

# PENGARUH BEBERAPA JENIS AKUMULATOR PADA PLTS



## 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

M.REZKI ANUGRAH HADIKUSUMA  
ELISABETH CITRA

342 18 037  
342 18 034

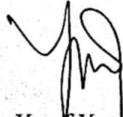
PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2021

## HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul Pengaruh Beberapa Jenis Akumulator Pada PLTS oleh M.Rezki Anugrah Hadikusuma NIM 342 18 037 dan Elisabeth Citra NIM 342 18 034 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma III pada program studi D3 Teknik Konversi Energi jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 13 September 2021

Pembimbing I,



Muh. Yusuf Yuntus, S.ST., M.T.  
NIP. 19800820 200501 1 001

Pembimbing II,



Appolo, S.T., M.Eng.  
NIP. 19690723 199303 1 002

Mengetahui,



Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tanggal 13 September 2021, Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir telah menerima dengan baik Laporan Tugas Akhir oleh mahasiswa M.Rezki Anugrah Hadikuusma NIM 342 18 037 dan Elisabeth Citra NIM 342 18 034 dengan judul “Pengaruh Beberapa Jenis Akumulator pada PLTS”

Makassar, 13 September 2021

Tim Penguji Ujian Laporan Tugas Akhir:

1. Musrady Mulyadi, S.ST.,M.T.
2. Marhatang, S.ST.,M.T.
3. Ir. Andareas Pangkung, M.T.
4. Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D.
5. Muh. Yusuf Yunus, S.ST.,M.T.
6. Apollo, S.T., M.Eng.

Ketua

(.....)

Sekretaris

(.....)

Anggota

(.....)

Anggota

(.....)

Anggota

(.....)

Anggota

(.....)

## 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 **"Pengaruh Beberapa Jenis Akumulator pada PLTS"** 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 Muh. Yusuf Yunus, S.ST., M.T. selaku Dosen Pengarah Utama dan Bapak Appolo, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pengarah Pembimbing..

6. Bapak A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.,Sc.,Ph.D. 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,

2021

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETJUAN .....	i
HALAMAN PENERIMAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR SIMBOL .....	xv
DAFTAR SIMBOL .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan .....	4
1.4 Tujuan Kegiatan .....	4
1.5 Manfaat Kegiatan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Energi Surya .....	5

2.2 Panel Surya / Sel Surya .....	5
2.2.1 Pengertian Sel Surya.....	5
2.2.2 Struktur Sel Surya.....	7
2.2.3 Prinsip Kerja Sel Surya.....	9
2.2.4 Jenis-Jenis Sel Surya .....	12
2.2.5 Efisiensi Panel Surya .....	13
2.2.6 Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi .....	14
2.3 Akumulator/ <i>Accumulator</i> (Aki).....	19
2.3.1 Pengertian Akumulator.....	19
2.3.2 Prinsip Kerja Akumulator.....	19
2.3.3 Jenis-Jenis Akumulator.....	22
2.3.4 Komponen-Komponen Akumulator.....	26
2.3.5 Efisiensi Akumulator.....	28
2.4 Regulator / <i>Solar Charge Controller</i> .....	28
2.4.1 Pengertian Regulator / <i>Solar Charge Controller</i> .....	28
2.4.2 Prinsip Kerja Regulator .....	31
<b>BAB III METODE KEGIATAN.....</b>	<b>32</b>
3.1 Waktu dan Tempat Kegiatan .....	32
3.2 Alat dan Bahan.....	32
3.2.1 Alat .....	32
3.2.2 Bahan.....	33

3.3 Prosedur Kerja .....	33
3.3.1 Tahap Perancangan.....	34
3.3.2 Tahap Pembuatan .....	36
3.3.3 Tahap Perakitan.....	36
3.3.4 Langkah-Langkah Pengujian Alat.....	37
3.3.5 Teknik Analisis Data .....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	40



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan PLTS.....	32
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan pada perancangan dan pembuatan PLTS.....	33
Tabel 4.1 Rata-rata hasil analisis pengujian tanpa beban selama 14 hari .....	51
Tabel 4.2 Hasil Analisis data pengujian berbeban hari 1 dengan beban dc 10 $\Omega$ ....	56
Tabel 4.3 Hasil Analisis data pengujian berbeban hari 14 dengan beban dc 75 $\Omega$ ..	76



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Modul Surya Terdiri dari 28-36 sel surya .....	7
Gambar 2.2	Struktur dari sel Surya Komersial.....	7
Gambar 2.3	Junction Antara Semikonduktor Tipe –P dan Tipe –N.....	9
Gambar 2.4	Proses Energi Matahari Menjadi Energi Listrik Pada Sel Surya .....	10
Gambar 2.5	Struktur Pita Sebuah Semikonduktor.....	11
Gambar 2.6	Tingkat Energi yang Dihasilkan Oleh Sambungan P-N Semikonduktor.....	11
Gambar 2.7	Panel Surya <i>Polycrystalline</i> .....	12
Gambar 2.8	Grafik Intensitas Radiasi Matahari dan Panjang Gelombang .....	14
Gambar 2.9	Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi .....	15
Gambar 2.10	Grafik Besar Radiasi Harian Matahari yang Mengenai Permukaan Bumi .....	16
Gambar 2.11	Arah Sinar Datang Membentuk Sudut Terhadap Bidang Panel surya.....	17
Gambar 2.12	Arah sinar datang, sinar refleksi dan sinar transmisi .....	18
Gambar 2.13	Ilustrasi baterai terisi penuh.....	21
Gambar 2.14	Ilustrasi baterai saat mengeluarkan arus.....	21
Gambar 2.15	Ilustrasi baterai dalam keadaan tak terisi .....	21
Gambar 2.16	Cara Kerja Akumulator .....	21
Gambar 2.17	Aki Basah .....	23
Gambar 2.18	Aki <i>Hybrid</i> .....	24
Gambar 2.19	Aki Kalsium.....	24

Gambar 2.20	Aki Bebas Perawatan .....	25
Gambar 2.21	Aki Tertutup .....	26
Gambar 2.22	Elemen Akumulator .....	27
Gambar 2.23	<i>Solar Charge Controller</i> .....	30
Gambar 3.1	Skematik Rangkaian.....	34
Gambar 3.2	Rangka Mekanik Panel Surya.....	35
Gambar 3.3	Rancang Bangun Sistem PLTS.....	36
Gambar 3.4	Diagram Alir Kegiatan.....	39
Gambar 4.1	Hasil rancangan rangka panel surya .....	40
Gambar 4.2	Name plate panel surya .....	41
Gambar 4.3	Kabel Output Panel Surya .....	41
Gambar 4.4	Hasil Rancangan Modul Instrumen Pengujian.....	42
Gambar 4.5	Solar Charge Controller (SCC).....	43
Gambar 4.6	Beban DC .....	43
Gambar 4.7	<i>Amperemeter</i> .....	44
Gambar 4.8	<i>Solar Power Meter</i> .....	44
Gambar 4.9	Akumulator kering (kiri), akumulator basah (kanan) .....	45
Gambar 4.10	Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	46
Gambar 4.11	Grafik hubungan Antara Tegangan Panel Aki Kering, Tegangan Panel Aki Basah, Tegangan Pengisian Aki Kering dan Tegangan Pengisian Aki Basah dengan Waktu untuk Rangkaian Tanpa Beban.....	52
Gambar 4.12	Grafik hubungan antara arus panel aki kering dan arus panel aki basah dengan Waktu untuk Rangkaian Tanpa Beban.....	53
Gambar 4.13	Grafik hubungan antara energi panel aki kering dan energi panel aki basah dengan waktu untuk rangkaian tanpa beban.....	54

Gambar 4.14	Grafik hubungan antara efisiensi panel aki kering dan efisiensi panel aki basah dengan Waktu untuk Rangkaian Tanpa Beban .....	55
Gambar 4.15	Grafik Hubungan antara Tegangan aki kering dan basah dengan waktu hari 1 pada pengujian berbeban.....	57
Gambar 4.16	Grafik Hubungan antara arus aki kering dan arus aki basah dengan waktu hari 1 pada pengujian berbeban.....	58
Gambar 4.17	Grafik Hubungan antara energi aki kering dan energi aki basah dengan waktu hari 1 pada pengujian berbeban.....	59
Gambar 4.18	Grafik Hubungan antara efisiensi aki kering dan efisiensi aki basah dengan waktu hari 1 pada pengujian berbeban ....	60
Gambar 4.19	Grafik Hubungan antara Tegangan aki kering dan basah dengan waktu hari 4-9 pada pengujian berbeban.....	62
Gambar 4.20	Grafik Hubungan antara Tegangan aki kering dan basah dengan waktu hari 10-11 pada pengujian berbeban.....	64
Gambar 4.21	Grafik Hubungan antara arus aki kering dan basah dengan waktu hari 2-11 pada pengujian berbeban.....	66
Gambar 4.22	Grafik Hubungan antara energi aki kering dan basah dengan waktu hari 2-11 pada pengujian berbeban.....	69
Gambar 4.23	Grafik Hubungan antara efisiensi aki kering dan basah dengan waktu hari 2-8 pada pengujian berbeban.....	72
Gambar 4.24	Grafik Hubungan antara efisiensi aki kering dan basah dengan waktu hari 9-11 pada pengujian berbeban.....	74
Gambar 4.25	Grafik Hubungan antara Tegangan aki kering dan basah dengan waktu hari 14 pada pengujian berbeban.....	77
Gambar 4.26	Grafik Hubungan antara arus aki kering dan arus aki basah dengan waktu hari 14 pada pengujian berbeban .....	78
Gambar 4.27	Grafik Hubungan antara energi aki kering dan energi aki basah dengan waktu hari 14 pada pengujian berbeban .....	79
Gambar 4.28	Grafik Hubungan antara efisiensi aki kering dan efisiensi aki basah dengan waktu hari 14 pada pengujian berbeban ..	80

Gambar 4.29. Proses *charging* aki VLRA dengan arus 0,5 A (konstan).... 81

Gambar 4.30. Proses *discharging* aki VLRA 6 V dan 12 V dengan arus 0,5 A (konstan) ..... 82



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Hasil Pengujian Tanpa Beban .....	87
Lampiran 2	Data Hasil Pengujian Berbeban .....	105
Lampiran 3	Foto Kegiatan.....	119
Lampiran 4	Anggaran Belanja.....	122
Lampiran 5	Hasil Testing Akumulator (Hari 1 – Hari 7) .....	123
Lampiran 6	Hasil Testing Akumulator (Hari 8 – Hari 14).....	124



## 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
E	Joule (J)	Energi
G	W/m <sup>2</sup>	Intensitas Radiasi Matahari
V	Volt(V)	Tegangan Listrik
I	Ampere( A)	Kuat Arus Listrik
$\alpha$	Derajat (°)	Sudut Kemiringan
$\delta$	Derajat (°)	Sudut Deklanasi Matahari
$\eta$	Persen (%)	Efisiensi

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M.Reski Anugrah Hadikusuma

NIM : 34218037

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul " **Pengaruh Beberapa Jenis Akumulstor Pada PLTS**" merupakan gagasan, hasil karya saya 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, 13 September 2021



M.Reski Anugrah Hadikusuma

34218037

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Elisabeth Citra

NIM : 34218034

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul " Pengaruh Beberapa Jenis Akumulator Pada PLTS " merupakan gagasan, hasil karya saya 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, 13 September 2021



Elisabeth Citra

34218034

## PENGARUH BEBERAPA JENIS AKUMULATOR PADA SOLAR CELL PANEL

### *ABSTRAK*

Energi surya merupakan salah satu energi alternatif dan terbarukan yang masih tergolong baru dikalangan masyarakat. Pemanfaatan energi surya untuk pembangkitan energi listrik dewasa ini masih dalam tahap pengembangan dan sosialisasi kepada masyarakat. Energi listrik yang di hasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya dalam penyimpanannya rata-rata dialiri menuju komponen-komponen listrik seperti baterai dan akumulator. Tetapi pada teknis pelaksanaannya, terdapat beberapa masalah dalam pemilihan jenis penyimpanan energi listrik, salah satu variabelnya adalah efisiensi dan ketahanan dalam menyimpan (*charge*) dan mengaliri (*discharge*) energi listrik.

