

RANCANG BANGUN PLTS BERBASIS PENDINGINAN  
ALAMIAH TUMBUHAN



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ALDIN 342 19 025  
WIDYA APRILYANTY 342 19 042

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2022

## HALAMAN PENGESAHAN


Laporan Tugas Akhir dengan judul "Rancang Bangun PLTS Berbasis Pendinginan Alami Tumbuhan " oleh Aldin NIM 342 19 025 dan Widya Aprilyanty NIM 342 19 042 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma tiga (D-3) pada program studi D3 Teknik Konversi Energi jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 12 Desember 2022


Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
**Abdul Rahman, S.T., M.T**  
NIP. 19730803 200604 1 001

  
**Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D.**  
NIP. 19631111 199003 1 002

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin**  
**Politeknik Negeri Ujung Pandang**

  
**Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D**  
NIP. 19741106 200212 1 002

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tanggal 21 September 2022, Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir telah menerima dengan baik Laporan Proposal Tugas Akhir oleh mahasiswa Aldin NIM 342 19 025 dan Widya Aprilyanty NIM 342 19 042 dengan judul “Rancang Bangun PLTS Berbasis Pendinginan Alamiiah Tumbuhan”

Makassar, 12 Desember 2022

Tim Penguji Ujian Laporan Proposal Tugas Akhir :

1. A.M.Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. Ketua 
2. Sonong, S.T., M.T. Sekretaris 
3. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T Anggota 
4. Gusri Emiyati Ali, S.Pd., M.Pd Anggota 
5. Abdul Rahman, S.T., M.T Pembimbing 1 
6. Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D. Pembimbing 2 

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul **"Rancang Bangun PLTS Berbasis Pendinginan Alamiah"** dapat terselesaikan sebagaimana mestinya.

Selama penulisan Laporan Tugas Akhir ini, banyak hal yang penulis alami baik suka maupun duka. Maka pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak atas bimbingan, perhatian dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis, antara lain:

1. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara-saudara kami yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof.Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Rusdi Nur, S.S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Sri Suwasti, S.ST., M.T. selaku Ketua Program Studi D-3 Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Abdul Rahman, S.T., M.T selaku Dosen Pengarah Utama dan Bapak Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pengarah Pembimbing..

6. Ibu Gusri Emiyati Ali, S.Pd., M.Pd. selaku Wali Kelas 3B D-3 Teknik Konversi Energi.
7. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang selama kurun waktu 3 tahun dengan ikhlas dan penuh kerelaan hati telah mendidik dan mengajar kami, serta para staf dan teknisi Program Studi Teknik Konversi Energi.
8. Seluruh teman-teman seperjuangan D-3 Teknik Konversi Energi untuk kerjasama yang telah dilakukan dalam melewati proses pembelajaran selama tiga tahun di Politeknik Negeri Ujung Pandang.
9. Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada keluarga besar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.  
Wassalamu'alaikumussalam Warahmatullah Wabarakatuh.

Makassar,

2022

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETJUAN .....	i
HALAMAN PENERIMAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR SIMBOL .....	xiii
RINGKASAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan .....	2
1.4 Tujuan Kegiatan .....	3
1.5 Manfaat Kegiatan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Energi Surya .....	4
2.2 Panel Surya / Sel Surya .....	4

2.2.1 Pengertian Sel Surya.....	4
2.2.2 Struktur Sel Surya.....	6
2.2.3 Prinsip Kerja Sel Surya.....	8
2.2.4 Jenis-Jenis Sel Surya .....	11
2.2.5 Efisiensi Panel Surya .....	12
2.2.6 Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi .....	13
2.2.7 Solar Time .....	16
2.3 Akumulator/ <i>Accumulator</i> (Aki).....	18
2.3.1 Pengertian Akumulator.....	18
2.3.2 Prinsip Kerja Akumulator.....	18
2.3.3 Efisiensi Akumulator.....	21
2.4 Regulator / <i>Solar Charge Controller</i> .....	22
2.5 Sistem Pendingin .....	22
2.6 Tumbuhan Eceng Gondok ( <i>Eichornia Crassipes</i> ).....	23
2.7 Ikan Nila .....	24
2.8 Mikrokontroler.....	25
2.8.1 Arduino Mega 2560.....	25
2.8.2 Sensor Suhu DS18B20 .....	26
2.8.3 Sensor Suhu DS18B20 Waterproof.....	27
2.8.4 LCD dan I2C.....	28
<b>BAB III METODE KEGIATAN.....</b>	<b>30</b>

3.1 Waktu dan Tempat Kegiatan .....	30
3.2 Alat dan Bahan.....	31
3.2.1 Alat .....	31
3.2.2 Bahan.....	31
3.3 Prosedur Kerja .....	32
3.3.1 Tahap Perancangan.....	33
3.3.2 Tahap Pembuatan .....	38
3.3.3 Tahap Perakitan.....	38
3.3.4 Tahap Budidaya Tanaman dan Ikan.....	39
3.4 Langkah-langkah Pengujian Alat .....	39
3.5 Teknik Analisa Data.....	40
<b>BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN .....</b>	<b>43</b>
4.1 Hasil Kegiatan .....	43
4.1.1 Hasil Perancangan Rangka .....	43
4.1.2 Hasil Sistem Kelistrikan .....	44
4.1.3 Hasil Sistem Program Control .....	45
4.1.4 Hasil Budidaya Akuaponik .....	46
4.1.5 Hasil Pengujian Alat .....	48
4.1.6 Perhitungan Data .....	52
4.2 Deskripsi Hasil Kegiatan .....	56
4.2.1 Hasil Pengujian Panel Surya.....	56
4.2.2 Hasil Pengujian Pengisian Aki .....	57



4.2.3 Hasil Pengujian Pembebanan Aki .....	57
4.2.4 Hasil Pengujian data solar time, intensitas radiasi matahari, daya output, efisiensi panel dan temperatur pada panel .....	58
BAB V PENUTUP .....	61
5.1 Kesimpulan .....	61
5.1 Saran .....	62
DAFTAR PUSTAKA .....	63
LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan PLTS.....	28
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan pada perancangan dan pembuatan PLTS.....	29
Tabel 4.1 Data Hasil Pengambilan data keluaran panel surya pada panel yang memiliki pendingin .....	47
Tabel 4.2 Data Hasil Pengambilan data keluaran panel surya pada panel yang tanpa pendingin .....	48
Tabel 4.3 Data Hasil Pengisian Aki.....	48
Tabel 4.4 Data Hasil pengambilan pembebanan dan Aki sebagai Sumber untuk Aerator.....	49
Tabel 4.5 Data Hasil pengambilan data solar time, intensitas radiasi matahari, daya output, efisiensi panel dan temperatur pada panel yang memiliki pendingin .....	49
Tabel 4.6 Data Hasil pengambilan data solar time, intensitas radiasi matahari, daya output, efisiensi dan temperatur pada panel tanpa pendingin.....	50
Tabel 4.7 Pengambilan data dan perhitungan debit fluida .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Modul Surya Terdiri dari 28-36 sel surya.....	6
Gambar 2.2	Struktur dari sel Surya Komersial.....	6
Gambar 2.3	<i>Junction Antara Semikonduktor Tipe -P dan Tipe -N....</i>	8
Gambar 2.4	Proses Energi Matahari Menjadi Energi Listrik Pada Sel Surya .....	9
Gambar 2.5	Struktur Pita Sebuah Semikonduktor.....	10
Gambar 2.6	Tingkat Energi yang Dihasilkan Oleh Sambungan P-N Semikonduktor.....	10
Gambar 2.7	Panel Surya <i>Polycrystalline</i> .....	11
Gambar 2.8	Grafik Intensitas Radiasi Matahari dan Panjang Gelombang .....	13
Gambar 2.9	Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi .....	14
Gambar 2.10	Grafik Besar Radiasi Harian Matahari yang Mengenai Permukaan Bumi .....	15
Gambar 2.11	Ilustrasi baterai terisi penuh .....	18
Gambar 2.12	Ilustrasi baterai saat mengeluarkan arus.....	18
Gambar 2.13	Ilustrasi baterai dalam keadaan tak terisi .....	18
Gambar 2.14	Cara Kerja Akumulator .....	18
Gambar 2.15	<i>Solar Charge Controller</i> .....	20
Gambar 2.16	Tumbuhan Apu-apu .....	21
Gambar 2.17	Ikan Nila .....	23
Gambar 2.18	Papan Arduino Mega 2560.....	24
Gambar 2.19	Sensor Suhu DS18B20.....	25
Gambar 2.20	Sensor Suhu DS18B20 Waterproof .....	25

Gambar 2.21	LCD 20 x 4 .....	26
Gambar 2.22	Modul I2C .....	27
Gambar 3.1	Skematik Rangkaian.....	30
Gambar 3.2	Rangka Mekanik Panel Surya.....	32
Gambar 3.3	Rancang Bangun Sistem PLTS Berbasis Pendinginan Alamiah Tumbuhan.....	32
Gambar 3.4	Tampak Depan Rancang Bangun PLTS Berbasis pendinginan Alamiah Tumbuhan .....	33
Gambar 3.5 a	Gambar PLTS Tanpa Sistem Pendinginan .....	34
Gambar 3.5 b	Gambar PLTS Berbasis Pendinginan .....	34
Gambar 3.6	Diagram Alir Kegiatan ... ..	33
Gambar 4.1 a	Hasil Perancangan PLTS Berbasis Pendingin Alamiah Tumbuhan Panel Surya memiliki Pendingin.....	42
Gambar 4.1 b	Hasil Perancangan PLTS Berbasis Pendingin Alamiah Tumbuhan Panel Surya tanpa memiliki Pendingin.....	42
Gambar 4.2	Hasil Sistem Kelistrikan .....	43
Gambar 4.3 a	Hasil Perancangan Pembacaan Temperatur (Tampak Dari Atas) .....	44
Gambar 4.3 b	Hasil Perancangan Pembacaan Temperatur (Tampak Dari depan) .....	45
Gambar 4.4	Pertumbuhan tanaman eceng gondok .....	46
Gambar 4.5	Pertumbuhan Ikan Nila .....	46
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ ) dan solat time .....	55
Gambar 4.7	Grafik hubungan antara daya (watt) dengan waktu (jam) pada aki.....	56
Gambar 4.8	Grafik hubungan tegangan aki (V) dan waktu atau lama pemakaian aki ... ..	57

Gambar 4.9	Grafik hubungan temperatur panel surya terhadap daya output panel surya yang memiliki pendingin dan yang tidak memiliki pendingin .....	57
Gambar 4.10	Grafik hubungan temperatur panel surya terhadap efisiensi panel surya yang memiliki pendingin dan tidak memiliki pendingin ... ..	58



## DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
AC	Ampere (A)	Alternating Current
DC	Ampere (A)	Direct Current
A	Meter Persegi(m <sup>2</sup> )	Luas Penampang
P	Meter (m)	Panjang Sel Surya
L	Meter (m)	Lebar Sel Surya
P	Watt (W)	Daya Listrik
I <sub>r</sub>	W/m <sup>2</sup>	Intensitas Radiasi Matahari
V	Volt(V)	Tegangan Listrik
I	Ampere( A)	Kuat Arus Listrik
α	Derajat (°)	Sudut Kemiringan
η	Persen (%)	Efisiensi

# **RANCANG BANGUN PLTS BERBASIS PENDINGINAN ALAMIAH TUMBUHAN**

## **RINGKASAN**

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 melewati batas efektifitas. Oleh sebab itu, diperlukan sistem pendinginan untuk mendinginkan atau menurunkan suhu pada panel surya, agar dapat menghasilkan aliran listrik secara efektif dan efisien. Pada penelitian ini digunakan sistem pendinginan alamiah tumbuhan untuk menjaga suhu, daya dan memperbaiki efisiensi panel surya.

Kegiatan ini dimulai dengan perancangan sistem, perancangan rangka mekanik panel surya. Kemudian pembuatan rangka sistem panel surya, tahap perakitan sistem panel surya, sistem kelistrikan dan sistem program control dan budi daya tanamannya.

Dari hasil pengujian dapat kita simpulkan bahwa mendinginkan panel surya dengan tumbuhan itu sangat baik dibandingkan tanpa pendingin karena dapat mendinginkan / menurunkan temperatur panel surya. Temperatur panel surya yang memiliki pendingin yaitu 27,9 °C sedangkan yang temperatur panel surya tidak memiliki pendingin yaitu 30,6 °C. Selain itu hasil pertumbuhan tanaman eceng gondok sangat baik.

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aldin

NIM : 34219025

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun PLTS Berbasis Pendinginan Alamiiah Tumbuhan” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 22 Desember 2022

Ald



NIM: 34219025



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Widya Aprilyanty

NIM : 34219042

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun PLTS Berbasis Pendinginan Alamiah Tumbuhan” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 22 Desember 2022

Wid

NIM: 34219042



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi surya adalah sebuah sumber energi yang relatif tidak terbatas ketersediannya, ramah lingkungan dan energi ini dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang akan diubah menjadi energi listrik. Indonesia berada di daerah tropis mempunyai potensi energi surya sangat besar sekitar rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 71,02 MWp baik yang terinterkoneksi dan off-grid (Renstra Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), 2015). Letak Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa secara teoritis akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam sehari dan hampir seluruh wilayah Indonesia mendapatkan intensitas penyinaran yang relatif merata. Sehingga PLTS telah menjadi salah satu prioritas sumber energi terbarukan yang akan dikembangkan di Indonesia untuk mencapai target EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 (PP No.79 Tahun 2014, tentang Kebijakan Energi Nasional).

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 melewati batas efektifitas. Oleh sebab itu, diperlukan sistem

pendinginan untuk mendinginkan atau menurunkan suhu pada panel surya, agar dapat menghasilkan aliran listrik secara efektif dan efisien.

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 solar dapat menghasilkan daya listrik terbaik. Pada penelitian ini digunakan sistem pendinginan alamiah tumbuhan untuk menjaga suhu, daya dan memperbaiki efisiensi panel surya (Swatara,2020).

Sistem teknologi akuaponik merupakan penggabungan antara sistem akuakultur dan sistem hidroponik. Sistem teknologi budidaya akuaponik pada prinsipnya adalah menggabungkan antara budidaya perikanan dan tanaman dalam satu wadah, dimana keduanya saling membutuhkan satu sama lain (simbiosis mutualisme). Akuaponik memanfaatkan limbah dari ekosistem budidaya ikan menjadi sarana untuk tumbuh bagi tanaman-tanaman. Begitupun sebaliknya, ikan menghasilkan amoniak yang merupakan nutrisi bagi tanaman, tanaman menetralsir atau mengurangi amoniak yang dapat meracuni ikan. Di samping itu, sistem akuaponik juga mempunyai keuntungan lainnya berupa pemasukan tambahan dari hasil tanaman yang akan memperbesar keuntungan peternak ikan. (Zidni dkk., 2013)

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik menulis tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun PLTS Berbasis Pendinginan Alamiah Tumbuhan”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka disusun permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh temperature terhadap daya keluaran panel surya?
2. Bagaimana pengaruh temperature terhadap efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya?
3. Bagaimana pertumbuhan tanaman pada sistem teknologi akuaponik?

## 1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Adapun pembatasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis panel surya yang digunakan adalah *polycrystalline silicon* dengan kapasitas 20 Wp (*Watt Peak*).
2. Jenis tanaman yang digunakan adalah tanaman Eceng gondok (*Eichornia Crassipes*)

## 1.4 Tujuan Kegiatan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka adapun yang menjadi tujuan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh temperature terhadap daya keluaran panel surya.
2. Untuk mengetahui pengaruh temperature terhadap efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya.

