pendingin
----	-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---