Kegiatan pengujian beberapa jenis akumulator ini dibatasi pada pengujian aki kering dan aki basah. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik *charge* dan *discharge* dari aki kering dan aki basah untuk mendapatkan alternatif penggunaan baterai/akumulator pada pembangkitan listrik tenaga surya. Langkah-langkah pada pengujian ini awalnya dimulai dari tahap pengerjaan rangka panel surya, tahap pengerjaan modul pengujian dan tahap pengujian yang dibagi atas dua, yakni pengujian tanpa beban (*discharge*) dan pengujian berbeban (*discharge*). Pengujian tanpa beban bertujuan untuk melihat karakteristik pada pengisian aki kering dan aki basah yang dilakukan selama 14 hari, sedangkan pada pengujian berbeban bertujuan untuk melihat karakteristik pembebanan yang dilakukan selama 14 hari dengan beban DC divariasikan mulai dari 10  $\Omega$  sampai dengan 75  $\Omega$

Berdasarkan hasil kegiatan dan deskripsi dapat disimpulkan aki kering memiliki efisiensi dan ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan aki basah, namun kedua jenis aki tadi masih memiliki efisiensi dan ketahanan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan aki VLRA. Tetapi melalui beberapa perawatan, aki kering dan aki basah masih dapat dipertimbangkan untuk digunakan.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam perekonomian, baik sebagai bahan bakar maupun sebagai komoditas ekspor. Komsumsi energi semakin meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Untuk memenuhi permintaan energi tersebut perlu dikembangkan sumber daya energi, baik energi fosil maupun energi terbarukan. Mengingat sumber daya energi fosil khususnya minyak bumi jumlahnya terbatas maka perlu dikembangkan energi alternatif. Hal ini terlihat dari intensitas energi yang masih tinggi. Belum dimanfaatkannya berbagai energi yang efisien pada saat ini menyebabkan penggunaan energi belum produktif (Abrori Muchammad dkk, 2017).

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang 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 *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Sel surya atau sel PV bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi Matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

Pemanfaatan aki dalam kehidupan semakin hari kian berkembang, salah satu pemanfaatan aki yaitu pada PLTS (pembangkit listrik tenaga surya). PLTS pada prinsipnya adalah sebuah pembangkitan energi listrik yang mengubah energi

panas (thermal) menjadi energi listrik dengan memanfaatkan sel surya untuk menangkap radiasi dari matahari yang berupa panas dan kemudian menghasilkan listrik. Kemudian keluaran dari sel surya di hubungkan dengan masukan dari aki untuk menyimpan energi atau mengisi muatan listrik pada aki dan kemudian dimanfaatkan dalam bentuk secara umum untuk menyuplai kebutuhan listrik pada rumah-rumah warga dan dalam bentuk sederhana menyalakan lampu-lampu jalan untuk penerangan di malam hari.

Jenis aki yang umumnya digunakan pada sel surya adalah jenis *lead acid*. Jenis aki ini terbagi atas dua, yaitu *starting battery* (aki otomotif) dan *deep cycle* (aki industri). Perbedaan antara dua jenis ini yaitu jenis aki *starting battery* dirancang mampu menghasilkan energi (arus listrik) yang tinggi dalam waktu singkat, namun harus diisi (*charge*) kembali. Jika baterai sering terpakai sampai habis atau *depth of discharge* (DOD) kurang dari 20% maka baterai akan cepat rusak. Sedangkan jenis *deep cycle* dirancang untuk menghasilkan energi (arus listrik) yang stabil atau rendah dalam waktu yang lama. Aki jenis ini memiliki ketahanan terhadap siklus, atau sering disebut *Cycle*, pengisian (*charge*) dan pelepasan (*discharge*) yang berulang-ulang dan juga konstan. (Raditya, 2017)

Kedua jenis aki ini memiliki kelebihan dan kekurangan, aki jenis *starting battery* dapat mengisi dengan cepat dan dengan arus yang tinggi, sedangkan jenis *deep cycle* menggunakan waktu yang lama untuk mengisi dengan arus yang rendah. Secara kapasitas kerja, jenis *deep cycle* lebih cocok digunakan untuk sel surya dikarenakan arus yang dihasilkan sel surya cenderung fluktuatif dan arus yang dihasilkan lebih rendah daripada pembangkitan energi listrik yang lain,

tetapi harga jual aki jenis ini cenderung lebih mahal dari pada jenis aki yang lain terutamanya aki jenis *starting battery*. Namun, aki jenis *starting battery* juga memiliki potensi untuk digunakan pada sel surya dan harga jual dari aki ini relatif lebih murah daripada jenis aki *deep cycle*.

Untuk menekan biaya yang digunakan pada pengaplikasian sel surya sebagai pembangkitan energi listrik, perlu adanya alternatif yang digunakan sebagai pengganti dari aki *deep cycle*, sehingga dipandang perlu adanya perbandingan beberapa jenis aki yang berpotensi digunakan pada pengaplikasian sel surya agar tidak menggunakan biaya yang tinggi, sehingga penggunaan energi cahaya sebagai alternatif pembangkitan energi listrik akan lebih dipertimbangkan kedepannya.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik menulis tugas akhir dengan judul “Pengaruh beberapa Jenis akumulator pada PLTS”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana efisiensi kerja pada beberapa jenis aki?
2. Bagaimana pengaruh beban pada beberapa jenis aki?

## **1.3 Ruang Lingkup Kegiatan**

Adapun pembatasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Aki yang digunakan adalah jenis aki *Starting Battery* (aki otomotif) dan *Deep Cycle* (aki industry) jenis VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*)
2. Jenis sel surya yang digunakan adalah *polycrystalline silicon* dengan kapasitas 2 x 50 Wp (*Watt Peak*)

#### **1.4 Tujuan Kegiatan**

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

1. Untuk mengetahui alternatif penggunaan aki pada sel surya
2. Untuk mengetahui hal-hal yang mempengaruhi kinerja dari beberapa jenis aki.

#### **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 alternatif penggunaan Aki 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 lainnya energi surya cukup mudah didapat. (Deni 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 penyimpanan energi sebagai komponen yang tak terpisahkan dari suatu rancang bangun sistem energi matahari (Reynold dan Perkins, 1983).

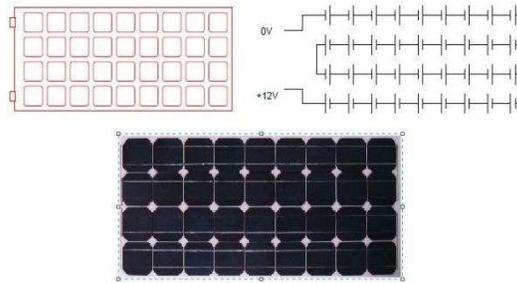
### 2.2 Panel Surya / Sel Surya

#### 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).

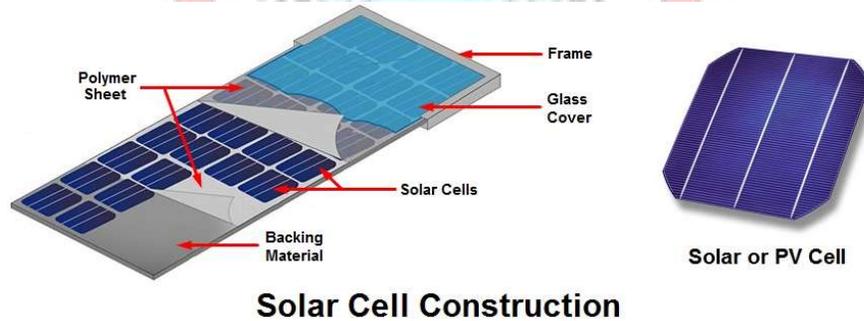
Satu buah sel surya dapat menghasilkan kurang lebih 0,5 volt arus DC. Dan untuk menghasilkan tegangan 12 volt diperlukan 28-36 sel surya yang disusun secara seri yang dapat menghasilkan tegangan nominal sekitar 17,6 volt. Semakin banyak sel surya, semakin besar pula energi yang dihasilkan oleh panel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

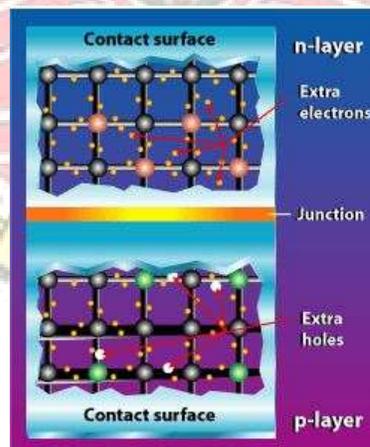
Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan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

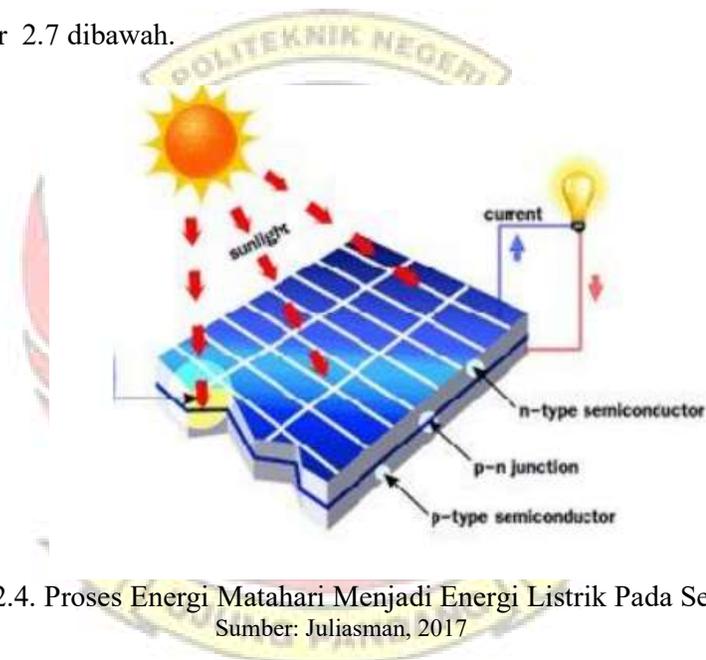
Menurut Cook, A. G., Billman, L., & Adcock, R. (1995) secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*). Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai 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

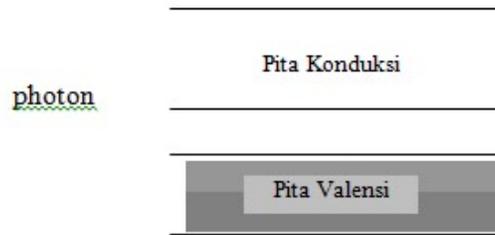
kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan *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 2.7 dibawah.