3. Untuk mengetahui pertumbuhan tanaman pada sistem teknologi aquaponik

### **1.5 Manfaat Kegiatan**

Adapun manfaat yang didapatkan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil perancangan ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada mahasiswa dan masyarakat mengenai pendinginan alamiah tumbuhan pada Sel Surya.
2. Menjadi referensi tambahan dalam pembuatan maupun pengembangan alat yang memanfaatkan energi surya



## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Energi Surya**

Energi surya merupakan energi alternatif terbarukan yang berasal dari panas gelombang cahaya matahari. Energi surya sering digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari terutama dalam menunjang pekerjaan rumah tangga seperti menjemur dan lain sebagainya. Energi ini cukup ramah lingkungan dan tidak terbatas selama matahari ada di alam semesta ini. Dibandingkan dengan energi-energi yang lainya energi surya cukup mudah didapat. (Septiadi, 2009).

Beberapa bidang studi dan pemanfaatan energi matahari yaitu antara lain; konversi langsung energi matahari menjadi energi listrik, kolektor energi matahari suhu tinggi yang cocok untuk menggerakkan pembangkit daya, kolektor energi matahari plat datar suhu rendah, dan rancang bangunan yang menggunakan energi matahari secara pasif. Dalam waktu sehari energi matahari yang tersedia mungkin tidak mencukupi kebutuhan energi secara sempurna, sehingga untuk mentransfer energi matahari menjadi energi listrik menggunakan panel surya dan dibutuhkan tempat penyimpan energi sebagai komponen yang tak terpisahkan dari suatu rancang bangun sistem energi matahari (Reynold dan Perkins, 1983).

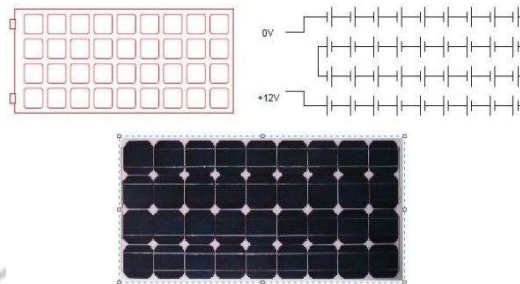
### **2.2 Panel Surya / Sel Surya**

#### **2.2.1 Pengertian sel surya**

*Photovoltaic cell* atau Sel surya merupakan sebuah *semiconductor device* Cek yang memiliki permukaan luas, terdiri dari rangkaian dioda tipe P dan N. Sinar matahari (cahaya) yang mengenai sel surya menghasilkan elektron dengan muatan positif dan *hole* yang bermuatan negatif, selanjutnya elektron dan *hole* mengalir membentuk arus listrik searah, elektron akan meninggalkan sel surya dan mengalir pada rangkaian luar, sehingga timbul arus listrik prinsip ini disebut *photoelectric*. Kapasitas arus yang dihasilkan tergantung pada intensitas cahaya maupun panjang gelombang cahaya yang jatuh pada sel surya. Intensitas cahaya menentukan jumlah foton, makin besar intensitas cahaya yang mengenai permukaan sel surya makin besar pula foton yang dimiliki sehingga makin banyak pasangan elektron dan *hole* yang dihasilkan yang akan mengakibatkan besarnya arus yang mengalir. Makin pendek panjang gelombang cahaya maka makin tinggi energi foton sehingga makin besar energi elektron yang dihasilkan, dan juga berimplikasi pada makin besarnya arus yang mengalir. Sel surya dapat tereksitasi karena terbuat dari material semikonduktor yang mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri atas dua jenis lapisan sensitif: lapisan negatif (tipe-n) dan lapisan positif (tipe-p), *multicrystalline silicon* adalah bahan yang paling dominan dipakai dalam industri *solar cell*. *Multicrystalline* dan *monocrystalline silicon* menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dari *amorphous silicon* (Safrizal, 2017).

Satu buah sel surya dapat menghasilkan kurang lebih 0,5 volt arus DC. Dan untuk menghasilkan tegangan 12 volt diperlukan 28-36 sel surya yang disusun secara seri yang dapat menghasilkan tegangan nominal sekitar 17,6 volt. Semakin

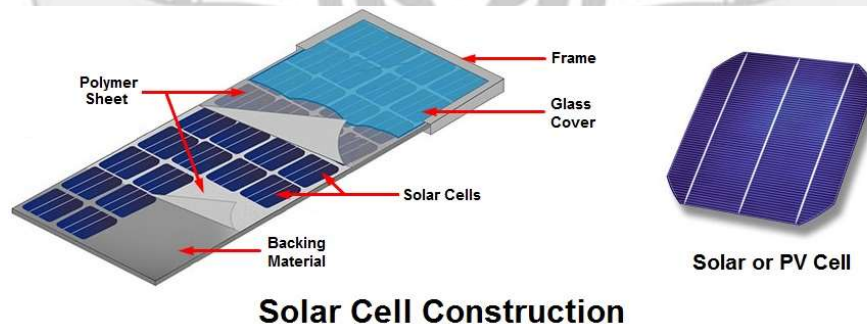
banyak sel surya, semakin besar pula energi yang dihasilkan oleh panel surya tersebut. Gambar dibawah menunjukkan ilustrasi dari modul surya (Wasito,1995).



Gambar 2.1. Modul Surya Terdiri dari 28-36 sel surya  
Sumber: Nelson, 2013

### 2.2.2 Struktur sel surya

Menurut Aryza, dkk (2017) berikut adalah ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya secara umum terdiri dari:



Gambar 2.2. Struktur dari sel Surya Komersial  
Sumber: Evelyn, 2015

#### 1. Substrat / metal backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau *molybdenum*.



Untuk *sel surya dye-sensitized* (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *indium tin oxide* (ITO) dan *flourine doped tin oxide* (FTO).

## 2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik.

## 3. Kontak metal / *contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

## 4. Lapisan antireflektif

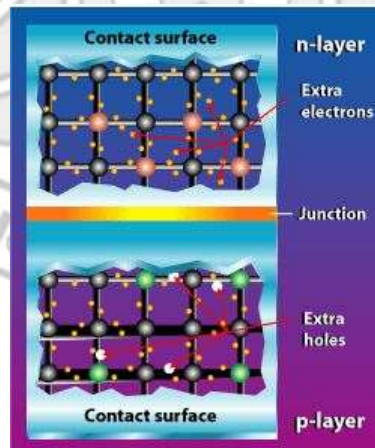
Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

## 5. Enkapsulasi / *cover glass*

Bagian ini terbuat dari kaca yang berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

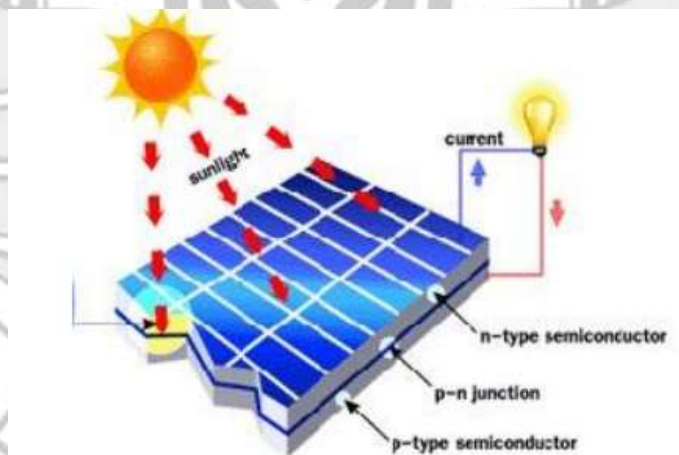
### 2.2.3 Prinsip kerja sel surya

Menurut Cook, A. G., Billman, L., & Adcock, R. (1995) secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*). Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan *hole* tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan *junction* semikonduktor tipe p-n.



Gambar 2.3. *Junction* Antara Semikonduktor Tipe –P dan Tipe –N  
Sumber: Susanto, 2016

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan *p-n junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.4 dibawah.

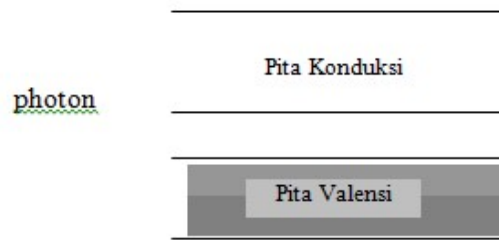


Gambar 2.4. Proses Energi Matahari Menjadi Energi Listrik Pada Sel Surya  
Sumber: Juliasman, 2017

Lebih detailnya proses pembentukan energi listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

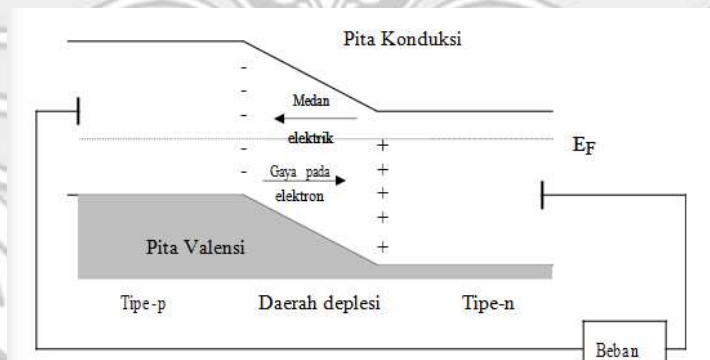
- 1) Foton dari cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon. Semikonduktor adalah bahan yang

memiliki struktur seperti isolator akan tetapi memiliki celah energi kecil (1 eV atau kurang) sehingga memungkinkan elektron bisa melompat dari pita valensi ke pita konduksi.



Gambar 2.5 Struktur Pita Sebuah Semikonduktor  
Sumber: Yuwono, 2005

- 2) Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.



Gambar 2.6. Tingkat Energi yang Dihasilkan Oleh Sambungan P-N Semikonduktor  
Sumber: Yuwono, 2005

- 3) Gabungan / susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik dc, yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai / aki. (Rusminto, 2003)

#### 2.2.4 Jenis-jenis sel surya

Sel surya dapat dibagi menjadi 3 kelompok berdasarkan material pembentuknya sebagai berikut:

- 1) *Monocrystalline silicon*
- 2) *Polycrystalline silicon*
- 3) Film tipis yang terdiri dari *silicon Amorf* dan *Copper-indium-diselenide (CIS)*

Jenis panel surya yang banyak digunakan adalah Panel surya *polycrystalline silicon* atau biasa dikenal *polysilicon*, terbuat dari kristal silicon yang dicairkan, kemudian di tuangkan kedalam cetakan berbentuk persegi. Jenis panel surya ini berbentuk persegi yang terdiri dari beberapa sel surya yang disusun secara rapat dan tidak ada ruangan kosong yang sia-sia. Bentuk fisik dari panel surya *polycrystallin silicon* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Panel Surya *Polycrystalline*  
(bukalapak.com)

### 2.2.5 Efisiensi Panel Surya

Sebuah sel surya dapat menghasilkan daya listrik, untuk keperluan aplikasi maka harus disesuaikan dengan daya yang diperoleh dengan menghitung daya keluarannya. Untuk keperluan daya yang lebih besar dapat dihasilkan dengan merangkai beberapa panel surya secara seri atau parallel (Cook, A. G., Billman, L., & Adcock, R. 1995).

Sebelum menentukan efisiensi dari panel surya maka perlu diketahui:

- Daya input panel surya

$$P_{in} = I_r \times A \text{ (watt)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:  $P_{in}$  = daya input panel surya, (Watt)

$I_r$  = intensitas radiasi matahari, (Watt/m<sup>2</sup>)

$A$  = luas panel surya, (m<sup>2</sup>)

- Daya output panel surya

$$P_{out} = V \times I \text{ (watt)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:  $P_{out}$  = daya output panel surya, (Watt)

$V$  = tegangan, (Volt)

$I$  = arus, (Ampere)

- Efisiensi panel surya

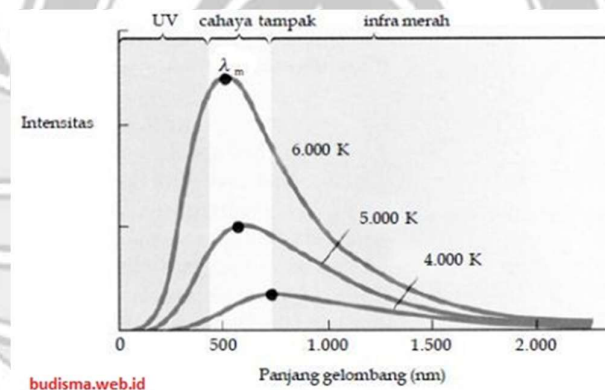
$$\eta_{\text{panel surya}} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:  $P_{in}$  = daya input panel surya, (Watt)

$$P_{out} = \text{daya output panel surya, (Watt)}$$

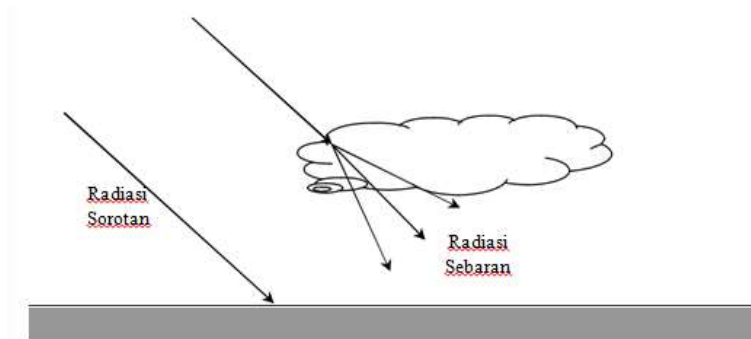
## 2.2.6 Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi

Radiasi matahari yang tersedia di luar atmosfer bumi atau sering disebut konstanta radiasi matahari sebesar  $1353 \text{ W/m}^2$  dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh Atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi matahari dengan panjang gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah).



Gambar 2.8. Grafik Intensitas Radiasi Matahari dan Panjang Gelombang  
Sumber: Budisma dalam Jaya, 2015

Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yaitu disebut sebagai radiasi sebaran seperti terlihat pada gambar 2.9. (Jansen, 1995)



Gambar 2.9. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi

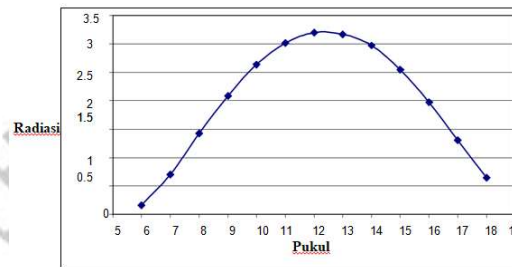
Sumber: Yuwono,2005

Radiasi surya yang menimpa permukaan bumi juga bergantung dari kadar debu dan zat pencemar lainnya dalam atmosfer. Energi surya yang maksimum akan mencapai permukaan bumi bila mana berkas sinar itu langsung menimpa permukaan bumi karena terdapat bidang pandang yang lebih luas terhadap fluks surya yang datang dan berkas sinar surya menempuh jarak yang lebih pendek di atmosfer, sehingga mengalami absorpsi lebih sedikit dari pada jika sudut timplanya miring terhadap normal. Radiasi matahari yang diterima suatu benda meliputi:

1. Radiasi sorotan (*beam radiation*), yaitu radiasi matahari yang diterima suatu benda dari matahari tanpa disebarkan oleh atmosfer terlebih dahulu.
2. Radiasi sebaran (*diffuse radiation*), yaitu radiasi matahari yang diterima suatu benda setelah radiasi tersebut diubah arahnya karena disebarkan oleh atmosfer.
3. Radiasi pantulan, yaitu radiasi matahari yang diterima suatu benda dari radiasi matahari yang dipantulkan dari permukaan yang berdekatan dengan benda tersebut. (Yuwono, 2015)



Dengan adanya faktor-faktor diatas menyebabkan radiasi yang diterima permukaan bumi memiliki intensitas yang berbeda-beda setiap saat. Besarnya radiasi harian yang diterima di permukaan bumi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Grafik Besar Radiasi Harian Matahari yang Mengenai Permukaan Bumi

Sumber : Jansen,1995

Pada waktu pagi dan sore hari radiasi yang sampai ke permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi. Besarnya radiasi yang diterima panel surya dipengaruhi oleh sudut datang (*angle of incidence*) yaitu sudut antara arah sinar datang dengan komponen tegak lurus bidang panel.

### 2.2.7 Solar Time

Waktu berdasarkan Gerakan sudut nyata matahari melintasi langit, dengan matahari siang waktu matahari melintasi meridian.

Waktu matahari adalah waktu yang ditentukan dalam semua hubungan sudut matahari, itu tidak bertepatan dengan waktu jam local. Hal ini diperlukan untuk menkonversi waktu standar ke waktu matahari dengan menerapkan dua

koreksi. Pertama, ada koreksi konstan untuk perbedaan bujur antara lokasi meridian pengamat dan meridian yang menjadi dasar waktu standar local, matahari membutuhkan waktu empat menit untuk melintasi 1° bujur. Koreksi kedua adalah persamaan waktu, yang memperhitungkan gangguan pada kecepatan rotasi bumi, yang mempengaruhi waktu matahari melintasi meridian pengamat + waktu matahari berhubungan dengan waktu standar dengan

$$\text{Solar time} = \text{standard time} + 4(L_{st} - L_{loc}) + E$$

Dimana:

$$E = 9,87 \sin 2B - 7,53 \cos B - 1,5 \sin B$$

$$B = \frac{360(n-81)}{364}$$

Dimana :

$L_{st}$  : Meridian Standar untuk zona waktu lokal (°)

$L_{loc}$  : Bujur barat pada lokasi tersebut

$n$  : hari dalam setahun,  $1 \leq n \leq 365$

## 2.3 Akumulator/*Accumulator* (Aki)

### 2.3.1 Pengertian Akumulator

Aki adalah alat elektro kimia yang dibuat untuk mensuplai listrik ke sistem starter mesin, sistem pengapian, lampu – lampu dan komponen kelistrikan lainnya. Alat ini menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia, yang dikeluarkannya bila diperlukan dan mensuplainya ke masing – masing sistem kelistrikan atau alat yang memerlukannya. Karena di dalam proses aki kehilangan energi kimia, maka alternator mensuplainya kembali kedalam aki ( yang disebut pengisian ). Aki menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia. Siklus pengisian dan pengeluaran ini terjadi berulang kali dan terus menerus. ( Gunawan Hanafi, Dr. Bandung 1993)

### **2.3.2 Prinsip Kerja Akumulator**

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian/cas/charge energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai (dalam hal ini adalah baterai kapal), terdiri dari sel-sel dimana tiap sel memiliki tegangan sebesar 2 V, artinya Aki pada permesinan yang memiliki tegangan 12 V terdiri dari 6 sel yang dipasang secara seri ( $12\text{ V} = 6 \times 2\text{ V}$ ) sedangkan Aki yang memiliki tegangan 6 V memiliki 3 sel yang dipasang secara seri ( $6\text{ V} = 3 \times 2\text{ V}$ ).

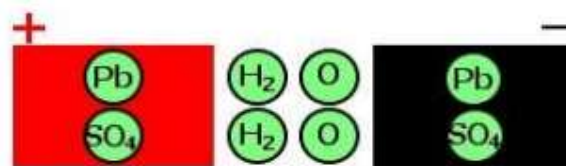
Antara satu sel dengan sel lainnya dipisahkan oleh dinding penyekat yang terdapat dalam bak baterai, artinya tiap ruang pada sel tidak berhubungan karena itu cairan elektrolit pada tiap sel juga tidak berhubungan (dinding pemisah antar sel tidak boleh ada yang bocor/merembes).

Di dalam satu sel terdapat susunan pelat pelat yaitu beberapa pelat untuk kutub positif (antar pelat dipisahkan oleh kayu, ebonit atau plastik, tergantung teknologi yang digunakan) dan beberapa pelat untuk kutub negatif. Bahan aktif dari

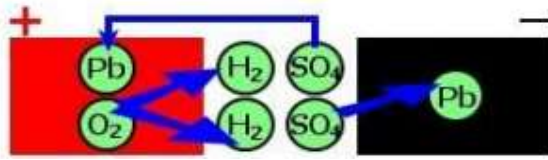
plat positif terbuat dari oksida timah coklat ( $\text{PbO}_2$ ) sedangkan bahan aktif dari plat negatif ialah timah ( $\text{Pb}$ ) berpori (seperti bunga karang). Pelat-pelat tersebut terendam oleh cairan elektrolit yaitu asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Saat baterai mengeluarkan arus.

Pada saat battery dalam keadaan discharge maka hampir semua asam melekat pada pelat-pelat dalam sel sehingga cairan elektrolit konsentrasinya sangat rendah dan terdiri dari air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), Akibatnya berat jenis cairan menurun menjadi sekitar  $1,1 \text{ kg/dm}^3$  dan ini mendekati berat jenis air yang  $1 \text{ kg/m}^3$ . Sedangkan baterai yang masih berkapasitas penuh berat jenisnya sekitar  $1,285 \text{ kg/dm}^3$ . Dengan perbedaan berat jenis inilah kapasitas isi baterai bisa diketahui apakah masih penuh atau sudah berkurang yaitu dengan menggunakan alat hidrometer.

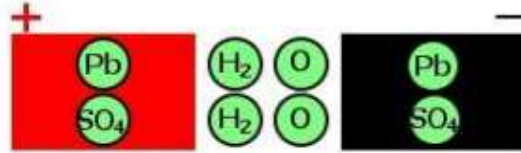
Baterai yang menerima arus adalah baterai yang sedang disetrum / dicas atau sedang diisi dengan cara dialirkan listrik DC, dimana kutub positif baterai dihubungkan dengan arus listrik positif dan kutub negative dihubungkan dengan arus listrik negatif. Tegangan yang dialiri biasanya sama dengan tegangan total yang dimiliki baterai, artinya baterai  $12 \text{ V}$  dialiri tegangan  $12 \text{ V DC}$ , baterai  $6 \text{ V}$  dialiri tegangan  $6 \text{ V DC}$ , dan dua baterai  $12 \text{ V}$  yang dihubungkan secara seri dialiri tegangan  $24 \text{ V DC}$  (baterai yang dihubungkan seri total tegangannya adalah jumlah dari masing-masing tegangan baterai:  $\text{Voltase}_1 + \text{Voltase}_2 = \text{Voltase total}$ ).



Gambar 2.11 Ilustrasi baterai terisi penuh

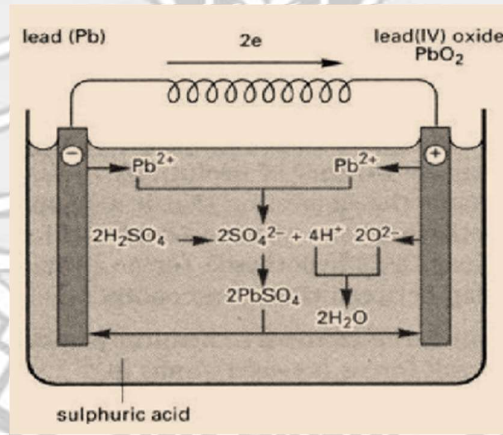


Gambar 2.12 Ilustrasi baterai saat mengeluarkan arus



Gambar 2.13 Ilustrasi baterai dalam keadaan tak terisi  
Sumber : Nur, 2019

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian/cas/charge energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik.



Gambar 2.14 Cara Kerja Akumulator.  
Sumber : Nur, 2019

Konsekuensinya, proses penerimaan arus ini berlawanan dengan proses pengeluaran arus, yaitu :

1. Oksigen(O) dalam air ( $H_2O$ ) terlepas karena bereaksi/bersenyawa/bergabung dengan timah (Pb) pada pelat positif dan secara perlahan-lahan kembali menjadi oksida timah colat ( $PbO_2$ )
2. Asam ( $SO_4$ ) yang menempel pada kedua pelat (pelat positif maupun negatif) terlepas dan bergabung dengan hidrogen (H) pada air ( $H_2O$ ) di dalam cairan elektrolit dan kembali terbentuk menjadi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sebagai cairan elektrolit. Akibat berat jenis cairan elektrolit bertambah menjadi sekitar 1,285 (pada baterai yang terisi penuh).

Pelat-pelat baterai harus selalu terendam cairan elektrolit, sebaiknya tinggi cairan elektrolit 4 - 10 mm diatas bagian tertinggi dari pelat. Bila sebagian pelat tidak terendam cairan elektrolit maka bagian pada pelat yang tidak terendam tersebut akan langsung berhubungan dengan udara akibatnya bagian tersebut akan rusak dan tak dapat dipergunakan dalam suatu reaksi kimia yang diharapkan, contoh, sulfat tidak bisa lagi menempel pada bagian dari pelat yang rusak, sebab itu bisa ditemukan konsentrasi sulfat yang sangat tinggi dari ruang sel yang sebagian pelatnya sudah rusak akibat sulfat yang sudah tidak bisa lagi bereaksi dengan bagian yang rusak dari pelat.

### **2.3.3 Efisiensi Akumulator**

Cara kerja dari aki adalah berubahnya reaksi kimia antara aktif material (Pb,  $PbO$ ,  $PbSO_4$ ) dan media elektrolit (larutan asam sulfat atau  $H_2SO_4$ ) yang menimbulkan beda potensial antara kutub positif dan negatif sehingga menghasilkan arus listrik sampai batas waktu tertentu. (Faqih.2015)

Untuk menghitung berapa daya yang dibutuhkan untuk mengisi aki maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = V \times I \text{ (watt) } \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

- P = Daya, (Watt)
- V = Tegangan, (Volt)
- I = Arus, (Ampere)

## 2.4 Solar Charge Controller

*Solar charge controller* adalah komponen didalam sistem PLTS berfungsi sebagai pengatur arus listrik (*current regulator*) baik terhadap arus yang masuk dari panel maupun arus keluar atau arus yang digunakan. Bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan (*overcharge*), ini mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai. Fungsi dan fitur *solar charge controller* yaitu saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka *controller* akan menghentikan ar, arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah *overcharge*, dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama.



Gambar 2.15. *Solar Charge Controller*

Sumber : Shopee.com

## 2.5 Sistem Pendingin

Sistem Pendingin adalah suatu sistem yang bekerja untuk 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 yang lebih rendah.

Ada berbagai bentuk sistem pendinginan mulai dari hembusan udara, media perpindahan (*heatsink*), aliran air, dan pendinginan menggunakan alamiah tumbuhan.

## 2.6 Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)



Gambar 2.16. Tumbuhan Eceng Gondok

Sumber : [food.detik.com](http://food.detik.com)

Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan jenis tanaman air yang umumnya dianggap sebagai gulma. Eceng gondok mudah menyesuaikan diri dengan lingkungannya, cepat berkembang biak, dan mampu bersaing dengan kuat, sehingga dalam waktu yang singkat akan melimpah dan memenuhi perairan (Muchatoramah et al., 2012).



Menurut Ratnani (2012), Eceng gondok memiliki keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari. Bagian dinding permukaan akar, batang dan daunnya memiliki lapisan yang sangat peka sehingga pada kedalaman yang ekstrem sampai 8 meter di bawah permukaan air masih mampu menyerap sinar matahari serta zat-zat yang larut di bawah permukaan air. Akar, batang, dan daunnya juga memiliki kantung-kantung udara sehingga mampu mengapung di air.

## 2.7 Ikan Nila

Jenis nila masuk ke Indonesia pertama kali adalah jenis *Oreochromis niloticus* dan jenis *Mozambique* yang lebih dikenal dengan nama mujair. Berdasarkan morfologinya, ikan Nila umumnya memiliki bentuk tubuh Panjang dan ramping, dengan sisik berukuran besar. Matanya besar, menonjol, dan bagian tepinya berwarna putih. Gurat sisi (*linea lateralis*) terputus di bagian tengah badan kemudian berlanjut, tetapi letaknya lebih ke bawah dari pada letak garis yang memanjang di atas sirip dada. Sirip punggung, sirip perut, dan sirip dubur mempunyai jari-jari keras dan tajam seperti duri. Sirip punggungnya berwarna hitam dan sirip dadanya juga tampak hitam. Bagian pinggir sirip punggung berwarna abu-abu atau hitam. Ikan nila merupakan salah satu komoditas penting budidaya perikanan air tawar di Indonesia. Ikan ini merupakan ikan introduksi penting yang didatangkan secara bertahap ke Indonesia (Amri,2002)



Gambar 2.17. Ikan Nila

Sumber : Uniar.ac.id

Ikan nila memiliki kemampuan menyesuaikan diri yang baik dengan lingkungan sekitarnya. Ikan nila memiliki toleransi yang tinggi terhadap lingkungan hidupnya. Sehingga ia biasa dipelihara di daratan rendah yang berair payau maupun daratan tinggi dengan suhu yang rendah. Ia mampu hidup pada suhu 14-38°C dengan suhu terbaik adalah 25-30°C. Hal yang paling berpengaruh dengan pertumbuhannya adalah salinitas atau kadar garam jumlah 0-29 % sebagai kadar maksimal untuk tumbuh dengan baik (Andrianto,2005)

## 2.8 Mikrokontroler

### 2.8.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis pada IC ATmega2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 buah pin *digital* yang dapat digunakan sebagai input ataupun output. 54 buah pin tersebut terdiri dari 15 pin output *Pulse Width Modulation (PWM)*, 16 buah pin analog input, 4 buah pin UARTs yang berfungsi sebagai port serial *hardware*, sebuah osilator kristal 16

MHz, sebuah *jack female* untuk koneksi USB, *Jack female adaptor*, dan sebuah tombol *reset*.

Mikrokontroler ATmega 2560 berbentuk persegi dengan jumlah pin sebanyak 100 buah pin. ATmega 2560 memiliki kemampuan untuk mengeksekusi instruksi program dalam satu siklus *clock* tunggal sehingga ATmega 2560 mampu mengoptimalkan konsumsi daya dibandingkan kecepatan pemrosesan program (Lomo,2016).