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

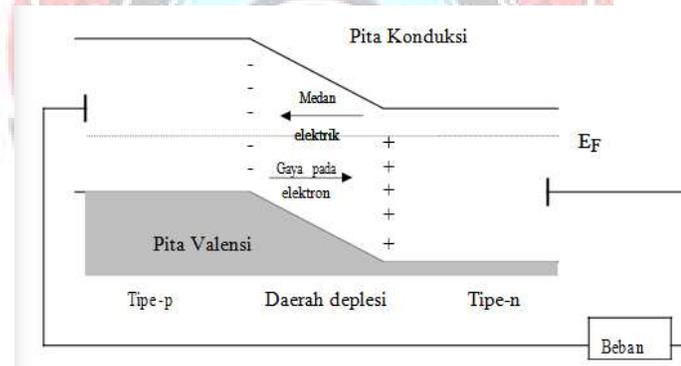
Lebih detailnya proses pembentukan energi listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

- 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

Menurut Andree (2013) 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 2.10.



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 paralel (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)

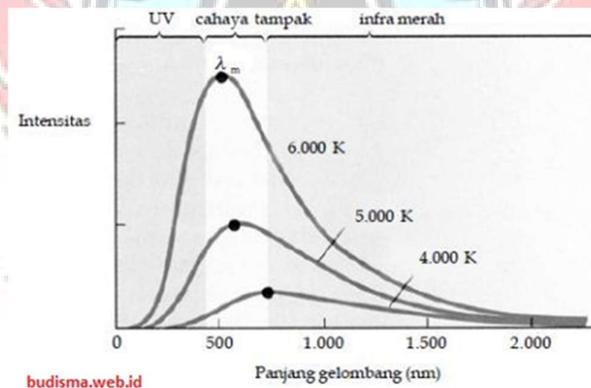
- Efisiensi panel surya

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

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

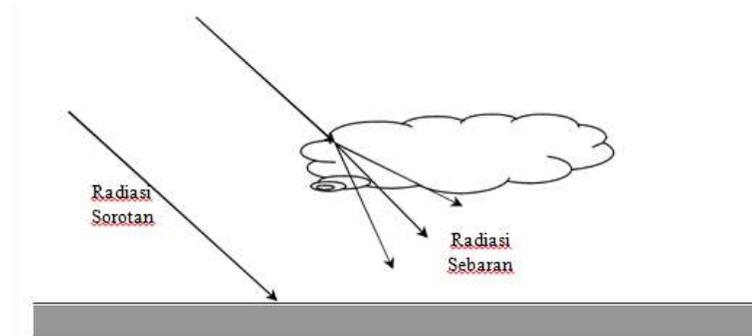
## 2.2.6 Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi

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 dipencarkan oleh molekul-molekul gas gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yaitu disebut sebagai radiasi sebaran seperti terlihat pada gambar 2.12. (Jansen, 1995)



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

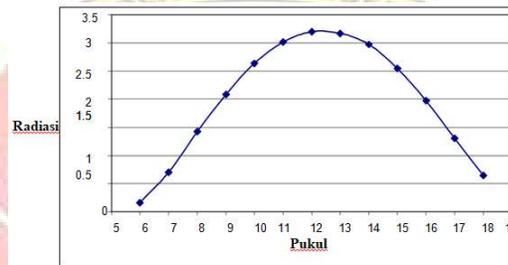
Sumber: Yuwono,2005

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 radiaton*), 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)

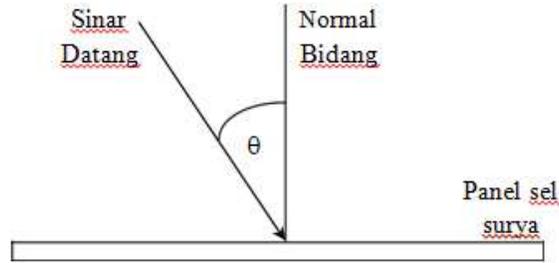
Dengan adanya faktor-faktor diatas menyebabkan radiasi yang diterima permukaan bumi memiliki intensitas yang berbeda-beda setiap saat. Besarnya radiasi harian yang diterima di permukaan bumi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.13.



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.



Gambar 2.11. Arah Sinar Datang Membentuk Sudut Terhadap Bidang Panel surya  
 Sumber: Yuwono,2005

Panel akan mendapatkan radiasi maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel surya. Pada saat matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut  $\theta$  seperti pada Gambar 2.14 maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan factor  $\cos \theta$  (Jansen, 1995).

$$I_r = I_{r0} \cos \theta \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$I_r$  : Radiasi yang diserap panel

$I_{r0}$  : Radiasi yang mengenai panel

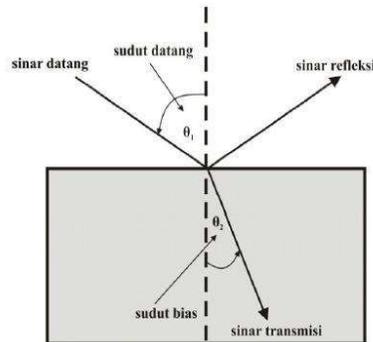
$\theta$  sudut antara sinar datang dengan normal bidang panel.

Kecepatan cahaya pada jenis-jenis material yang berbeda akan berbeda. Besar kecilnya ditentukan oleh nilai indeks bias (n) masing-masing material. Besarnya indeks bias medium (n), kecepatan cahaya diudara (c) dan kecepatan cahaya di dalam medium (v) dirumuskan dengan:

$$n = \frac{c}{v} \dots\dots\dots (2.5)$$

Hukum Snellius menyatakan hubungan antara sudut datang, sudut bias dan indeks bias kedua medium yang dinyatakan sebagai berikut:

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$$



Gambar 2.12 Arah sinar datang, sinar refleksi dan sinar transmisi  
 Sumber : Wahyu, 2010

Gambar 2.12 menunjukkan jalannya sinar yang melewati dua medium (material) yang berbeda. Dalam hokum konversi energi cahaya dinyatakan bahwa jika berkas cahaya mengenai bidang batas suatu material, maka cahaya tersebut akan mengalami transmisi, refleksi dan absorpsi. Hubungan refleksi (R), Transmisi (T) dan Absorpsi (A) adalah:

$$I = I_R + I_A + I_T$$

Sehingga secara teoritis jika dijumlahkan angka absorpsi ( $\alpha$ ), refleksi( $\gamma$ ) dan transmisi ( $\tau$ ) pada karakteristik energi bernilai 1 atau 100%

$$\alpha + \gamma + \tau = 1 \dots\dots\dots(2.6)$$

## **2.3 Akumulator/*Accumulator* (Aki)**

### **4.5.1 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)

### **4.5.2 Prinsip Kerja Akumulator**

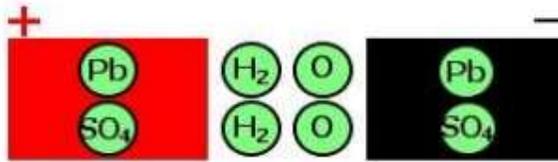
Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian/cas/charge energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai (dalam hal ini adalah baterai kapal), terdiri dari sel-sel dimana tiap sel memiliki tegangan sebesar 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).

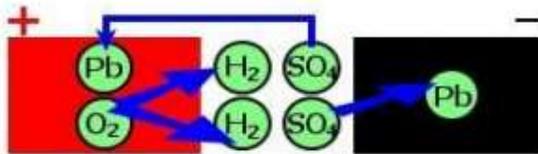
Di dalam satu sel terdapat susunan pelat pelat yaitu beberapa pelat untuk kutub positif (antar pelat dipisahkan oleh kayu, ebonit atau plastik, tergantung teknologi yang digunakan) dan beberapa pelat untuk kutub negatif. Bahan aktif dari plat positif terbuat dari oksida timah coklat ( $\text{PbO}_2$ ) sedangkan bahan aktif dari plat negatif ialah timah (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 eletrolit 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  $1,285 \text{ 7 kg/dm}^3$  . Dengan perbedaan berat jenis inilah kapasitas isi baterai bisa diketahui apakah masih penuh atau sudah berkurang yaitu dengan menggunakan alat hidrometer.

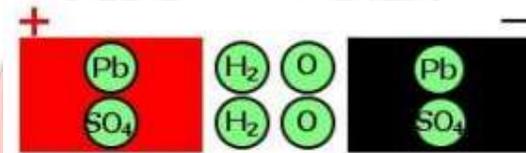
Baterai yang menerima arus adalah baterai yang sedang disetrum / dicas atau sedang diisi dengan cara dialirkan listrik DC, dimana kutup positif baterai dihubungkan dengan arus listrik positif dan kutub negative dihubungkan dengan arus listrik negatif. Tegangan yang dialiri biasanya sama dengan tegangan 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-maing tegangan baterai:  $\text{Voltase}_1 + \text{Voltase}_2 = \text{Voltase total}$ ).



Gambar 2.13 Ilustrasi baterai terisi penuh

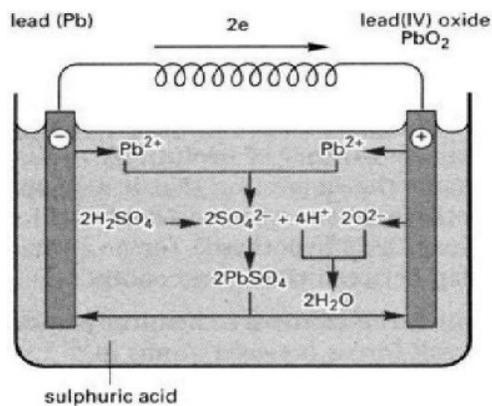


Gambar 2.14 Ilustrasi baterai saat mengeluarkan arus



Gambar 2.15 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 2.16 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 ( $PbO_2$ )<sub>2</sub>
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).

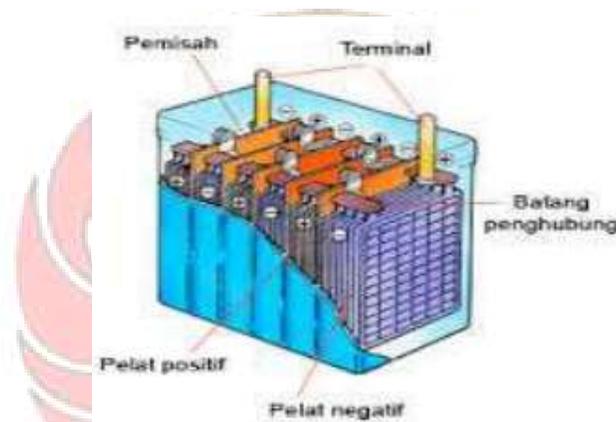
Pelat-pelat baterai harus selalu terendam cairan elektrolit, sebaiknya tinggi cairan elektrolit 4 - 10 mm diatas bagian tertinggi dari pelat. Bila sebagian pelat tidak terendam cairan elektrolit maka bagian pada pelat yang tidak terendam tersebut akan langsung berhubungan dengan udara akibatnya bagian 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.