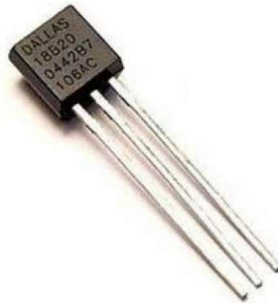


Gambar 2.18. Papan Arduino Mega 2560

Sumber : Arifin dkk, 2016

### 2.8.2 Sensor suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah sebuah sensor suhu digital *one wire* atau hanya membutuhkan 1 pin jalur data komunikasi. Sensor DS18B20 menyediakan 9 hingga 12 bit hasil pembacaan. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu dari mulai -55°C sampai dengan +125°C dengan akurasi kurang lebih 0,5°C dari -10°C sampai +85°C. (Elga Aris Prastyo., 2021)



Gambar 2.19. Sensor Suhu DS18b20

Sumber : Aditya Suranata, 2016

### 2.8.3 Sensor suhu DS18B20 Waterproof

Kebanyakan sensor suhu memiliki tingkat rentang terukur yang sempit serta akurasi yang rendah namun memiliki biaya yang tinggi. Sensor suhu DS18B20 dengan kemampuan tahan air (waterproof) cocok digunakan untuk mengukur suhu pada tempat yang sulit atau basah. Karena output data sensor ini merupakan data digital, maka tidak perlu khawatir terhadap degradasi data ketika menggunakan untuk jarak yang jauh. DS18B20 menyediakan 9 bit hingga 12 bit yang dapat dikonfigurasi data. Sensor ini dapat membaca bagus hingga 125°C, namun dengan penutup kabel dari PVC disarankan untuk penggunaan tidak melebihi 100°C. (Rozak dkk., 2017)



Gambar 2.20. Sensor Suhu DS18b20 Waterproof

Sumber : Rozaq dkk, 2017

#### 2.8.4 LCD (*Liquid Crystal Display*) dan I2C (*Inter Integrated Circuit*)

Menurut Warjono., dkk, 2017 LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang, misalnya dalam alat-alat elektronik, seperti televisi, kalkulator ataupun layer computer. Berikut adalah pin dari LCD 20 x 4.

Pada pemrograman LCD di Arduino, telah tersedia *library* yang akan memudahkan pemrograman. Untuk itu, di bagian awal program ditulis: `#include <LiquidCrystal.h>`.



Gambar 2.21. LCD 20x4  
Sumber : Warjono dkk, 2017

*Inter Integrated Circuit* atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai *transfer* data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri *transfer* data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamat *master*. (Rusnadi, 2017)



Gambar 2.22. Modul I2C  
Sumber : Rusnadi, 2017

Dalam melakukan transfer data pada I2C Bus, kita harus mengikuti tata cara yang telah ditetapkan yaitu:

1. Transfer data hanya dapat dilakukan ketika Bus tidak dalam keadaan sibuk.
2. Selama proses transfer data, keadaan data pada SDA harus stabil selama SCL dalam keadaan tinggi. Keadaan perubahan “1” atau “0” pada SDA hanya dapat dilakukan selama SCL dalam keadaan rendah. Jika terjadi perubahan keadaan SDA pada saat SCL dalam keadaan tinggi, maka perubahan itu dianggap sebagai sinyal *Start* atau sinyal *Stop*.

### BAB III METODE KEGIATAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Kegiatan

Kegiatan ini dilakukan di Lab Konversi Energi, jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu pengerjaan dilakukan selama 6 bulan, dimulai pada bulan Februari 2022 hingga bulan Juli 2022

No	Kegiatan	Bulan																															
		Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■	■	■																												
2	Penulisan Proposal dan Perancangan Alat			■	■	■	■	■	■																								
3	Seminar Proposal									■																							
4	Pembuatan dan Perakitan Alat													■	■	■	■																
5	Pengujian Alat																	■	■	■	■												
6	Pengambilan Data																					■	■										
7	Penulisan Proposal dan Perancangan Alat																											■	■				
8	Seminar Hasil																															■	■

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan rancang bangun ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan PLTS

No.	Nama Alat	Jumlah	Satuan	Spesifikasi
1	<i>Solar Power Meter/ Pyranometer</i>	1	Buah	SM-206- SOLAR
2	Obeng	1	Buah	-
3	Solder	1	Buah	
4	Mesin Bor <i>hole saw</i>	1	Buah	
5	Spidol	1	Buah	SNOWMAN
6	Gurinda	1	Buah	
7	Multimeter	1	Buah	
8	Tang Ampere	1	Buah	
9	Tang Kombinasi	1	Buah	
10	Laptop	1	Buah	Lenovo

#### 3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan rancang bangun ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan PLTS



No.	Material	Jumlah	Satuan	Spesifikasi
1	Panel Surya	2	Buah	ST SOLAR
2	Aluminium Foil	1	Roll	-
3	Tangki/ Bak Penampungan	1	Buah	Fiber
4	Akumulator	2	Buah	
5	Digital Voltmeter Amperemeter	6	Buah	
6	Timah	1	Roll	
7	Kabel Pelangi	Secukupnya	-	
8	<i>Solar Charge Controller</i>	2	Buah	
9	Besi Hollow	4	Meter	
10	Tanaman Eceng Gondok	Secukupnya	-	
11	Ikan Nila	10	Ekor	
12	Arduino Mega	1	Buah	
13	Sensor Suhu	3	Buah	DS18B20
14	Sensor suhu waterproof	1	Buah	DS18B20
15	LCD	2	Buah	

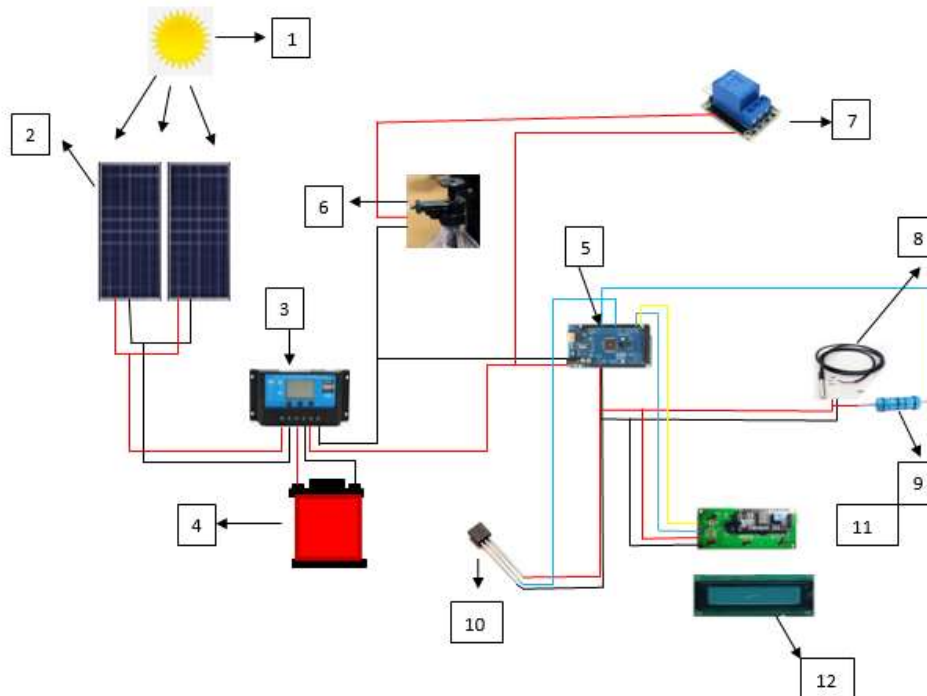
### 3.3 Prosedur Kerja

Prosedur kerja rancang bangun sistem PLTS ini meliputi tahap perancangan, pembuatan dan tahap perakitan.

### 3.3.1 Tahap Perancangan

#### 1. Perancangan Sistem

Adapun skematik rangkaian sistem yang dirancang adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Skematik Rangkaian Sistem

Keterangan :

- |                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. Matahari                       | 9. Resistor                        |
| 2. Panel Surya                    | 10. Sensor Suhu DS18B20            |
| 3. <i>Solar Charge Controller</i> | 11. Inter Integrated Circuit (I2C) |
| 4. Akumulator/Aki                 | 12. LCD                            |
| 5. Arduiono mega                  |                                    |
| 6. Aerator                        |                                    |

7. *Relay*

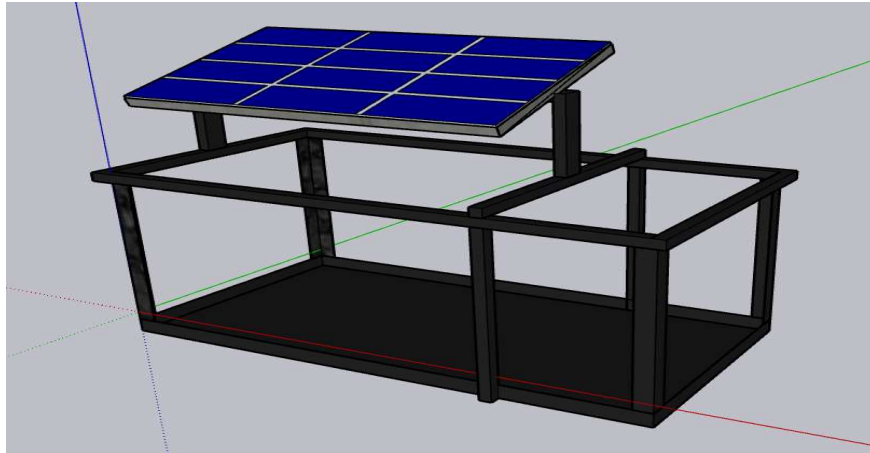
8. Sensor Suhu DS18B20 *Waterproof*

## 2. Perancangan rangka mekanik panel surya

Pada tahap perakitan sistem tenaga surya ini diletakkan diatas kerangka mekanik. Aplikasi yang digunakan dalam pembuatan desain rangka mekanik ini adalah aplikasi. Jenis panel surya yang digunakan adalah Panel surya *polycrystalline silicon* atau biasa dikenal *polysilicon* dengan kemiringan 30°C. Spesifikasi panel surya yang digunakan adalah sebagai berikut:

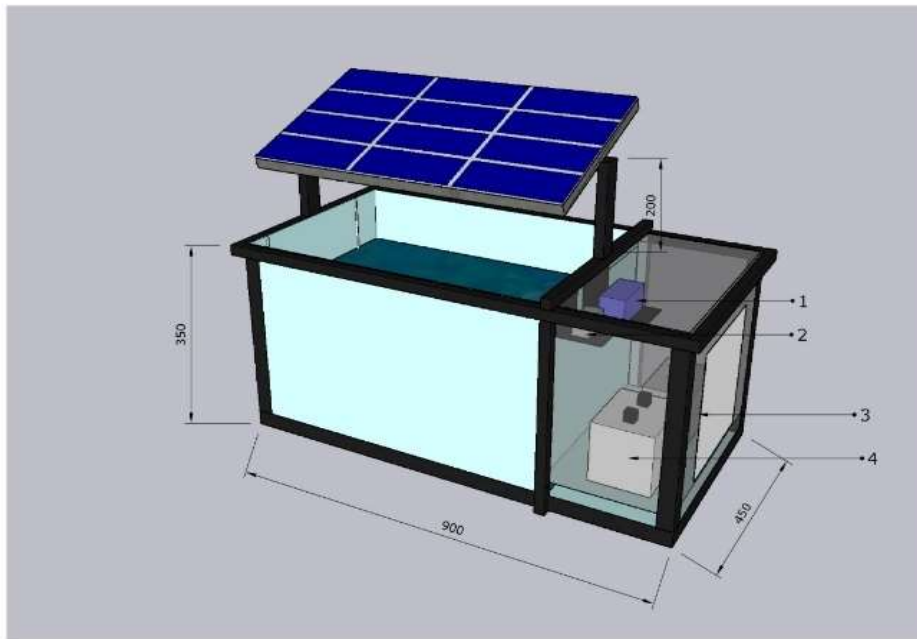
Merk	: Sunny
Rated Maximum Power ( $P_{max}$ )	: 20 W
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	: 21,8 V
Short Circuit Voltage ( $I_{sc}$ )	: 1,22 A
Voltage at $P_{max}$	: 17.8 V
Current at $P_{max}$	: 1,12 A
Weight	: 3,0 Kg

Adapun sistem tenaga surya dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut :

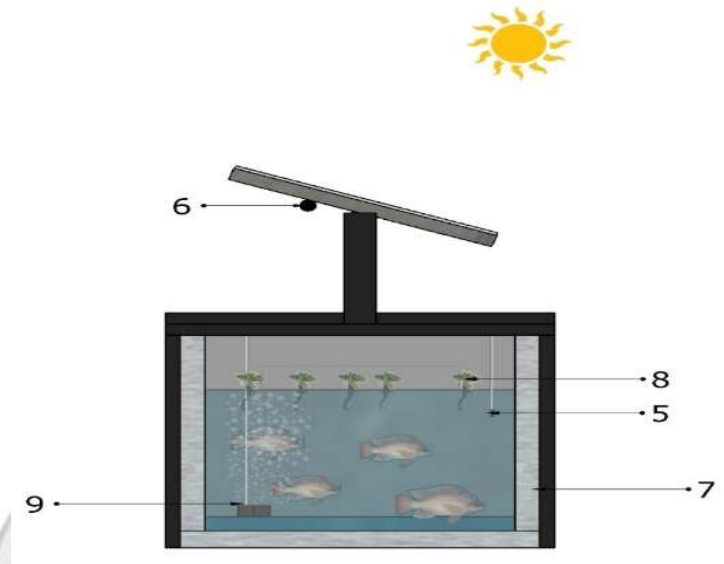


Gambar 3.2 Rangka Mekanik Panel Surya

Adapun untuk gambar keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut



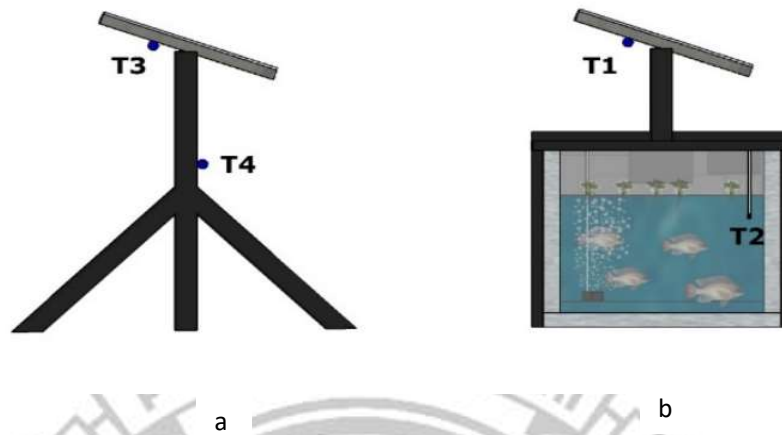
Gambar 3.3 Rancang bangun PLTS Berbasis Pendinginan Alamiah Tumbuhan



Gambar 3.4 Tampak depan Rancang bangun PLTS Berbasis Pendinginan Alamiyah Tumbuhan

Keterangan :

- |   |                                       |    |                        |
|---|---------------------------------------|----|------------------------|
| 1 | Mikrokontroler                        | 6. | Sensor Suhu DS18B20    |
| 2 | <i>Solar Charge Controller</i>        | 7. | Isolasi Alumunium Foil |
| 3 | Pintu                                 | 8. | Tumbuhan Apu-apu       |
| 4 | <i>Accumulator/ Aki</i>               | 9. | Aerator                |
| 5 | Sensor Suhu DS18B20 <i>Waterproof</i> |    |                        |



Gambar 3.5 (a) Gambar PLTS tanpa sistem pendinginan (b) Gambar PLTS Berbasis Pendinginan

Keterangan :

- T1 : Sensor Suhu untuk mendeteksi temperatur panel surya yang berbasis pendinginan
- T2 : Sensor Suhu untuk mendeteksi temperatur lingkungan pada bak penampungan.
- T3 : Sensor Suhu untuk mendeteksi temperatur panel surya tanpa pendinginan.
- T4 : Sensor Suhu untuk mendeteksi temperatur suhu udara

### 3.3.2 Tahap Pembuatan

Adapun langkah-langkah pembuatan rangka sistem panel surya adalah sebagai berikut:

Memotong Besi Hollow dengan ukuran Panjang 700 mm sebanyak 2 buah. Baja ringan dengan ukuran 350 mm sebanyak 4 buah, ukuran 450 mm sebanyak 4 buah, ukuran 150 mm sebanyak 4 buah.