#### **4.5.3 Jenis-Jenis Akumulator**

1. Aki Basah

Hingga saat ini aki yang populer digunakan adalah aki model basah yang berisi cairan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Ciri utamanya memiliki lubang dengan penutup

yang berfungsi untuk menambah air aki saat ia kekurangan akibat penguapan saat terjadi reaksi kimia antara sel dan air aki. Sel-selnya menggunakan bahan timbal (Pb). Kelemahan aki jenis ini adalah pemilik harus rajin memeriksa ketinggian level air aki secara rutin. Cairannya bersifat sangat korosif. Uap air aki mengandung hydrogen yang cukup rentan terbakar dan meledak jika terkena percikan api. Memiliki sifat *self-discharge* paling besar dibanding Aki lain sehingga harus dilakukan penyetruman ulang saat ia didiamkan terlalu lama.



Gambar 2.17 Aki Basah  
Sumber : Nur, 2019

## 2. Aki Hybrid

Pada dasarnya aki hybrid tak jauh berbeda dengan aki basah. Bedanya terdapat pada material komponen sel aki. Pada aki hybrid selnya menggunakan low-antimonial pada sel (+) dan kalsium pada sel(-). aki jenis ini memiliki performa dan sifat *self-discharge* yang lebih baik dari aki basah konvensional.



Gambar 2.18 Aki *Hybrid*  
Sumber : Nur, 2019

### 3. Aki *Calcium*

Kedua selnya, baik (+) maupun (-) menggunakan material kalsium. aki jenis ini memiliki kemampuan lebih baik dibanding aki *hybrid*. Tingkat penguapannya pun lebih kecil dibanding aki basah konvensional.



Gambar 2.19 Aki Kalsium  
Sumber : Nur, 2019

### 4. Aki Bebas Perawatan / *Maintenance Free (MF)*

Aki jenis ini dikemas dalam desain khusus yang mampu menekan tingkat penguapan air aki. Uap aki yang terbentuk akan mengalami kondensasi sehingga kembali menjadi air murni yang menjaga level air aki selalu pada kondisi ideal

sehingga tak lagi diperlukan pengisian air Aki. Aki jenis ini biasanya terbuat dari basis jenis aki hybrid maupun Aki kalsium.



Gambar 2.20 Aki Bebas Perawatan  
Sumber : Nur, 2019

#### 5. Aki *Sealed* (Aki Tertutup)

Biasa juga disebut dengan Baterai VLRA (*Valve Regulated Lead Acid*). Aki jenis ini selnya terbuat dari bahan kalsium yang disekat oleh jaring berisi bahan elektrolit berbentuk gel/selai. Dikemas dalam wadah tertutup rapat. aki jenis ini kerap dijuluki sebagai aki kering. Sifat elektrolitnya memiliki kecepatan penyimpanan listrik yang lebih baik. Karena sel terbuat dari bahan kalsium, aki ini memiliki kemampuan penyimpanan listrik yang jauh lebih baik seperti pada aki jenis calcium pada umumnya. Aki ini memiliki *self-discharge* yang sangat kecil sehingga aki *sealed* ini masih mampu melakukan start saat didiamkan dalam waktu cukup lama. Kemasannya yang tertutup rapat membuat aki jenis ini bebas ditempatkan dengan berbagai posisi tanpa khawatir tumpah. Namun karena wadahnya tertutup rapat pula aki seperti ini tidak tahan pada temperatur tinggi sehingga dibutuhkan penyekat panas tambahan jika diletakkan di ruang mesin.



Gambar 2.21 Aki Tertutup  
Sumber : Nur, 2019

#### 4.5.4 Komponen-Komponen Akumulator

Di dalam aki terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat – plat di buat dari timah atau berasal dari timah. Karena itu tipe aki ini sering disebut aki timah. Ruangan dalamnya dibagi menjadi beberapa sel ( biasanya 6 sel, untuk aki kapal ) dan di dalam masing masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam dalam elektrolit.

##### 1. Elemen Aki

Antara plat – plat positif dan plat – plat negatif masing – masing dihubungkan oleh plat strap ( pengikat plat ) terpisah. Ikatan plat – plat positif dan negatif ini dipasangkan secara berselang – seling yang dibatasi oleh *separator* dan *fiberglass*. Jadi satu kesatuan dari plat, *separator* dan *fiberglass* disebut elemen aki. Penyusunan plat – plat seperti ini tujuannya memperluas singgungan antara bahan aktif dan elektrolit , agar listrik yang dihasilkan besar. Dengan kata lain kapasitas Aki menjadi besar. Gaya elektromotif ( EMP ) yang dihasilkan satu sel kira-kira 2,1 - 2,2 V, pada segala ukuran plat. Karena baterai mempunyai 6 sel yang dihubungkan secara seri , EMP output yang dihasilkan ialah kira – kira 12 Volt-13.2 Volt.



Gambar 2.22 Elemen Akumulator  
Sumber : Nur, 2019

## 2. Elektrolit

Elektrolit Aki ialah larutan asam sulfat dengan air sulingan. Berat jenis elektrolit pada Aki saat ini dalam keadaan penuh ialah 1,240 atau 1,260 (pada temperatur 20° C). Perbedaan ini disebabkan perbandingan antara air sulingan dengan asam sulfat pada masing-masing tipe berbeda. Elektrolit yang berat jenisnya 1,260 mengandung 65 persen air sulingan dan 35 persen asam sulfat, sedangkan elektrolit yang berat jenisnya 1,380 mengandung 63 persen air sulingan dan 37 persen asam sulfat. Elektrolit Aki adalah asam yang kuat, sehingga dapat membakar kulit, mata dan merusak pakaian. Bila elektrolit mengenai kulit atau pakaian, basuhlah segera dengan air, dan netralkan asam dengan campuran soda (*sodium bicarbonate* [NaHCO<sub>3</sub>]) dan air. Bila asam mengenai mata, bilaslah dengan air beberapa menit, kemudian hubungilah dokter.

## 3. Kotak Baterai

Wadah yang menampung elektrolit dan elemen aki disebut kotak aki. Ruangan dalamnya dibagi menjadi 6 ruangan atau sel. Pada kotak aki terdapat garis tanda permukaan atas dan bawah (*upper level* dan *lower level*). Plat - plat posisinya ditinggikan dari dasar dan diberi penyekat, tujuannya agar tidak terjadi hubungan singkat apabila ada bahan aktif (timah dan lain-lain) terjatuh dari plat.

#### 4. Sumbat Ventilasi

Sumbat ventilasi adalah tutup untuk lubang pengisian elektrolit itu dibuka. Di samping itu untuk mengeluarkan gas hidrogen ( yang terbentuk saat pengisian ) dan uap asam sulfat di dalam Aki dengan cara membiarkan gas hidrogen keluar lewat lubang ventilasi sedangkan uap asam sulfat mengembun pada tepian ventilasi dan menetes kembali ke bawah

#### 4.5.5 Efisiensi Akumulator

Cara kerja dari aki adalah berubahnya reaksi kimia antara aktif material (Pb, PbO, PbSO<sub>4</sub>) dan media elektrolit (larutan asam sulfat atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 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:

$$P = V \times I \text{ (watt) } \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

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

#### 2.4 Regulator / Solar Charge Controller

##### 2.4.1 Pengertian Regulator / Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena

baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya/*solar cell*. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar charge controller menerapkan teknologi Pulse width Modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / *solar cell* 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.

Beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak '*full discharge*', dan *overloading*.
3. Monitoring temperatur baterai

Untuk membeli *solar charge controller* yang harus diperhatikan adalah:

1. Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
2. Kemampuan (dalam arus searah) dari *controller*. Misalnya 5 *Ampere*, 10 *Ampere*, dsb.
3. *Full charge dan low voltage cut*.

Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / *solar cell* berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge*

*controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali

*Solar Charge Controller* biasanya terdiri dari : 1 input yang terhubung dengan output panel surya / *solar cell*, 1 output yang terhubung dengan baterai dan 1 output yang terhubung dengan beban ( load ). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

*Charge Controller* bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun *mikro hidro*. Di pasaran sudah banyak ditemui *charge controller* 'tandem' yaitu mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.



Gambar 2.23. *Solar Charger Controller*  
(bukalapak.com)

## 2.4.2 Prinsip Kerja Regulator

*Charge controller* adalah komponen penting dalam pembangkit listrik tenaga surya. *Charge controller* berfungsi untuk :

1. *Charging mode* : Mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjadi pengisian kalau baterai penuh), dalam *charging mode*, umumnya baterai diisi dengan metode *three stage charging*:

- a) Fase *bulk* : baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (*bulk* - antara 14.4 - 14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum 21 dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (*bulk*) dimulailah fase *absorption*.
- b) Fase *absorption* : pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *solar charge controller timer* (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.
- c) Fase *float* : baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13.4 – 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya pada stage ini.

2. *Operation mode* : Penggunaan baterai ke beban (pelayanan baterai ke beban diputuskan kalau baterai sudah mulai kosong “kosong”). Pada metode ini, baterai akan melayani beban. Apabila ada *over-discharge* ataupun *over-load*, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Kedua komponen hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari sebuah baterai.

## 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 2021 hingga bulan Agustus 2021.

### 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	TAIYO 220-240V ~20-200W
4	Mesin bor <i>hole saw</i>	1	Buah	BOSCH GBM 350 PROFESSIONAL
5	Spidol	1	Buah	SNOWMAN
6	Gurinda	1	Buah	BOSCH GWS 5- 100 PROFESSIONAL
7	Multimeter	1	Buah	CELLKIT CK830L
8	Tang Ampere	1	Buah	UNI-T UT210E

9	Tang Kombinasi	1	Buah	-
10	Laptop	1	Buah	Acer Z476-31TB

### 3.2.2 Bahan

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

Tabel 3.2. Bahan yang digunakan pada perancangan dan pembuatan PLTS.