### 3.3.3 Tahap Perakitan

Adapun Langkah-langkah perakitan rangka dasar sistem panel surya adalah sebagai berikut:

1. Merangkai besi hollow dan baja ringan yang sudah dipotong sesuai desain Gambar 3.1 rangka dasar menggunakan Teknik pemboran dan pengencangan menggunakan baut.
2. Memasang panel surya dengan kemiringan  $5^{\circ}$
3. Merangkai rangkaian kabel dari panel surya ke *solar charge controller* kemudian disambungkan ke Akumulator atau aki, kemudian dari aki dihubungkan ke pompa aerator.
4. Membuat program control untuk Arduino mega.
5. Merangkai rangkaian kabel input suplay tegangan dari aki ke Arduino sebagai input Arduino kemudian dihubungkan dengan rangkaian ke sensor suhu dan sensor suhu waterproof.
6. Menginput program ke alat kontrol.

### 3.3.4 Tahap Budidaya Tanaman dan Ikan

Adapun Langkah-langkah budidaya tanaman dan ikan adalah sebagai berikut:

1. Mengisi air ke bak penampung
2. Memasukkan ikan nila ke dalam bak penampung sebanyak 20 ekor.
3. Memasukkan tanaman apu-apu dalam bak dengan cara mengapung.
4. Masa panen ikan setelah 30-35 hari

### 3.4 Langkah-langkah Pengujian Alat

Setelah rancang bangun selesai, dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat ukur yang digunakan (Multimeter, Tang Ampere, Pyranometer, Stopwatch dan penggaris).
2. Mengkalibrasi alat ukur temperatur menggunakan alat ukur standar (Picometer).
3. Menghubungkan *microcontroller* ke Sumber Energi (Aki).
4. Melakukan pengujian pada pukul 09:00 s/d 16:00.
5. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali, data yang akan diambil adalah:

- a. Intensitas radiasi matahari, ( $\text{Watt/m}^2$ )
- b. Tegangan keluaran panel surya (V)
- c. Arus keluaran panel surya (A)



- d. Luas panel surya ( $m^2$ )
  - e. Tegangan pompa (V)
  - f. Arus Pompa (A)
  - g. Suhu air dan suhu panel surya
  - h. Tinggi tanaman dan lebar (mm) setiap seminggu sekali
  - i. Panjang dan lebar ikan (mm) pada saat awal dan akhir pengujian
6. Memasukkan data pada tabel.
  7. Pengujian dan pengambilan data selama 6 hari

### 3.5 Teknik Analisa Data

Adapun persamaan-persamaan yang digunakan untuk menganalisis data adalah sebagai berikut:

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan panel surya:

- Energi input panel surya

$$E_{in} = I_r \times A \times t \text{ (Joule)} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :  $E_{in}$  = Energi input panel surya, (Joule)

$I_r$  = Intensitas radiasi matahari, (Watt/ $m^2$ )

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

$t$  = Waktu pengisian (sec)

- Energi output panel surya

$$E_{out} = V \times I \times t \text{ (Joule)} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :  $E_{out}$  = Energi Output panel surya, (Joule)

V = Tegangan, (Volt)

t = Waktu (s)

I = Arus, (Ampere)

- Daya input panel surya

$$P_{in} = I_r \times A \text{ (watt)} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:  $P_{in}$  = daya input panel surya, (Watt)

$I_r$  = intensitas radiasi matahari, (Watt/m<sup>2</sup>)

A = luas panel surya, (m<sup>2</sup>)

- Daya output panel surya

$$P_{out} = V \times I \text{ (watt)} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana:  $P_{out}$  = daya output panel surya, (Watt)

V = tegangan, (Volt)

I = arus, (Ampere)

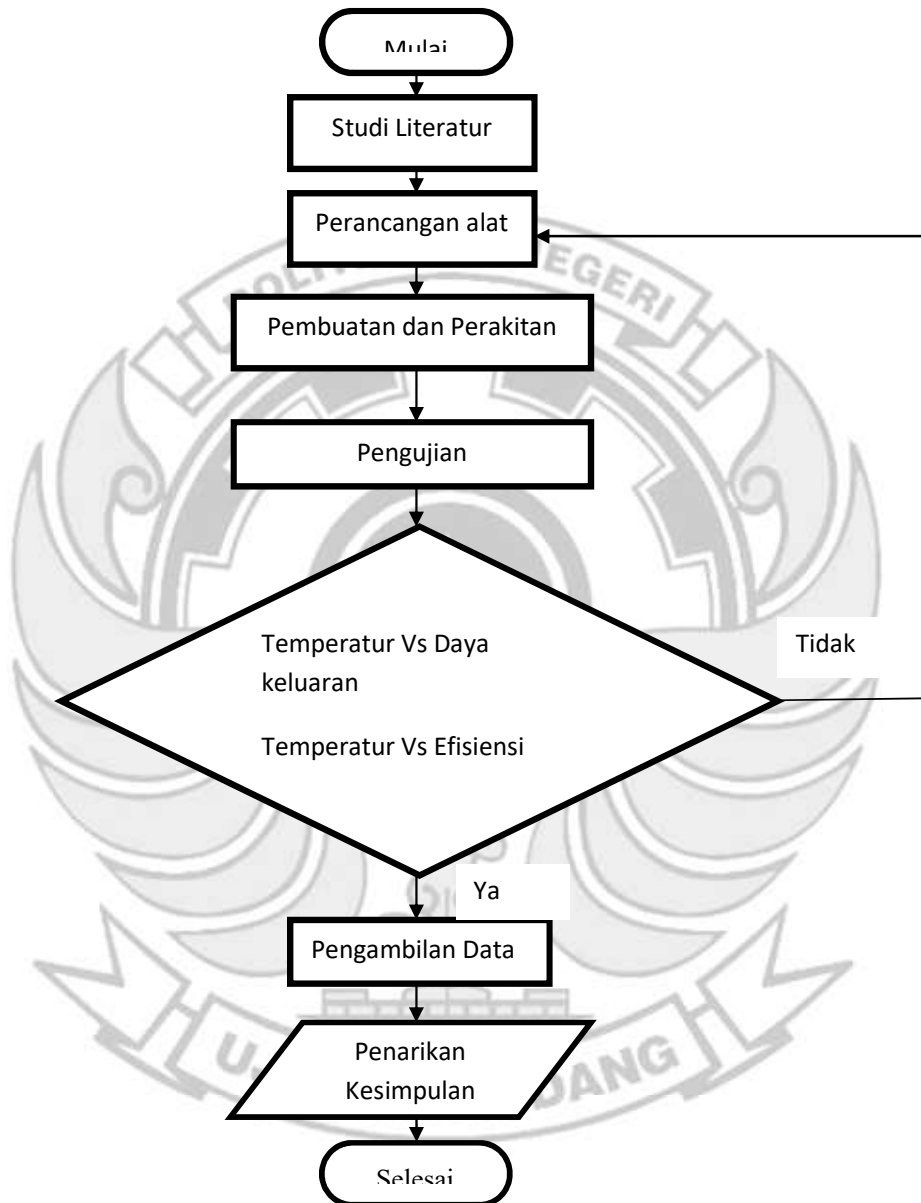
- Efisiensi panel surya

$$\eta_{\text{panel surya}} = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:  $E_{in}$  = Energi Input Panel Surya, (Joule)

$E_{out}$  = Energi Output Panel Surya, (Joule)

Prosedur pelaksanaan kegiatan dapat digambarkan melalui diagram alir berikut ini.



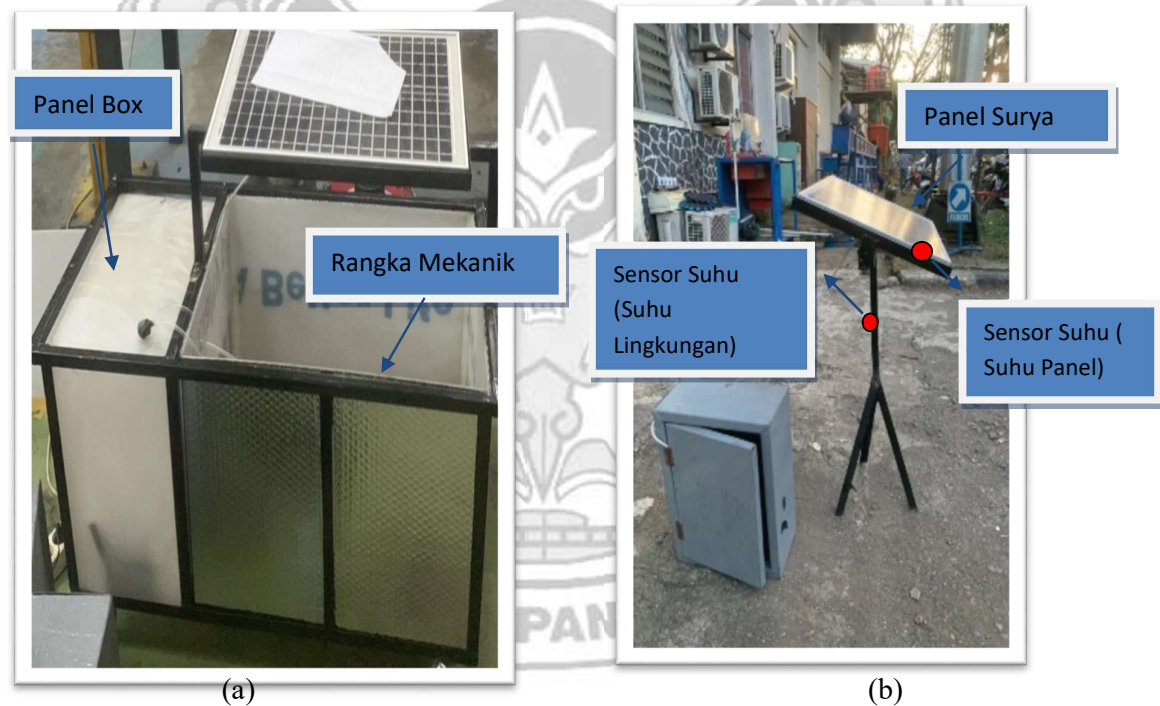
Gambar 3.6 Diagram Alir Kegiatan

## BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

### 4.1 Hasil Kegiatan

#### 4.1.1 Hasil Perancangan Rangka

Berdasarkan prosedur perancangan rangka PLTS Berbasis Pendinginan Alamiah Tumbuhan, maka rangka dasar alat telah selesai dibuat yang memiliki 2 rangka, dimana rangka 1 (memiliki pendingin ) memiliki tinggi mm, Panjang mm, dan lebar mm dan rangka 2 (tanpa pendingin) memiliki tinggi mm, Panjang mm dan lebar mm seperti Gambar 4.1 berikut.

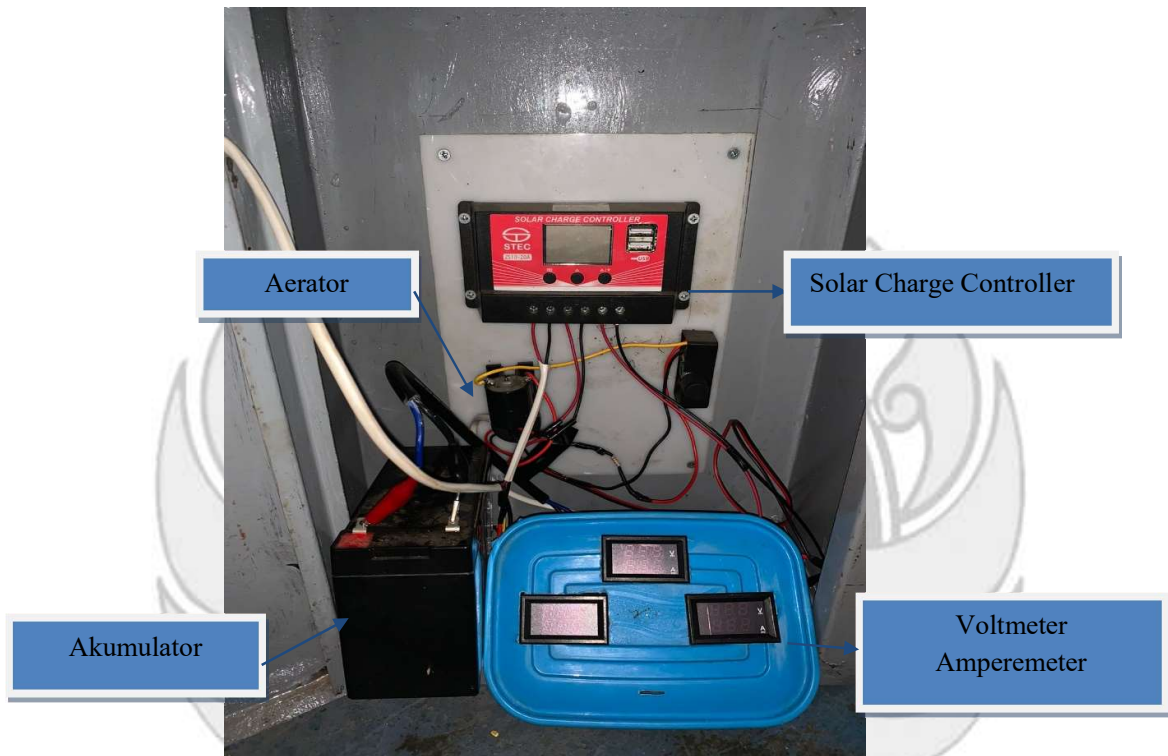


Gambar 4.1 Hasil Perancangan PLTS Berbasis Pendinginan Alamiah Tumbuhan

- (a) Panel Surya memiliki pendingin
- (b) Panel Surya tanpa pendingin

#### 4.1.2 Hasil Sistem Kelistrikan

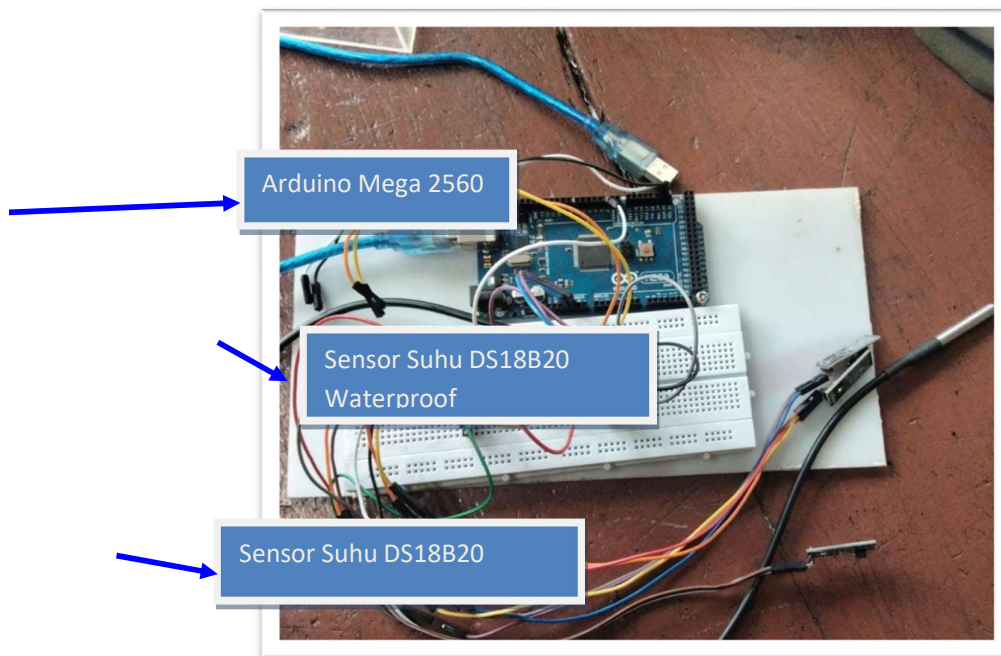
Berdasarkan prosedur sistem kelistrikan terdiri dari Solar Charger Control, Akumulator, dan aerator dapat kita lihat pada gambar 4.2 berikut.



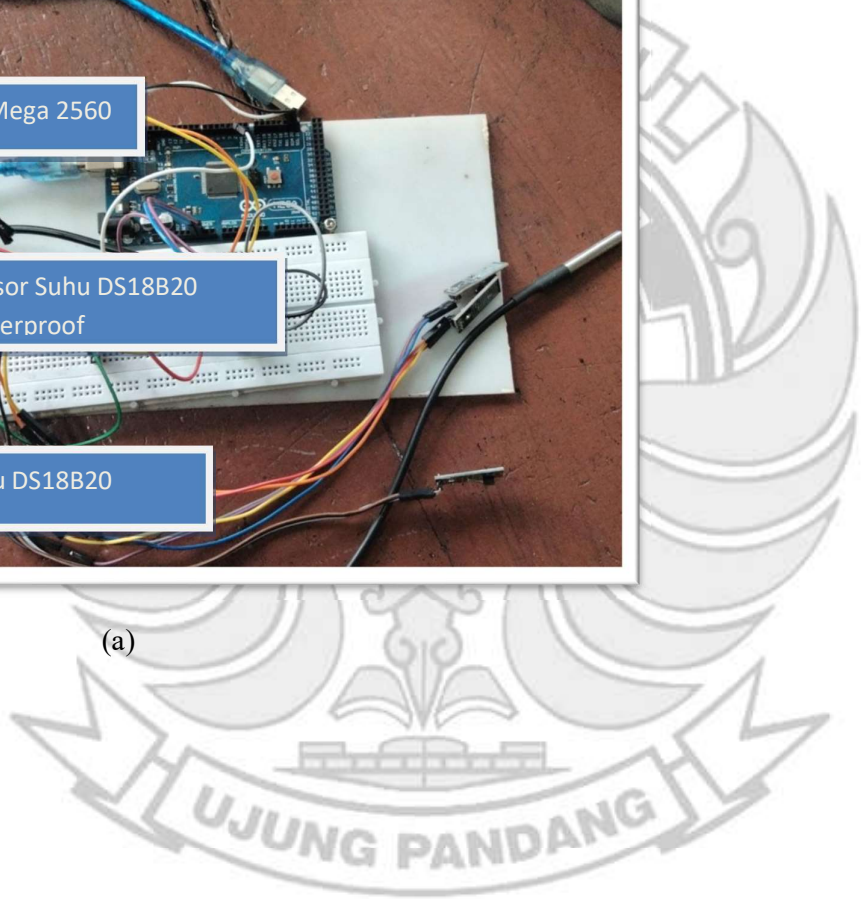
Gambar 4.2 Hasil Sistem Kelistrikan

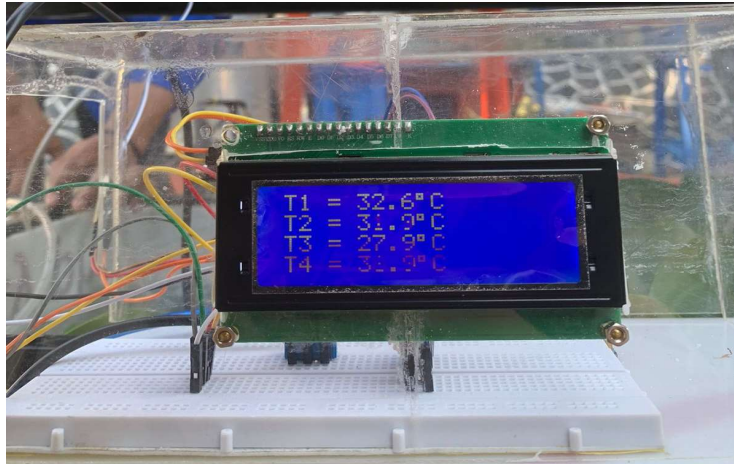
### 4.1.3 Hasil Sistem Program Control

Temperatur yang ingin diketahui yaitu temperatur panel, temperatur air dan temperatur lingkungan telah selesai dibuat, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



(a)





(b)

Gambar 4.3 Hasil Perancangan Pembacaan Temperatur

(a) Tampak dari atas

(b) Tampak dari depan

#### 4.1.4 Hasil Budidaya Akuaponik

- 1) Budidaya tanaman eceng gondok



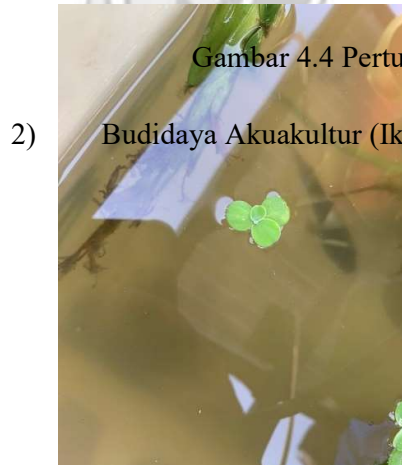
(a) Umur 2 hari ( P = 6cm L = 5,8cm)

(b) Umur 4 hari ( P = 7,3cm L = 6,1cm)



(c) umur 6 hari (P = 9,5cm L = 9cm)

(d) umur 8 hari (P = 10,2 cm L = 10cm)



2) Budidaya Akuakultur (Ikan Nila)

Gambar 4.4 Pertumbuhan tanaman Eceng gondok

(a) Pemeliharaan

(b) Masa Panen

Gambar 4.5 Pertumbuhan Ikan Nila



#### 4.1.5 Hasil Pengujian Alat

Untuk pengujian alat dilakukan selama 6 hari, adapun data hasil pengujian alat dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengambilan data keluaran panel surya pada panel yang memiliki pendingin

Jam	Waktu (menit)	Luas Panel (m <sup>2</sup> )	Intensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Panel Surya		P <sub>In</sub> (W)	P <sub>Out</sub> (W)	Eff (%)	Ket	Solar time
				V (V)	I (A)					
9:00	0	0,183	540	18,6	0,27	98,82	5,02	5,08	Cerah	08:57
10:00	60	0,183	535	14,6	0,21	97,90	3,06	3,13	Berawan	09:57
11:00	120	0,183	862	18,7	0,15	157,74	2,80	1,77	Cerah	10:57
12:00	180	0,183	1042,7	19,1	0,18	190,81	3,43	1,80	Cerah	11:57
13:00	240	0,183	1014	18,8	0,18	185,56	3,38	1,82	Cerah	12:57
14:00	300	0,183	239,7	18,3	0,07	43,86	1,28	2,92	Berawan	13:57
15:00	360	0,183	102	14,2	0,07	18,66	0,99	5,32	Mendung	14:57
16:00	420	0,183	85	15,9	0,04	15,55	0,63	4,08	Mendung	16:57

Selasa 26 Juli 2022

Tabel 4.2 Data Hasil Pengambilan data keluaran panel surya pada panel yang tanpa pendingin

Jam	Waktu (menit)	Luas Panel (m <sup>2</sup> )	Inensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Panel Surya		P <sub>In</sub> (W)	P <sub>Out</sub> (W)	Eff (%)	Ket	Solar time
				V (V)	I (A)					
9:00	0	0,183	540	17,5	0,20	98,82	3,50	3,54	Cerah	08:57
10:00	60	0,183	535	13,1	0,20	97,90	2,62	2,67	Berawan	09:57
11:00	120	0,183	862	17,3	0,12	157,74	2,07	1,31	Cerah	10:57
12:00	180	0,183	1042,7	16,3	0,13	190,81	2,11	1,11	Cerah	11:57
13:00	240	0,183	1014	15,3	0,15	185,56	2,29	1,23	Cerah	12:57
14:00	300	0,183	239,7	14,2	0,15	43,86	2,13	4,85	Berawan	13:57
15:00	360	0,183	102	12,3	0,04	18,66	0,49	2,63	Mendung	14:57
16:00	420	0,183	85	12,4	0,04	15,55	0,49	3,18	Mendung	16:57

Selasa 26 Juli 2022

Tabel 4.3 Data Hasil Pengisian Aki

Pukul	Waktu (Jam)	Aki		P <sub>aki</sub> (W)
		V (V)	I (A)	
9:00	0	12,08	0,11	1,40
10:00	1	13,0	0,12	1,56
11:00	2	13,4	0,13	1,74
12:00	3	13,5	0,13	1,75

13:00	4	13,8	0,15	2,07
14:00	5	13,4	0,10	1,34
15:00	6	13,6	0,10	1,36
16:00	7	13,6	0,10	1,36

Selasa 26 Juli 2022

Tabel 4.4 Data Hasil pengambilan pembebanan dan Aki sebagai Sumber untuk Aerator

Jam	Waktu (Jam)	Aerator		V aki
		V (V)	I (A)	
9:00	0	13,30	0,22	13,6
10:00	1	13,25	0,21	13,55
11:00	2	13,10	0,21	13,40
12:00	3	12,70	0,21	12,90
13:00	4	12,70	0,21	12,80
14:00	5	12,60	0,20	12,70
15:00	6	12,40	0,20	12,60
16:00	7	12,30	0,20	12,60

Rabu 27 Juli 2022

Tabel 4.5 Data Hasil pengambilan data solar time, intensitas radiasi matahari, daya output, efisiensi panel dan temperatur pada panel yang memiliki pendingin

Solar Time	Intensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Temperatur	Daya Output Panel (W)	Efisiensi Panel (%)	Keterangan

		Panel (°C)	Air (°C)			
08:57	1179	27,90	27,40	5,02	5,08	Cerah
09:57	1233	29,60	27,80	3,06	3,13	Berawan
10:57	1221	48,00	27,90	2,80	1,77	Cerah
11:57	1223	47,30	28,60	3,43	1,80	Cerah
12:57	1160.3	49,00	29,20	3,38	1,82	Cerah
13:57	831	31,40	29,70	1,28	2,92	Berawan
14:57	675	29,40	29,90	0,99	5,32	Mendung
16:57	453	28,70	29,90	0,63	4,08	Mendung

Selasa 26 Juli 2022

Tabel 4.6 Data Hasil pengambilan data solar time, intensitas radiasi matahari, daya output, efisiensi dan temperatur pada panel tanpa pendingin

Solar Time	Intensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Temperatur		Daya Output Panel (W)	Efisiensi Panel (%)	Keterangan
		Panel (°C)	lingkungan (°C)			
08:57	1179	30,6	30,60	3,50	3,54	Cerah
09:57	1233	34,10	29,50	2,62	2,67	Berawan
10:57	1221	50,00	31,00	2,07	1,31	Cerah

11:57	1223	54,10	37,10	2,11	1,11	Cerah
12:57	1160.3	52,00	36,00	2,29	1,23	Cerah
13:57	831	36,20	31,40	2,13	4,85	Berawan
14:57	675	34,10	30,70	0,49	2,63	Mendung
16:57	453	33,20	31,20	0,49	3,18	Mendung

Selasa 26 Juli 2022

Tabel 4.7 Pengambilan data dan perhitungan debit fluida

No	Putaran	Volume Air (ml)	Waktu (s)	Debit, Q (m <sup>3</sup> /s)
1	50 %	70000	480	14,5 x 10 <sup>-5</sup>
2		77500	490	15,8 x 10 <sup>-5</sup>
3		80000	498	16,1 x 10 <sup>-5</sup>
4	100%	70000	485	14,4 x 10 <sup>-5</sup>
5		77500	495	15,6 x 10 <sup>-5</sup>
6		80000	500	16,0x 10 <sup>-5</sup>

#### 4.16 Perhitungan Data

Berdasarkan pembahasan sebelumnya mengenai teknik analisis data, adapun parameter yang perlu dihitung meliputi Daya input ( $P_{in}$ ), Daya Output ( $P_{out}$ ), Efisiensi ( $\eta$ ), waktu pengisian aki dan waktu pembebanan aki adalah sebagai berikut:

##### 1) Perhitungan Panel Surya

Pada tabel 4.1 pada pukul 09:00 diketahui:

$$I_r = 540 \text{ W/m}^2$$

$$V = 18,6 \text{ V}$$

$$A = 0,183 \text{ m}^2$$

$$I = 0,27 \text{ A}$$

- Daya input panel surya

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= I_r \times A \text{ (Watt)} \\
 &= 540 \text{ W/m}^2 \times 0,183 \text{ m}^2 \\
 &= 98,82 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Daya output panel surya

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V \times I \text{ (Watt)} \\
 &= 18,6 \text{ V} \times 0,27 \text{ A} \\
 &= 5,022 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Efisiensi panel surya

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{panel surya}} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\
 &= \frac{5,022 \text{ Watt}}{98,82 \text{ Watt}} \times 100 \% \\
 &= 5,08 \%
 \end{aligned}$$

## 2) Perhitungan aliran fluida

Pada tabel 4.7 pada putaran 50 % diketahui:

$$V = 70000 \text{ ml} = 70 \text{ liter} = 0,07 \text{ m}^3$$

$$t = 480 \text{ s}$$

- Debit aliran fluida

$$\begin{aligned}
 Q &= V / t \text{ (m}^3/\text{s)} \\
 &= \frac{0,07 \text{ m}^3}{480 \text{ s}} = 14,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- Daya input Aerator ( $P_{in}$ )

Pada tabel 4.4 diketahui:

$$V = 13,3 \text{ v}$$

$$I = 0,22 \text{ A}$$

Maka :

$$P_{in} = V \times I \text{ (Watt)}$$

$$P_{in} = 13,3 \text{ v} \times 0,22 \text{ A}$$

$$= 2,9 \text{ Watt}$$

- Daya output Aeratot ( $P_{out}$ )

$$\begin{aligned}
 P_{\text{output aerator}} &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \text{ (Watt)} \\
 &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 14,5 \times 10^{-5} \text{ (m}^3/\text{s)} \times 1,5 \text{ m} \\
 &= 2,13 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Efisiensi Aerator

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{aerator}} &= \frac{P_{\text{out aerator}}}{P_{\text{in aerator}}} \times 100 \% \\
 &= \frac{2,13 \text{ Watt}}{2,9 \text{ Watt}} \times 100 \% \\
 &= 73,4 \%
 \end{aligned}$$

### 3) Perhitungan Aki

- Waktu Pengisian Aki

Untuk menghitung pengisian aki beberapa hal yang diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Voltase Aki 12 V
2. Jumlah aki 1 buah
3. Kapasitas aki 7 Ah
4. Lama waktu pengisian 7 jam

Maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Arus output aki} &= \frac{\text{Kapasitas aki}}{\text{Waktu Pengisian}} = \frac{7 \text{ Ah}}{7 \text{ Jam}} \\
 &= 1 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Karena umumnya isi baterai masih isi 20%, maka tambahkan 20% untuk efisiensi aki, kuat arus yang dibutuhkan untuk pengisian selama 7 jam:

$$\begin{aligned}
 \text{Arus output aki} &= 1 \text{ Ampere} + 20\% \\
 &= 1,2 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Daya *charger* yang dibutuhkan untuk mengisi aki 7 Ah selama 7 jam:

Diketahui tegangan standar *charger* aki = 13,8 Volt

Maka :

$$P = V \times I$$

$$= 13,8 \text{ Volt} \times 1,2 \text{ Ampere}$$

$$= 16,56 \text{ Watt}$$

- Waktu aki dapat mem-*backup* beban

Diketahui :