No.	Material	Jumlah	Satuan	Spesifikasi
1	Baja Ringan	10	Meter	-
2	Panel Surya	1	Buah	-
3	Akumulator	2	Buah	-
4	Solar Charger Controller	2	Buah	-
5	Digital Voltmeter Ammeter Wattmeter	2	Buah	-
6	Timah	1	Roll	-
7	Kabel Pelangi	Secukupnya	-	-

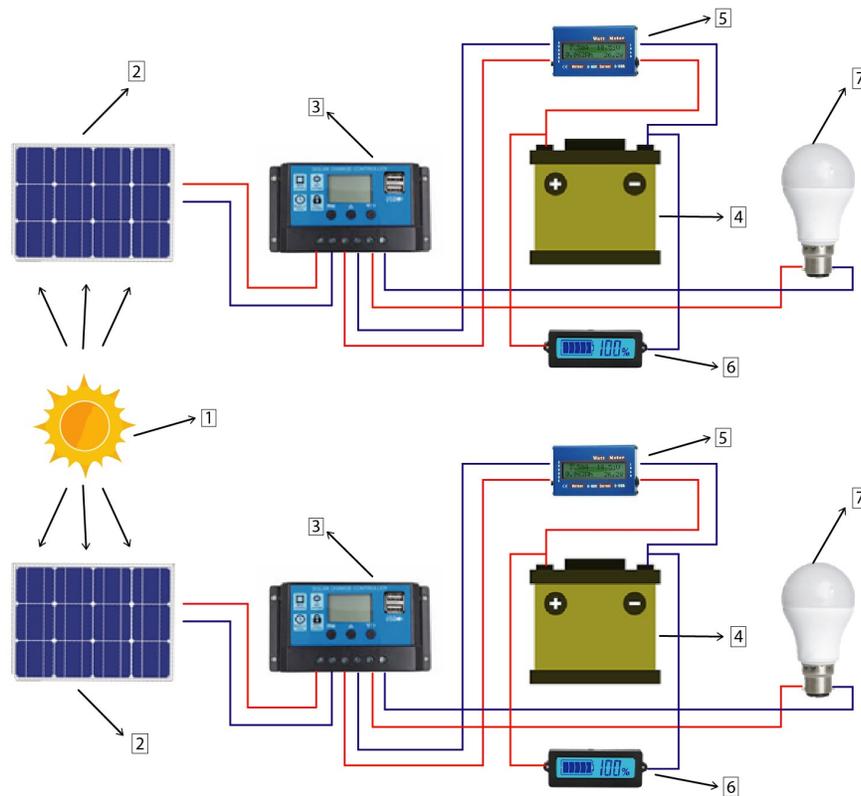
### 3.3 Prosedur Kerja

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

## 1. Tahap Perancangan

### 1. Perancangan Sistem

Adapun skematik rangkaian kontrol sistem yang dirancang adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Skematik rangkaian

Keterangan:

- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Matahari                       | 4. Akumulator / Aki             |
| 2. Panel Surya                    | 5. <i>DC Power / Watt Meter</i> |
| 3. <i>Solar Charge Controller</i> | 6. <i>Battery Meter</i>         |
|                                   | 7. <i>LED</i>                   |

## 2. Perancangan rangka mekanik panel surya

Pada tahap perakitan sistem tenaga surya ini diletakkan diatas rangka mekanik. Aplikasi yang digunakan dalam pembuatan desain rangka mekanik ini adalah aplikasi *Solid Works*. Jenis panel surya yang digunakan adalah Panel surya *polycrystalline silicon* atau biasa dikenal *polysilicon* dengan kemiringan  $5^\circ\text{C}$  . Spesifikasi panel surya yang digunakan adalah sebagai berikut:

Merk	: Saryu
Rated Maximum Power ( $P_{max}$ )	: 50 Watt
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ )	: 22,32 V
Short Circuit Voltage ( $I_{sc}$ )	: 4,75 A
Voltage at $P_{max}$ ( $V_{pm}$ )	: 18,0 V
Current at $P_{max}$ ( $I_{pm}$ )	: 4,44 A
Weight	: 8,32 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 Sistem PLTS

## 2. Tahap Pembuatan

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

Memotong baja ringan dengan ukuran panjang 400 mm sebanyak 7 buah, ukuran 500 mm sebanyak 1 buah, ukuran 600 mm sebanyak 3 buah, ukuran 200 mm sebanyak 2 buah, ukuran 400 mm sebanyak 2 buah.

## 3. Tahap perakitan

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

1. Merangkai 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 °C.
3. Memasang rangkaian kabel dari panel surya ke *solar charger controller* kemudian disambungkan ke *Accumulator* atau aki, kemudian dari aki dihubungkan ke beban DC

### 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.

### 3.5 Teknik Analisis 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

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

Keteranagn:  $E_{out}$  = Energi output panel surya, (Joule)

V = tegangan , (Volt)

I = arus, (Ampere)

t = Waktu pengisian (sec)

- Efisiensi panel surya

$$\eta_{panel\ surya} = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

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

$E_{out}$  = Energi output panel surya, (Joule)

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan Aki:

a. Energi aki

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

Keteranagn:  $E_{out}$  = Energi output panel surya, (Joule)

V = tegangan , (Volt)

I = arus, (Ampere)

t = Waktu pengisian (sec)

b. Efisiensi aki

$$\eta_{aki} = \frac{\text{Energi output beban}}{\text{Energi output panel surya}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.6)$$

Prosedur pelaksanaan kegiatan dapat digambarkan melalui diagram alir berikut ini.



Gambar 3.7. Diagram Alir Kegiatan

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Rancangan Alat Pengujian

#### 4.1.1 Rancangan Rangka Panel Surya

Rangka panel surya hasil rancangan ini dirancang minimalis yang dapat di tempatkan di berbagai tempat sesuai dengan kebutuhan dan kualitas cahaya yang diinginkan. Rangka panel surya ini terbuat dari besi siku 2x2 cm dengan kemiringan panel surya yakni 21°. Daya yang dihasilkan pada panel surya yang melekat pada rangka dihubungkan dengan SCC.



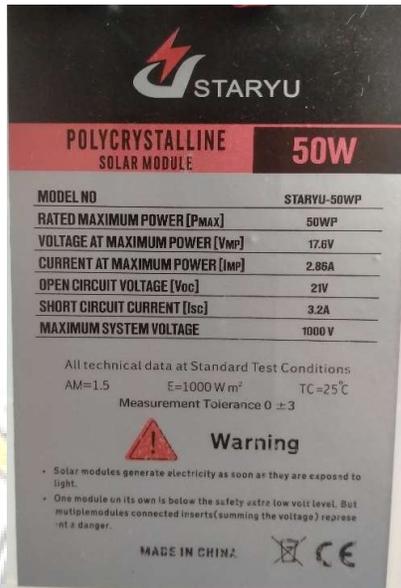
Gambar 4.1 Hasil rancangan rangka panel surya

Pada hasil rancangan rangka panel surya,terdapat beberapa komponen utama yaitu:

#### 1). Panel surya

Panel surya yang digunakan pada rangka ini sebanyak 2 buah dengan merek *Staryu*, dengan masing-masing kapasitas sebesar 50 WP, dengan panjang 77 cm dan lebar 54 cm. Penggunaan 2 panel dengan kapasitas yang sama pada pengujian

ini ditujukan untuk melihat perbandingan pengisian pada jenis aki kering dan basah. Untuk spesifikasi panel surya yang digunakan dapat dilihat pada gambar.



Gambar 4.2 Name plate panel surya

## 2). Kabel Output Panel Surya

Kabel output panel surya adalah kabel yang menghubungkan antara terminal keluaran panel surya dengan SCC dengan panjang kabel 1 meter serta menggunakan jenis kabel serabut 2,5 mm.



Gambar 4.3 Kabel Output Panel Surya

#### 4.1.2 Rancangan Instrumen Pengujian

Pada modul instrumen pengujian merupakan tempat melekatnya alat-alat penunjang proses pengujian dan pengambilan data. Alat-alat tersebut terdiri dari *SCC* dan kabel penghubung. Untuk rangka instrumen pengujian menggunakan tripleks melamin sebagai tempat untuk melekatnya *SCC* dan kabel penghubung



Gambar 4.4 Hasil Rancangan Modul Instrumen Pengujian

Pada Modul instrumen pengamatan, ada beberapa komponen yang digunakan. Komponen-komponen tersebut meliputi:

- 1). *Solar Charge Controller* (SCC)

*Solar Charge Controller* atau biasa disingkat dengan SCC merupakan alat untuk mengontrol arus dan tegangan yang masuk ke baterai dan beban. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi kelebihan beban dan overcharge pada baterai. *Solar Charge Controller* yang digunakan yaitu jenis PWM 12/24 Vdc.



Gambar 4.5 Solar Charge Controller (SCC)

## 2). Beban DC

Beban DC yang digunakan dalam pengujian ini adalah Tahanan geser  $75 \Omega$  yang dihubungkan serikan dengan SCC.



Gambar 4.6 Beban DC

## 3). Amperemeter

Amperemeter adalah alat untuk mengukur arus yang mengalir dalam suatu rangkaian, dalam hal ini arus yang mengalir ke beban DC. Amperemeter yang digunakan berjumlah 2 buah yang masing-masing dipasang seri menuju ke beban DC



Gambar 4.7 Amperemeter

#### 4). *Solar Power Meter / Pyranometer*

*Solar Power Meter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya, dalam hal ini intensitas cahaya matahari pada beberapa variasi waktu tertentu



Gambar 4.8 *Solar Power Meter*

#### 5). Akumulator

Akumulator atau baterai adalah instrumen yang digunakan untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh energi, dalam hal ini energi surya yang di konversikan ke satuan arus listrik oleh panel surya. Pada pengujian ini digunakan jenis akumulator kering dan basah yang mempunyai spesifikasi yang sama, yang masing masing berkapasitas 12VDC 10Ah



Gambar 4.9 Akumulator kering (kiri), akumulator basah (kanan)

### 4.3 Pengujian Beberapa jenis akumulator pada *solar cell panel*

Pengujian dilakukan dengan 3 jenis pengujian, yakni tanpa beban, variasi beban dan beban konstan yang dilakukan pada interval waktu 14 hari. Di minggu pertama (hari 1-6) dilakukan pengujian tanpa beban dan variasi beban ( $10 \Omega$  -  $75 \Omega$ ) dan di minggu selanjutnya (hari 7-12) dilakukan pengujian tanpa beban dan beban konstan ( $75 \Omega$ ). Pengujian tanpa beban, variasi beban, dan beban konstan dilakukan setiap harinya dengan interval waktu 4 jam.

Sebelum melaksanakan pengujian, pastikan bahwa semua instrumen yang digunakan terpasang sebagaimana mestinya dan lakukan pengecekan terhadap rangkaian.



Gambar 4.10 Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya

#### 4.4 Analisis Data

##### 4.4.1 Energi input

Untuk menghitung energi input ( $P_{in}$ ) maka dapat menggunakan persamaan 2.2. Dengan menggunakan data pertama pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut:

Diketahui : Intensitas radiasi matahari ( $G$ ) = 782,2 watt/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Panel Surya} &= P \times L \\
 &= 77 \text{ cm} \times 54 \text{ cm} \\
 &= 4158 \text{ cm}^2 \text{ atau } 0,4158 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Waktu pengisian = 30 Menit (1800 s)

Ditanyakan : Energi input panel surya ( $E_{in}$ ).... ?