1. Daya aerator yang digunakan 2,9 watt + Arduino 1,2 watt = 4,1 watt

2. Aki yang digunakan 12 V/ 7 Ah

Maka :

$$P = V \times I$$

$$4,1 \text{ Watt} = 12 \text{ V} \times I$$

$$I = \frac{4,1 \text{ Watt}}{12 \text{ V}}$$

$$= 0,3 \text{ A}$$

$$\text{Waktu pemakaian} = \frac{\text{Kapasitas Aki}}{\text{Arus Output}} = \frac{7 \text{ Ah}}{0,3 \text{ A}} = 23 \text{ Jam}$$

Aki diefisiensikan sebesar 20 %

$$23 \text{ Jam} - 20 \% = 18,4 \text{ Jam}$$

$$= 18 \text{ Jam } 4 \text{ menit}$$

#### 4) Perhitungan Efisiensi Sistem

Pada tabel 4.1 diketahui jam 09:00 diketahui :

$$\text{Daya output panel surya} = 5,02 \text{ Watt}$$

$$\text{Daya output Aerator} = 2,13 \text{ Watt}$$



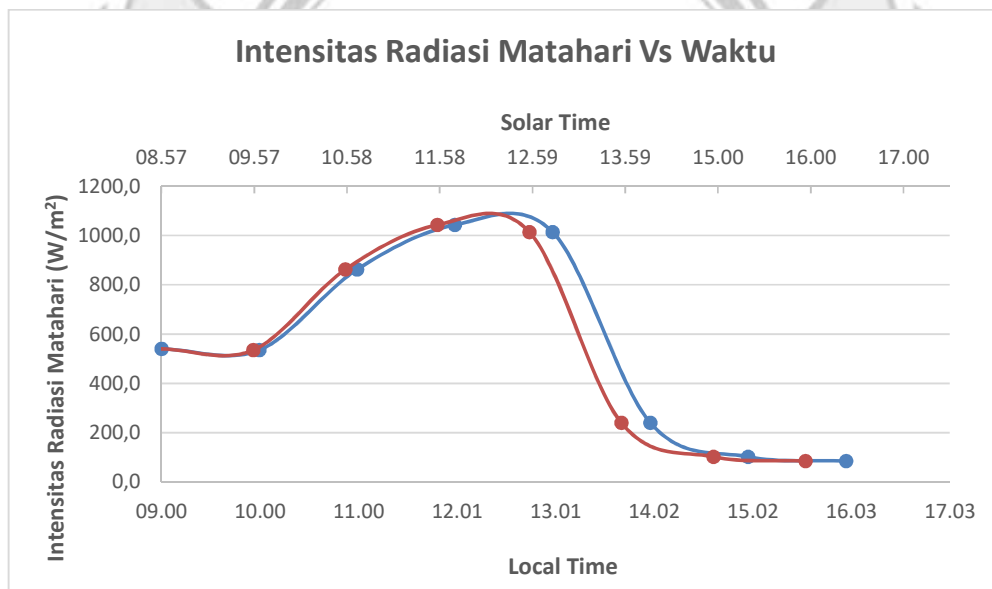
$$\eta_{sistem} = \frac{\text{Daya Output Beban}}{\text{Daya Keluaran Panel}} \times 100\%$$

$$= \frac{2.13 \text{ Watt}}{5.02 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

$$= 42,43 \%$$

## 4.2 Deskripsi Hasil Kegiatan

### 4.2.1 Hasil Pengujian Panel Surya



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara Intensitas radiasi matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) dan Solar Time

Berdasarkan grafik hubungan antara intensitas matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) dengan waktu, pengukuran intensitas matahari dilakukan selama 7 jam per hari yaitu mulai pukul 09:00 WITA hingga pukul 16:00 WITA. Intensitas radiasi matahari tertinggi yaitu  $1042,7 \text{ W}/\text{m}^2$  pada pukul 12:00 WITA dan intensitas radiasi matahari terendah yaitu  $85 \text{ W}/\text{m}^2$  pada pukul 16:00 WITA. Dari grafik diatas dapat dilihat hubungan antara intensitas radiasi matahari dan waktu berbentuk parabola. Semakin besar

intensitas cahaya matahari secara proporsional maka akan menghasilkan daya yang semakin besar pula.

#### 4.2.2 Hasil Pengujian Pengisian Aki

Pada pengujian ini, tipe aki yang digunakan yaitu tipe 7 Ah. Pada proses pengisian aki energi listrik yang masuk ke aki disuplai dari keluaran panel surya.



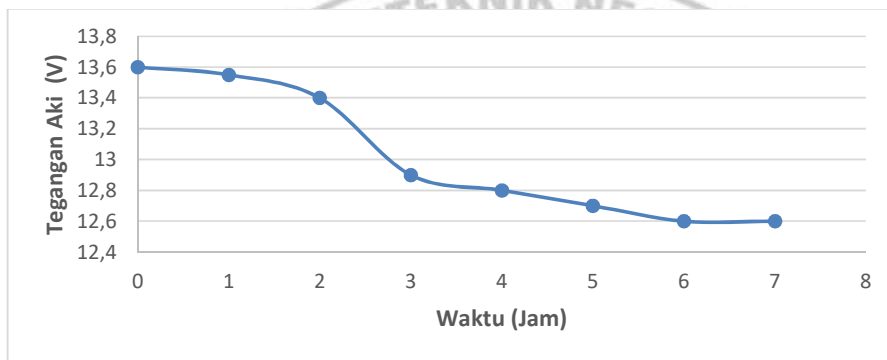
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara Daya (Watt) dengan Waktu (Jam) pada Aki

Berdasarkan grafik hubungan antara daya (watt) dan waktu pengisian dilakukan selama 7 jam perhari yaitu mulai pukul 09:00 hingga pukul 16:00. Daya masukan aki tertinggi yaitu 2,07 Watt pada pukul 13:00 dan daya masukan aki terendah yaitu 1,34 Watt pada pukul 14:00. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan antara daya masukan aki tergantung dari intensitas radiasi matahari,

semakin tinggi radiasi matahari maka daya masukan pada aki akan semakin tinggi pula.

#### 4.2.3 Hasil Pengujian Pembebanan Aki

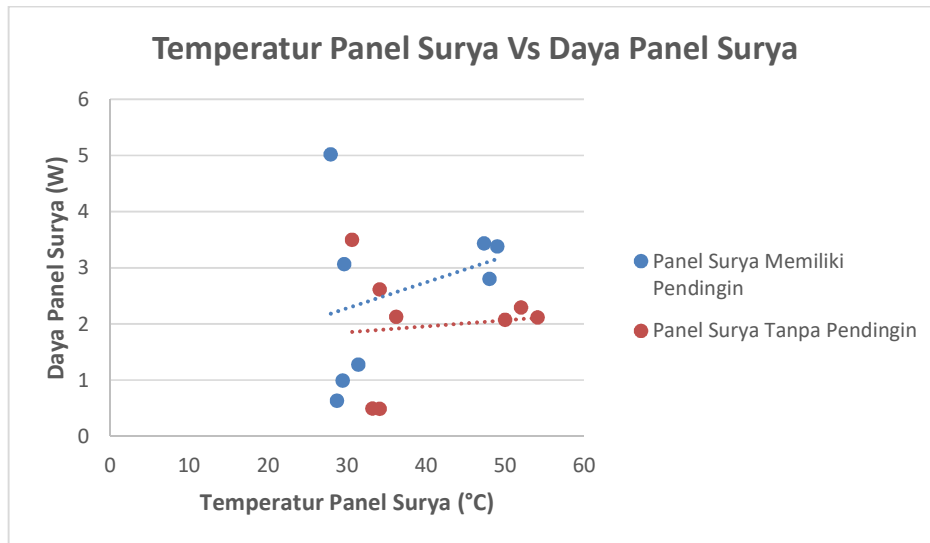
Pada pengujian ini aki yang digunakan adalah aki yang tegangannya 13.6 V. Pada proses pembebanan beban yang digunakan adalah pompa aerator 2.5 Watt yang energi listriknya disuplai dari aki.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Tegangan Aki (V) dan waktu atau lama pemakaian aki

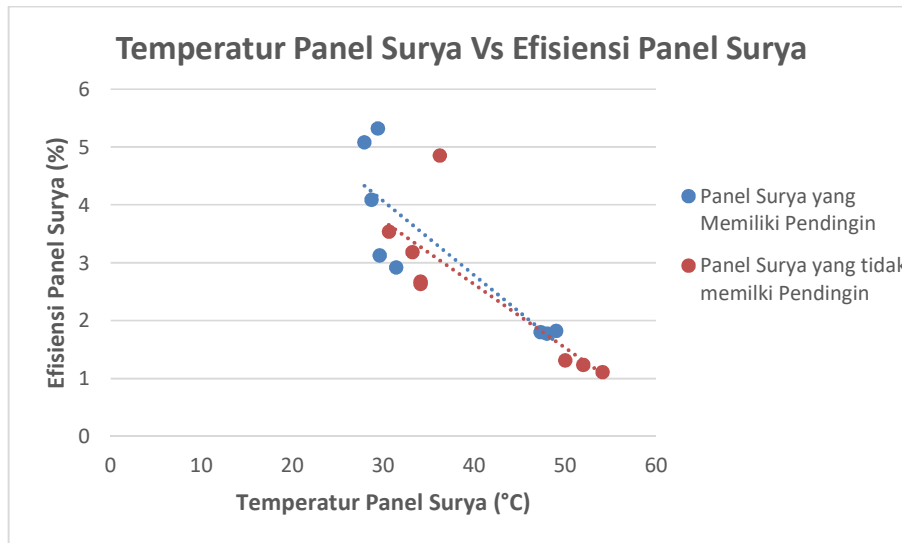
Berdasarkan grafik hubungan antara tegangan aki dan waktu lama pemakaian dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pembebanan maka tegangan dalam aki akan semakin berkurang.

#### 4.2.4 Hasil Pengujian data solar time, intensitas radiasi matahari, daya output, efisiensi panel dan temperatur pada panel



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Temperatur Panel Surya terhadap Daya Output Panel Surya yang memiliki pendingin dan yang tidak memiliki pendingin

Berdasarkan grafik diatas dapat kita lihat hubungan antara temperatur panel surya terhadap daya output panel surya yang memiliki pendingin dan yang tidak memiliki pendingin, dimana hubungan grafik diatas berbanding terbalik, apabila temperatur panel surya rendah maka daya outuput pada panel surya yang dihasilkan yaitu besar karena tegangan yang dikeluarkan juga besar, dimana daya ouput sendiri itu dipengaruhi oleh tegangan dan arus. Daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya yang memiliki pendingin yaitu 5.022 Watt dengan temperatur panel surya yaitu 27.9 °C sedangkan daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya yang tidak memiliki pendingin yaitu 3.5 Watt dengan temperatur panel surya yaitu 30.6°C. Daya terendah pada panel surya yang memilki pendingin yaitu 0.636 Watt dengan temperatur panel surya yaitu 28.7°C sedangkan daya terendah pada penel surya yang tidak memiliki pendingin yaitu 0.496 dengan temperatur 33.2°C.



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Temperatur Panel Surya terhadap Efisiensi Panel Surya yang memiliki pendingin dan yang tidak memiliki pendingin

Berdasarkan grafik diatas dapat kita lihat hubungan temperatur panel surya terhadap efisiensi panel surya yang memiliki pendingin, dimana hubungan grafik diatas yaitu berbanding terbalik, apabila temperatur panel surya rendah maka efisiensi yang dihasilkan yaitu tinggi dikarenakan daya output yang dihasilkan juga besar. Efisiensi tertinggi pada panel surya yang memiliki pendingin yaitu sebesar 5.08 % dengan temperatur panel surya yaitu 27.9°C sedangkan pada panel surya yang tidak memilki pendingin memiliki efisiensi tertinggi sebesar 4.85 % dengan temperatur 36.2°C. Efisiensi panel surya terendah pada panel surya yang memilki pendingin yaitu 1.77% dengan temperatur 48°C sedangkan pada panel surya yang tidak memilki pendingin memiliki efisiensi terendah 1.11 % dengan temperatur panel surya 54.1 °C



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil pempuatan dan pengujian alat maka akan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hubungan antara temperatur panel surya terhadap daya output panel surya yaitu berbanding terbalik, apabila temperatur panel surya rendah maka daya output pada panel surya yang dihasilkan yaitu besar karena tegangan yang dikeluarkan juga besar, dimana daya output sendiri itu dipengaruhi oleh tegangan dan arus. Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya yang memiliki pendingin yaitu 5.022 Watt dengan

temperatur panel surya yaitu 27.9 °C sedangkan daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya yang tidak memiliki pendingin yaitu 3.5 Watt dengan temperatur panel surya yaitu 30.6°C. Daya terendah pada panel surya yang memiliki pendingin yaitu 0.636 Watt dengan temperatur panel surya yaitu 28.7°C sedangkan daya terendah pada panel surya yang tidak memiliki pendingin yaitu 0.496 dengan temperatur 33.2°C.

2. Hubungan temperatur panel surya terhadap efisiensi panel surya, semakin rendah temperatur panel surya rendah maka efisiensi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Efisiensi tertinggi pada panel surya yang memiliki pendingin yaitu sebesar 5.08 % dengan temperatur panel surya yaitu 27.9°C sedangkan pada panel surya yang tidak memiliki pendingin memiliki efisiensi tertinggi sebesar 4.85 % dengan temperatur 36.2°C. Efisiensi panel surya terendah pada panel surya yang memiliki pendingin yaitu 1.77% dengan temperatur 48°C sedangkan pada panel surya yang tidak memiliki pendingin memiliki efisiensi terendah 1.11 % dengan temperatur panel surya 54.1 °C.
3. Pertumbuhan tanaman pada sistem akuaponik yaitu bertumbuh dengan baik dan subur. Tanaman Eceng Gondok bertumbuh dan berkembang setiap harinya dengan ukuran daunnya rata-rata 1 cm.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menambah level air dan tanamannya ditambah pada kolam agar temperatur pada panel surya rendah sehingga daya output dan efisiensi yang dihasilkan pada panel surya juga semakin besar.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menambahkan fitur pencatatan data secara otomatis



## DAFTAR PUSTAKA

- Bagus Gde Widiantara Ida dan Nyoman Sugiarta.2019. *Pengaruh Penggunaan Pendinginan Air Terhadap Output Panel Surya Pada Sistem Tertutup*. Jurnal Matrix Vol.9, No.3. Bali. Politeknik Negeri Bali.
- .Cook, A. G., Billman, L., & Adcock, R. (1995). *Photovoltaic Fundamental*. 1–68.
- Evelyn. 2015. Struktur dari sel surya. (*Online*),  
(<https://www.electricaltechnology.org/>), Diakses 03 Desember 2021.
- Hartono, Rudi. 2013. *Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Duemilanove*. Laporan Tugas Akhir. Jember. Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.