Penyelesaian :  $E_{in} = G \times A \times t$

$$= 782,2 \text{ watt/m}^2 \times 0,4158 \text{ m}^2 \times 1800 \text{ s}$$

$$= 325,238 \text{ J}$$

#### 4.4.2 Energi Output Panel 1 (Kering)

Untuk menghitung energi output panel surya 1 ( $E_{Out1}$ ) dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.3. Dengan menggunakan data pertama pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Tegangan panel surya 1 ( $V_1$ ) = 13,4 V

Arus panel surya 1 ( $I_1$ ) = 2,38 A

Waktu Pengisian ( $t$ ) = 30 Menit (1800 s)

Ditanyakan : Energi output panel surya 1 ( $P_{Out1}$ )..... ?

Penyelesaian :  $P_{Out1} = V_1 \times I_1 \times t$

$$= 13,4 \text{ V} \times 2,38 \text{ A} \times 1800 \text{ s}$$
$$= 57576,96 \text{ J}$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.9.

#### 4.4.3 Energi Output Panel 2 (Basah)

Untuk menghitung energi output panel surya 2 ( $E_{Out2}$ ) dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.4. Dengan menggunakan data pertama pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Tegangan panel surya 2 ( $V_2$ ) = 13,5 V

Arus panel surya 2 ( $I_2$ ) = 1,44 A

Waktu pengisian = 30 Menit (1800 s)

Ditanyakan : Energi output panel surya 2 ( $P_{Out2}$ )..... ?

Penyelesaian :  $P_{Out2} = V_2 \times I_2 \times t$

$$= 13,5 \text{ V} \times 1,44 \text{ A} \times 1800 \text{ s}$$

$$= 35225,28 \text{ J}$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.9.

#### 4.4.4 Energi aki kering

Untuk menghitung energi aki kering ( $P_{ak}$ ) maka dapat menggunakan persamaan 2.2. Dengan menggunakan data pertama pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut:

Diketahui : Tegangan aki kering ( $V_{ak}$ ) = 12,76 V

Arus panel surya 1 ( $I_1$ ) = 1,5 A

Waktu pengujian ( $t$ ) = 15 Menit (900 s)

Ditanyakan : Energi aki kering ( $P_{ak}$ )..... ?

Penyelesaian :  $(P_{ak}) = V_{ak} \times I_{ak} \times t$

$$= 12,76 \text{ V} \times 1,5 \text{ A} \times 900 \text{ s}$$

$$= 17226,00 \text{ J}$$

#### 4.4.5 Energi aki basah

Untuk menghitung energi aki kering ( $P_{ab}$ ) maka dapat menggunakan persamaan 2.2. Dengan menggunakan data pertama pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut:

Diketahui : Tegangan aki kering ( $V_{ab}$ ) = 12,05 V

Arus panel surya 1 ( $I_1$ ) = 1,3 A

Waktu pengujian ( $t$ ) = 15 Menit (900 s)

Ditanyakan : Energi aki kering ( $P_{ab}$ )..... ?

Penyelesaian :  $(P_{ab}) = V_{ab} \times I_1 \times t$

$$= 12,05 \text{ V} \times 1,3 \text{ A} \times t$$
$$= 14098,50 \text{ J}$$

#### 4.4.6 Efisiensi

Untuk menghitung efisiensi panel surya dapat menggunakan persamaan 2.4. Efisiensi yang akan dihitung meliputi efisiensi antara energi input panel surya dengan energi output panel surya 1 ( $\eta_1$ ), energi input panel surya dengan energi output panel surya 2 ( $\eta_2$ ), energi output panel surya 1 dengan energi output aki kering ( $\eta_3$ ), energi output panel surya 2 dengan energi output aki basah ( $\eta_4$ ). Dengan menggunakan data pertama tabel sebagai sampel perhitungan, maka dapat dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Energi input panel surya ( $E_{In}$ ) = 585.428,4 J

Energi Output Panel Surya 1 ( $E_{Out1}$ ) = 57576,96 J

$$\text{Energi Output Panel Surya 2}(E_{\text{Out}2}) = 35225,28 \text{ J}$$

$$\text{Energi Output Aki Kering } (E_{\text{ak}}) = 17226,00 \text{ J}$$

$$\text{Energi Output Aki Basah } (E_{\text{ab}}) = 14098,50 \text{ J}$$

Ditanyakan : Efisiensi.....?

Penyelesaian :

$$\eta_1 = ( E_{\text{Out}1}/ P_{\text{In}} ) \times 100\%$$

$$= (57576,96 \text{ J} / 585.428,4 \text{ J} ) \times 100\%$$

$$= 9,83\%$$

$$\eta_2 = ( E_{\text{Out}2}/ P_{\text{In}} ) \times 100\%$$

$$= (35225,28 \text{ J} / 585.428,4 \text{ J} ) \times 100\%$$

$$= 6,01 \%$$

$$\eta_3 = ( E_{\text{ak}}/ E_{\text{out}1} ) \times 100\%$$

$$= (17226,00 \text{ J} / 57576,96 \text{ J} ) \times 100\%$$

$$= 29,92 \%$$

$$\eta_4 = ( E_{\text{ab}}/ E_{\text{out}2} ) \times 100\%$$

$$= (14098,50 \text{ J} / 35225,28 \text{ J} ) \times 100\%$$

$$= 40,02 \%$$



## 4.5 Tabel dan Grafik Hasil Analisis Data

### 4.5.1 Pengujian Tanpa Beban

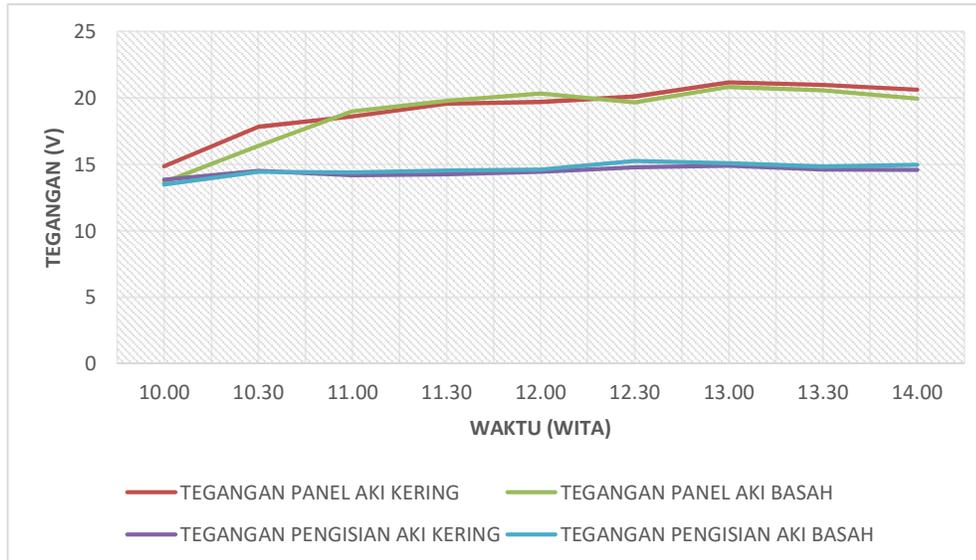
Pengujian tanpa beban dianalisis dengan merata-ratakan data hasil pengujian tanpa beban selama interval waktu 12 hari mulai pada tanggal 18 juli 2021 sampai dengan tanggal 30 juli 2021 . Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Rata-Rata Hasil Analisis Pengujian Tanpa Beban selama 12 hari.

No.	Waktu	G	t	E <sub>In</sub>	E <sub>Out1</sub>	E <sub>out2</sub>	η <sub>1</sub>	η <sub>2</sub>
	WITA	(W/m <sup>2</sup> )	sec	J	J	J	%	%
1	10:00	1038,83	1800	777501	57903,5	31967,74	7,44738	4,1116
2	10:30	1066,85	3600	1596949	147643	79395,6	9,2453	4,97171
3	11:00	1011,77	5400	2271738	230668	168433,2	10,1538	7,41429
4	11:30	1143,63	7200	3423760	303146	188911,5	8,85418	5,51766
5	12:00	1040,36	9000	3893230	460502	373323,3	11,8283	9,58904
6	12:30	943,506	10800	4236945	480040	393856,7	11,3299	9,29577
7	13:00	981,245	12600	5140821	615485	486796,5	11,9725	9,46924
8	13:30	1040,8	14400	6231789	569345	508419,9	9,13615	8,15849
9	14:00	1009,2	16200	6797931	645324	533475,2	9,49295	7,84761

Keterangan : Intensitas Cahaya (G), Energi Input (E<sub>In</sub>), Energi Panel Aki Kering (E<sub>Out1</sub>), Energi Panel Aki Basah (E<sub>Out2</sub>), Efisiensi Panel Surya dengan Beban Aki Kering (η<sub>1</sub>), Efisiensi Panel Surya dengan Beban Aki Basah (η<sub>2</sub>), Efisiensi Aki Kering (η<sub>3</sub>), Efisiensi Aki Basah (η<sub>4</sub>).

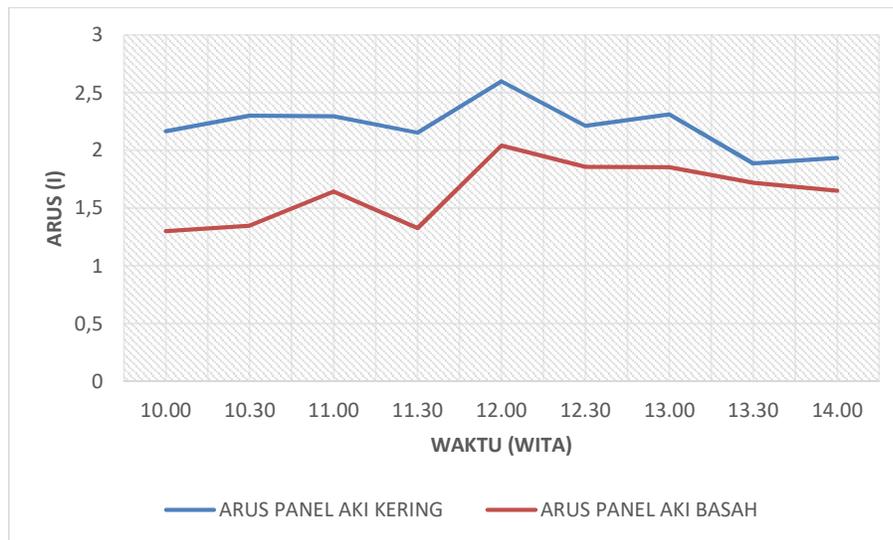
Berdasarkan Tabel 4.1 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



Gambar 4.11 Grafik hubungan Antara Tegangan Panel Aki Kering, Tegangan Panel Aki Basah, Tegangan Pengisian Aki Kering dan Tegangan Pengisian Aki Basah dengan Waktu untuk Rangkaian Tanpa Beban

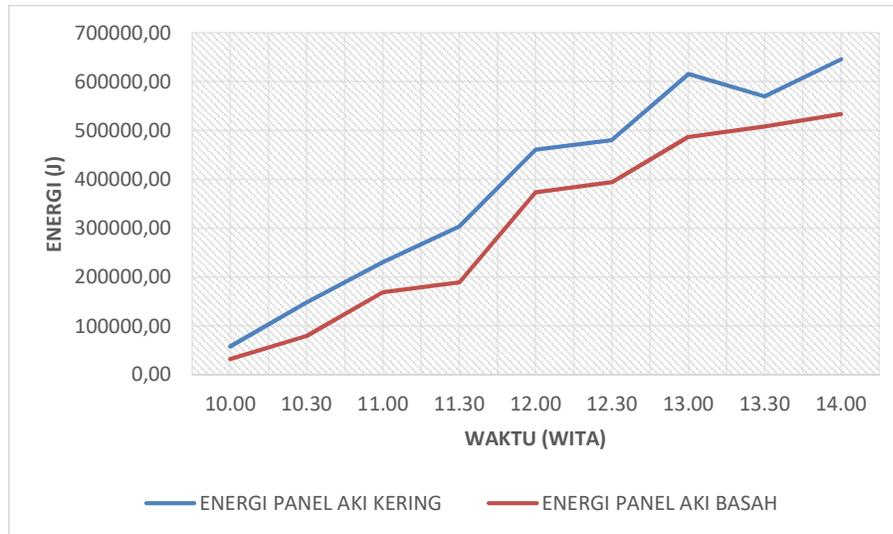
Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa grafik tegangan panel aki kering, tegangan panel aki basah, tegangan pengisian aki kering dan tegangan pengisian aki basah bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif, sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Tegangan panel aki kering tertinggi yang dihasilkan yaitu 21,15 V pada pukul 13.00 WITA sedangkan tegangan terendah dihasilkan yaitu 14,85 V pada pukul 10.00 WITA. Tegangan panel aki basah tertinggi yang dihasilkan yaitu 20,81 V pada pukul 13.00 WITA sedangkan tegangan terendah dihasilkan yaitu 13,66 V pada pukul 10.00 WITA.