- Jaya Sukma N. 2015. Radiasi Benda Hitam (*Online*), (<http://termodinamika-noviantysj.blogspot.com/>), Diakses 04 Desember 2021.
- Nelson, Jenny. 2003. *The Physic of Solar Cells*. London: Imperial College Press
- Salmiaty dan Gelady Emeline Putra Patandean.2020. *Rancang Bangun Sistem Akuaponik dengan Memanfaatkan Energi Matahari*. Laporan Tugas Akhir.Politeknik Negeri Ujung Pandang
- Swatara Loegimin, Maruto, Bamabang Sumantri dkk.2020. *Sistem Pendinginan Air untuk Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic*. Jurnal Integrasi Vol.12, No.1. Surabaya. Politeknik Elektronika Energi Surabaya.
- Zidni, Irfan. dkk. 2013. *Pengaruh Pdat Terbar Terhadap Pengaruh Benih Lele Sangkuriang dalam Sistem Akuaponik*. Jurnal Perikanan dan Kelautan Vol. 4 No. 4, Desember 2013: 315-324. Bandung: Universitas Padjajaran
- Muchtaromah, Byyinatul., R. Susilowati., A. Kusumastuti. 2012.*Pemanfaatan Tepung Hasil Fermentasi Eceng Gondok Sebagai Campuran Pakan Ikan untyk Meningkatkan Berat Badan dan Daya Cerna Protein Ikan Nila Merah*. Staf Pengajar Jur. Matematika F.Sainstek UIN Malang.Malang



**L**

**A**

**M**

**P**

**I**

**R**

**A**

**N**



# LAMPIRAN A

## (HASIL PENGUJIAN)

Tabel Pengujian PLTS Memiliki Pendingin Alamiah Tumbuhan dengan jarak air dengan panel yaitu 30 cm (Minggu 24 Juli 2022)

Tabel Pengujian PLTS Memiliki Pendingin Alamiah Tumbuhan dengan jarak air dengan panel yaitu 30 cm (Minggu 24 Juli 2022)

Jam	Solar time	Luas	Inensitas Radiasi Matahari	Panel Surya	$P_{In}$	$P_{Out}$	Eff (%)	Ket	Temperatur
-----	------------	------	----------------------------	-------------	----------	-----------	---------	-----	------------

		Panel (m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> )	V (V)	I (A)	(W)	(W)			Panel Surya (°C)	Lingkungan (°C)
9:00	4929	0.183	1179	19	0.36	215.757	6.84	3.17023	Cerah	34.2	36.7
10:00	4930	0.183	1233	20.8	0.35	225.639	8.12	3.059512	Cerah	30.8	Temperatu36
11:00	4931	0.183	1221	19.8	0.34	223.443	6.732	3.01285	Cerah	36.9	35.9
12:00	4932	0.183	1223	20	0.24	223.809	4.8	2.14469	Cerah	32.9	Panel Air 35
13:00	4933	0.183	1160.3	18.1	0.15	212.335	2.715	1.27864	Cerah	40.7	Surya 35.1
14:00	4934	0.183	831	13.2	0.07	152.073	0.264	0.1736	Berawan	33.3	(°C) (°C) 2.3
15:00	4935	0.183	675	12.4	0.02	123.525	0.248	0.20077	Cerah	31.5	26.5 24.32
16:00	4936	0.183	453	10.6	0	82.899	0	0	Berawan	30.3	24.7 24.6
11:00	4931	0.183	1221	20.1	0.3	223.443	6.03	2.69867	Cerah	28.4	28
12:00	4932	0.183	1223	20.5	0.35	223.809	7.175	3.20586	Cerah	27.3	26.3
13:00	4933	0.183	1160.3	18.9	0.2	212.335	3.78	1.78021	Cerah	38.6	30.9
14:00	4934	0.183	831	13.6	0.04	152.073	0.544	0.35772	Berawan	29	28.6
15:00	4935	0.183	675	12.7	0.03	123.525	0.381	0.30844	Berawan	28.6	28.3
16:00	4936	0.183	453	10.5	0	82.899	0	0	Berawan	26.4	24.7

Tabel Pengujian PLTS Memiliki Pendingin Alamiah Tumbuhan dengan jarak air dengan panel yaitu 35 cm (Selasa 26 Juli 2022)

Jam	Solar time	Luas Panel (m <sup>2</sup> )	Intensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Panel Surya		P <sub>In</sub> (W)	P <sub>Out</sub> (W)	Eff (%)	Ket	Temperatur	
				V (V)	I (A)					Panel Surya (°C)	Air (°C)
9:00	4977	0.183	540	18.6	0.27	98.82	5.022	5.08197	Cerah	27.9	27.4
10:00	4978	0.183	535	14.6	0.21	97.905	3.066	3.13161	Berawan	29.6	27.8
11:00	4979	0.183	862	18.7	0.15	157.746	2.805	1.77818	Cerah	48	27.9
12:00	4980	0.183	1042.7	19.1	0.18	190.814	3.438	1.80175	Cerah	47.3	28.6
13:00	4981	0.183	1014	18.8	0.18	185.562	3.384	1.82365	Cerah	49	29.2
14:00	4982	0.183	239.7	18.3	0.07	43.8651	1.281	2.92032	Berawan	31.4	29.7
15:00	4983	0.183	102	14.2	0.07	18.666	0.994	5.32519	Mendung	29.4	29.9
16:00	4984	0.183	85	15.9	0.04	15.555	0.636	4.08872	Mendung	28.7	29.9

Tabel Pengujian PLTS Tanpa Memiliki Pendingin dengan jarak air dengan panel yaitu 35 cm (Selasa 26 Juli 2022)

Jam	Solar time	Luas Panel (m <sup>2</sup> )	Inensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Panel Surya		P <sub>In</sub> (W)	P <sub>Out</sub> (W)	Eff (%)	Ket	Temperatur	
				V (V)	I (A)					Panel Surya (°C)	Lingkungan (°C)
9:00	4977	0.183	540	17.5	0.2	98.82	3.5	3.54179	Cerah	30.6	30.6
10:00	4978	0.183	535	13.1	0.2	97.905	2.62	2.67606	Berawab	34.1	29.5
11:00	4979	0.183	862	17.3	0.12	157.746	2.076	1.31604	Cerah	50	31
12:00	4980	0.183	1042.7	16.3	0.13	190.814	2.119	1.1105	Cerah	54.1	37.1
13:00	4981	0.183	1014	15.3	0.15	185.562	2.295	1.23678	Cerah	52	36
14:00	4982	0.183	239.7	14.2	0.15	43.8651	2.13	4.8558	Berawan	36.2	31.4
15:00	4983	0.183	102	12.3	0.04	18.666	0.492	2.63581	Mendung	34.1	30.7
16:00	4984	0.183	85	12.4	0.04	15.555	0.496	3.18869	Mendung	33.2	31.2


Tabel Pengujian PLTS Memiliki Pendingin Alami Tumbuhan dengan jarak air dengan panel yaitu 40 cm (Kamis 28 Juli 2022)

Jam	Solar time	Luas Panel (m <sup>2</sup> )	Intensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Panel Surya		P <sub>In</sub> (W)	P <sub>Out</sub> (W)	Eff (%)	Ket	Temperatur	
				V (V)	I (A)					Panel Surya (°C)	Air (°C)
9:00	5025	0.183	937.1	18	0.3	171.489	5.4	3.14888	Cerah	34.8	27
10:00	5026	0.183	1003.7	18.2	0.32	183.677	5.824	3.17078	Cerah	34.2	28.7
11:00	5027	0.183	1128.6	19	0.2	206.534	3.8	1.83989	Cerah	37.1	29.5
12:00	5028	0.183	752.2	17.8	0.15	137.653	2.67	1.93967	Cerah	45.9	30.4
13:00	5029	0.183	1135	19.7	0.15	207.705	2.955	1.42269	Cerah	40.8	31
14:00	5030	0.183	416	19.7	0.16	76.128	3.152	4.1404	Cerah	38.4	32.7
15:00	5031	0.183	402	19.8	0.15	73.566	2.97	4.03719	Berawan	44.6	32.7
16:00	5032	0.183	344	13.8	0	62.952	0	0	Berawan	28.6	32.2

Tabel Pengujian PLTS Tanpa Memiliki Pendingin dengan jarak air dengan panel yaitu 40 cm (Kamis 28 Juli 2022)

Jam	Solar time	Luas Panel (m <sup>2</sup> )	Inensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Panel Surya		P <sub>In</sub> (W)	P <sub>Out</sub> (W)	Eff (%)	Ket	Temperatur	
				V (V)	I (A)					Panel Surya (°C)	Lingkungan (°C)
9:00	5025	0.183	937.1	16.3	0.27	171.489	4.401	2.56634	Cerah	38.9	31.2
10:00	5026	0.183	1003.7	16.5	0.29	183.677	4.785	2.60512	Cerah	37.1	33.6
11:00	5027	0.183	1128.6	18.8	0.15	206.534	2.82	1.36539	Cerah	42.1	36.7
12:00	5028	0.183	752.2	16.8	0.23	137.653	3.864	2.80707	Cerah	46	35.2
13:00	5029	0.183	1135	19.3	0.18	207.705	3.474	1.67256	Cerah	48.9	35.2
14:00	5030	0.183	416	19.8	0.28	76.128	5.544	7.28247	Cerah	47.2	36.5
15:00	5031	0.183	402	16.9	0.22	73.566	3.718	5.05397	Berawan	47	36.7
16:00	5032	0.183	344	13.2	0	62.952	0	0	Berawan	34.2	32.5

**LAMPIRAN B**  
**(Listing Program)**



```
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Memanggil library LCD
#include <OneWire.h> //Memanggil library OneWire yang diperlukan sebagai
dependensi library Dallas Temperature
#include <DallasTemperature.h> // Memanggil library Dallas Temperature
#define ONE_WIRE_BUS 2 // Menempatkan PIN hasil pembacaan sensor
DS18B20 pada PIN 2.
    //Disebut One Wire karena kita bisa menempatkan sensor DS18B20 lain pada
PIN yang sama
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Mengatur alamat LCD dan dimensi LCD,
yaitu 20 kolom dan 4 baris

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Membuat variabel oneWire berdasarkan
PIN yang telah didefinisikan
DallasTemperature sensor(&oneWire); //Membuat variabel untuk menyimpan
hasil pengukuran
```

```
//deklarasi variable suhu DS18B20 dengan jenis data float
float suhuDS18B20_0;
float suhuDS18B20_1;
float suhuDS18B20_2;
float suhuDS18B20_3;

void setup(void)
{
  lcd.init();
  lcd.begin(20,4);
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("PEMBACAAN TEMPERATUR");
  sensor.begin(); //Menginisiasikan sensor One-Wire DS18B20

  // Sebelum melakukan pengukuran, atur resolusinya
  //sensor.setResolution(0, 9);
  //sensor.setResolution(0, 10);
  //sensor.setResolution(0, 11);
  sensor.setResolution(0, 12);

  //sensor.setResolution(1, 9);
  //sensor.setResolution(1, 10);
  //sensor.setResolution(1, 11);
  sensor.setResolution(1, 12);

  //sensor.setResolution(2, 9);
  //sensor.setResolution(2, 10);
  //sensor.setResolution(2, 11);
  sensor.setResolution(2, 12);
}
```



```

//sensor.setResolution(3, 9);
//sensor.setResolution(3, 10);
//sensor.setResolution(3, 11);
sensor.setResolution(3, 12);

delay(2000);
}
void loop(void)
{
  sensor.requestTemperatures(); // Perintah konversi suhu
  //Membaca data suhu dari sensor #0 dan mengkonversikannya ke nilai Celsius
  suhuDS18B20_0 = sensor.getTempCByIndex(0);
  suhuDS18B20_1 = sensor.getTempCByIndex(1);
  suhuDS18B20_2 = sensor.getTempCByIndex(2);
  suhuDS18B20_3 = sensor.getTempCByIndex(3);
  // suhuDS18B20 = (suhuDS18B20*9/5) + 32;
  // suhuDS18B20 = suhuDS18B20 = 273.15;

  Serial.print("Sensor 0 : ");
  //Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
  Serial.println(suhuDS18B20_0, 1); //Presisi 4 digit
  Serial.println(" °C");

  Serial.print("Sensor 1 : ");
  //Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
  //Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
  Serial.println(suhuDS18B20_1, 1); //Presisi 4 digit
  Serial.println(" °C");
}

```

```
Serial.print("Sensor 2 : ");  
//Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit  
//Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit  
//Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit  
Serial.println(suhuDS18B20_2, 1); //Presisi 4 digit  
Serial.println(" °C");
```

```
Serial.print("Sensor 3 : ");  
//Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit  
//Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit  
//Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit  
Serial.println(suhuDS18B20_3, 1); //Presisi 4 digit  
Serial.println(" °C");
```

```
lcd.clear();  
lcd.setCursor(1,0);  
lcd.print("T1 = ");  
lcd.setCursor(6,0);  
lcd.print(suhuDS18B20_0,1);  
lcd.print((char)223);  
lcd.setCursor(11,0);  
lcd.print("C");
```

```
lcd.setCursor(1,1);  
lcd.print("T2 = ");  
lcd.setCursor(6,1);  
lcd.print(suhuDS18B20_1,1);  
lcd.print((char)223);  
lcd.setCursor(11,1);  
lcd.print("C");
```



```
lcd.setCursor(1,2);  
lcd.print("T3 = ");  
lcd.setCursor(6,2);  
lcd.print(suhuDS18B20_2,1);  
lcd.print((char)223);  
lcd.setCursor(11,2);  
lcd.print("C");  
  
lcd.setCursor(1,3);  
lcd.print("T4 = ");  
lcd.setCursor(6,3);  
lcd.print(suhuDS18B20_3,1);  
lcd.print((char)223);  
lcd.setCursor(11,3);  
lcd.print("C");  
}
```

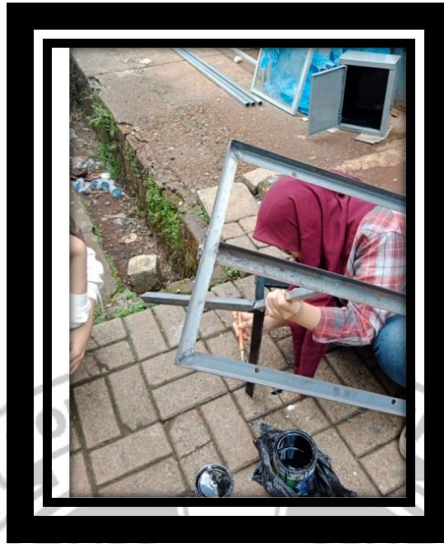




**LAMPIRAN C**  
**(Foto Kegiatan)**



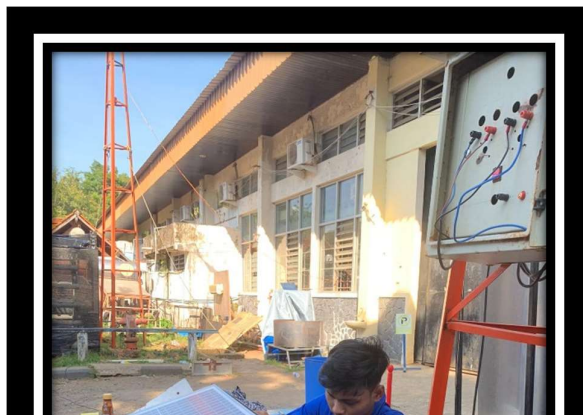
Pemotongan Besi Hollow untuk rangka perancangan mekanik



Pengecatan Rangka Panel



Pengeboran Panel Box

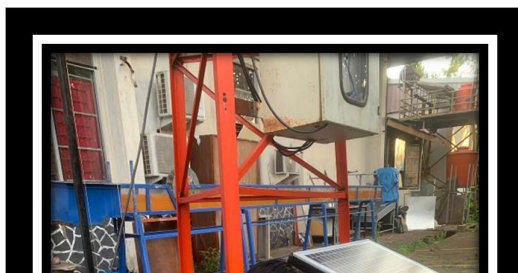


Proses Pemindahan Ikan ke dalam Kolam





Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari







Proses Pemindahan tanaman ke dalam kolam