Tegangan pengisian aki kering tertinggi yang dihasilkan yaitu 14,90 V pada pukul 13.00 WITA sedangkan tegangan terendah dihasilkan yaitu 13,84 V pada pukul 10.00 WITA. Tegangan pengisian aki basah tertinggi yang dihasilkan yaitu 15,25 V pada pukul 12.30 WITA sedangkan tegangan terendah dihasilkan yaitu 13,49 V pada pukul 10.00 WITA.



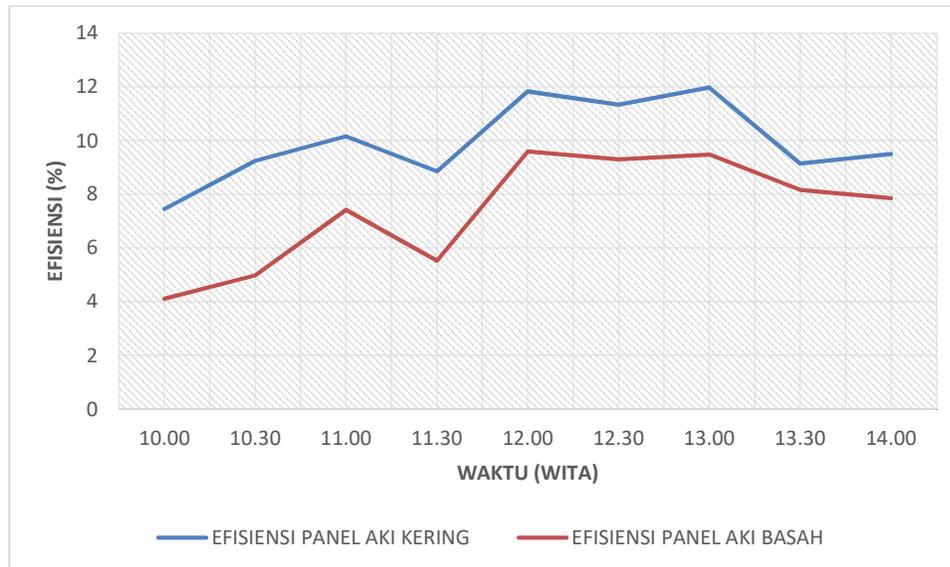
Gambar 4.12 Grafik hubungan antara arus panel aki kering dan arus panel aki basah dengan Waktu untuk Rangkaian Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa grafik arus panel aki kering dan arus panel aki basah bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif, sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Arus panel aki kering tertinggi yang dihasilkan yaitu 2,59 V pada pukul 12.00 WITA sedangkan tegangan terendah dihasilkan yaitu 1,85 V pada pukul 13.30 WITA. Arus panel aki basah tertinggi yang dihasilkan yaitu 2,04 A pada pukul 12.00 WITA sedangkan tegangan terendah dihasilkan yaitu 1,3 V pada pukul 10.00 WITA.



Gambar 4.13 Grafik hubungan antara energi panel aki kering dan energi panel aki basah dengan waktu untuk rangkaian tanpa beban

Berdasarkan Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa grafik energi panel aki kering dan energi panel aki basah bersifat fluktuatif. Energi panel aki kering tertinggi yaitu 645323,84 J pada pukul 14.00 WITA dan energi panel aki kering terendah yaitu 57903,46 J pada pukul 10.00 WITA. Energi panel aki basah tertinggi yaitu 533475,24 J pada pukul 14.00 WITA dan energi panel aki basah terendah yaitu 31967,74 J pada pukul 10.00 WITA.



Gambar 4.14 Grafik hubungan antara efisiensi panel aki kering dan efisiensi panel aki basah dengan Waktu untuk Rangkaian Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa grafik arus panel aki kering dan arus panel aki basah bersifat fluktuatif. Efisiensi tertinggi panel aki kering yang di hasilkan yaitu 11,82 % pada pukul 12.00 WITA dan efisiensi terendah panel aki basah yang di hasilkan yaitu 7,44 % pada pukul 10.00 WITA. Efisiensi tertinggi panel aki basah yang di hasilkan yaitu 9,58 % pada pukul 12.00 WITA dan efisiensi panel aki basah yang di hasilkan yaitu 4,11 % pada pukul 10.00 WITA.

#### 4.5.2 Pengujian Berbeban

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

##### 1. Awal Pengujian

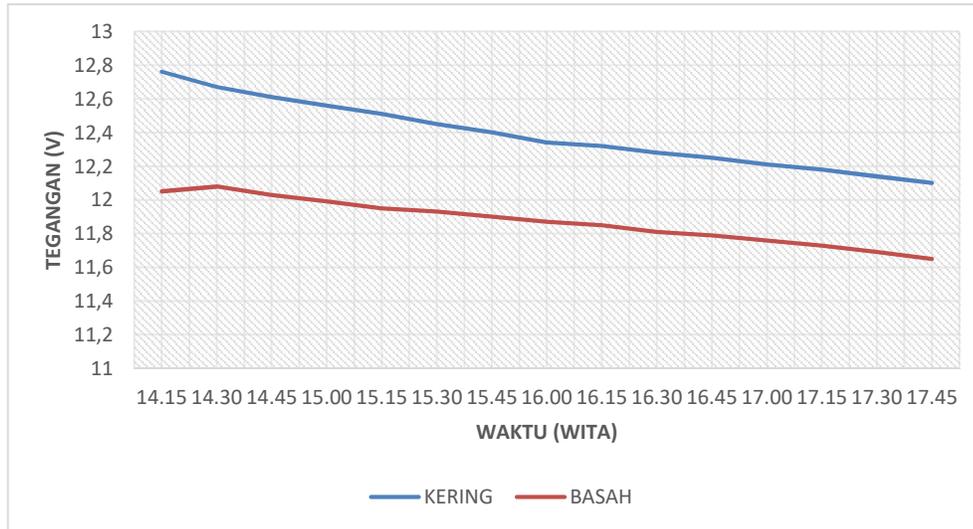
Awal pengujian bertujuan untuk melihat karakteristik tegangan, arus, energi beserta efisiensi aki kering dan basah di awal proses pengambilan data.

Tabel 4.2 Hasil Analisis data pengujian berbeban hari 1 dengan beban dc 10  $\Omega$

No.	Waktu	E <sub>Out1</sub>	E <sub>out2</sub>	E <sub>ak</sub>	E <sub>ab</sub>	$\eta_3$	$\eta_4$
	WITA	J	J	J	J	$\eta_3$	$\eta_4$
1	14:15	57576,96	35225,28	17226	14098,5	29,92	40,02
2	14:30	108309,60	64968,12	34209	28267,2	31,58	43,51
3	14:45	126252,00	87294,24	51070,5	42225,3	40,45	48,37
4	15:00	307929,60	202953,60	67824	56113,2	22,03	27,65
5	15:15	396009,90	272368,80	84442,5	69907,5	21,32	25,67
6	15:30	536595,84	339437,52	100845	83748,6	18,79	24,67
7	15:45	574471,80	402582,60	109368	97461	19,04	24,21
8	16:00	739640,16	506217,60	124387	111103	16,82	21,95
9	16:15	615104,28	420360,84	139709	124781	22,71	29,68

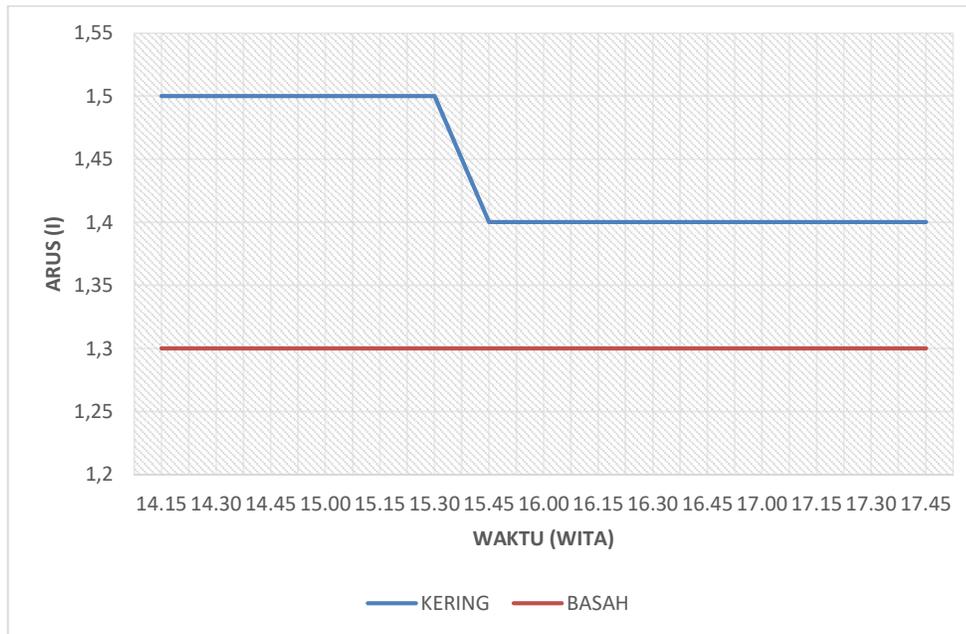
Keterangan : Intensitas Cahaya (G), Energi Input ( $E_{In}$ ), Energi Panel Aki Kering ( $E_{Out1}$ ), Energi Panel Aki Basah ( $E_{Out2}$ ), Efisiensi Panel Surya dengan Beban Aki Kering ( $\eta_1$ ), Efisiensi Panel Surya dengan Beban Aki Basah ( $\eta_2$ ), Efisiensi Aki Kering ( $\eta_3$ ), Efisiensi Aki Basah ( $\eta_4$ ).

Berdasarkan Tabel 4.2 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



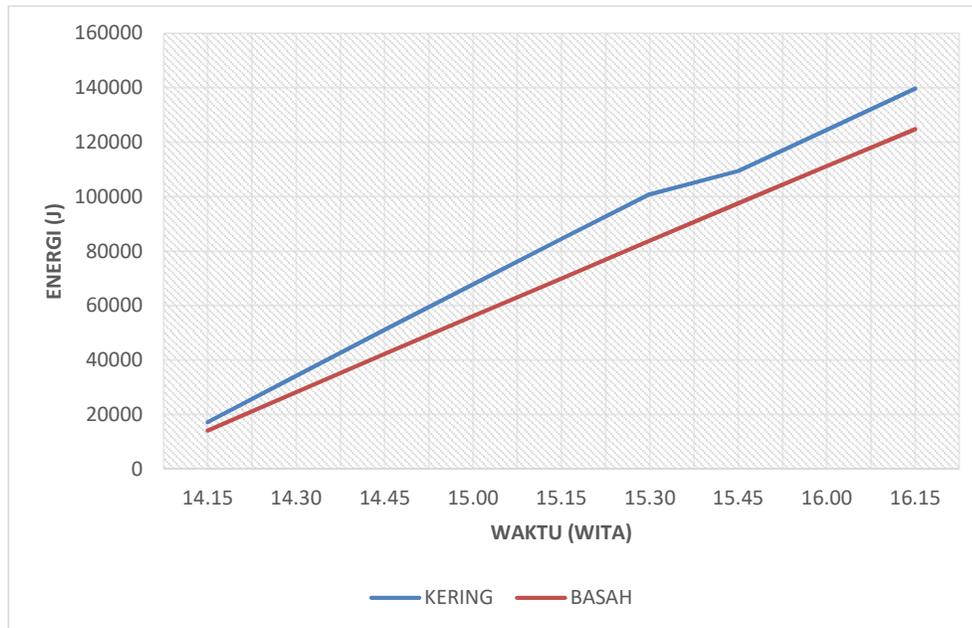
Gambar 4.15 Grafik Hubungan antara Tegangan aki kering dan basah dengan waktu hari 1 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa grafik tegangan aki kering dan tegangan aki basah bersifat konstan. Tegangan aki kering tertinggi yaitu 12,76 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering terendah yaitu 12,1 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah tertinggi yaitu 12,05 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki basah terendah yaitu 11,65 V pada pukul 17.45 WITA



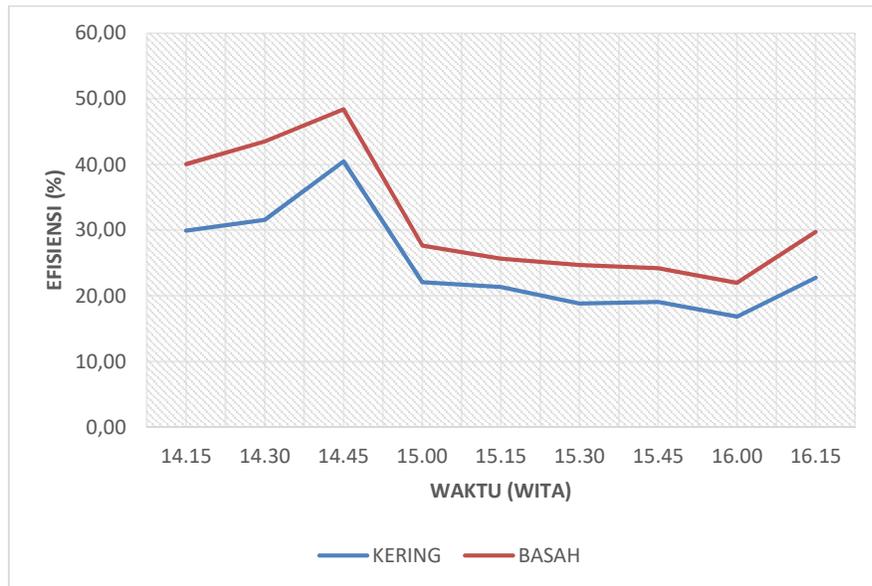
Gambar 4.16 Grafik Hubungan antara arus aki kering dan arus aki basah dengan waktu hari 1 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa grafik arus aki kering dan arus aki basah bersifat konstan. Arus aki kering tertinggi yaitu 1,5 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering terendah yaitu 1,4 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah bersifat konstan pada 1,3 A



Gambar 4.17 Grafik Hubungan antara energi aki kering dan energi aki basah dengan waktu hari 1 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa grafik energi aki kering dan energi aki basah bersifat konstan. Energi aki kering tertinggi yaitu 19,14 W pada pukul 14.15 WITA dan energi aki kering terendah yaitu 16,94 A pada pukul 17.45 WITA. Energi aki basah tertinggi yaitu 15,665 W pada pukul 14.15 WITA dan energi aki basah terendah yaitu 15,145 W pada pukul 17.45 WITA.



Gambar 4.18 Grafik Hubungan antara efisiensi aki kering dan efisiensi aki basah dengan waktu hari 1 pada pengujian berbeban

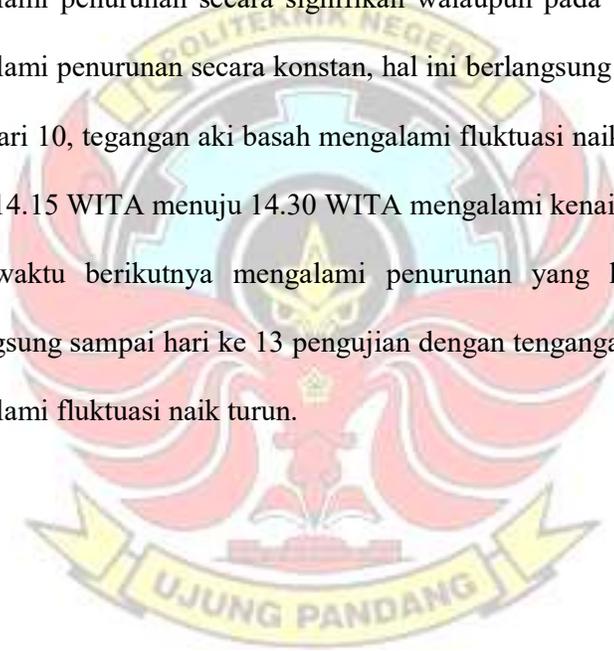
Berdasarkan Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa grafik efisiensi aki kering dan efisiensi aki basah bersifat konstan. efisiensi aki kering tertinggi yaitu 50,41 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki kering terendah yaitu 44,61 % pada pukul 17.45 WITA. Efisiensi aki basah tertinggi yaitu 60,37 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki basah terendah yaitu 58,37 % pada pukul 17.45 WITA.

## 2. Perubahan

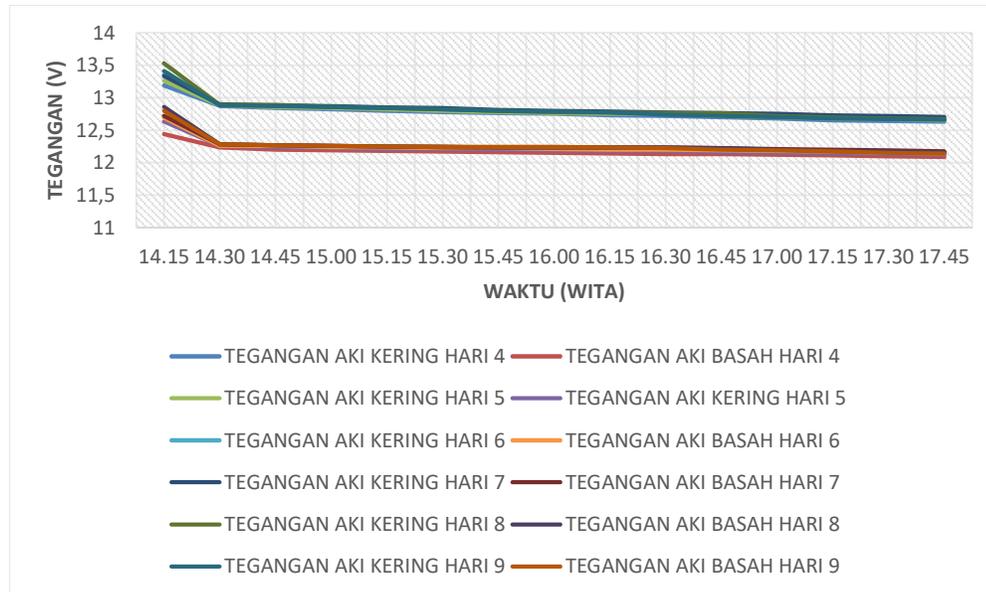
Perubahan bertujuan untuk melihat karakteristik tegangan, arus, energi dan efisiensi yang berubah secara signifikan dalam proses pengujian.

### 1) Tegangan

Tegangan aki selama pengujian berbeban mengalami beberapa fluktuasi. Pada hari ke 4, tegangan pada pukul 14.15 WITA menuju 14.30 WITA mengalami penurunan secara signifikan walaupun pada waktu berikutnya mengalami penurunan secara konstan, hal ini berlangsung sampai hari ke 9. Pada hari 10, tegangan aki basah mengalami fluktuasi naik turun yang pada pukul 14.15 WITA menuju 14.30 WITA mengalami kenaikan tegangan dan pada waktu berikutnya mengalami penurunan yang konstan. Hal ini berlangsung sampai hari ke 13 pengujian dengan tegangan aki kering juga mengalami fluktuasi naik turun.



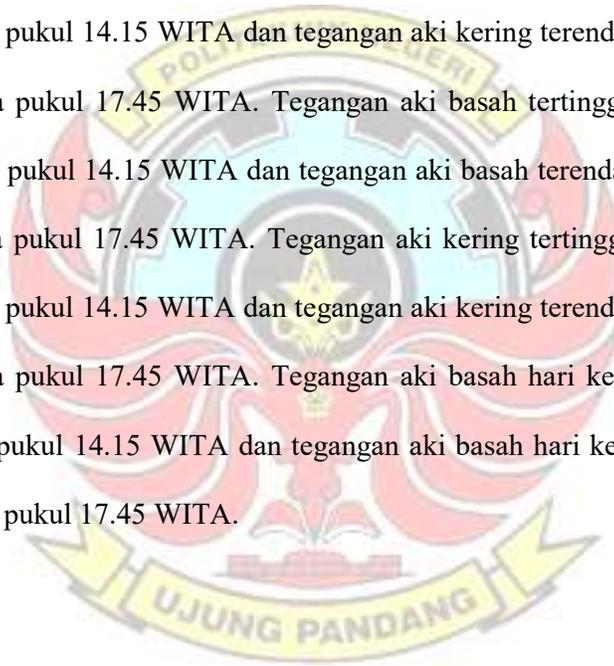
Berdasarkan lampiran 2, maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



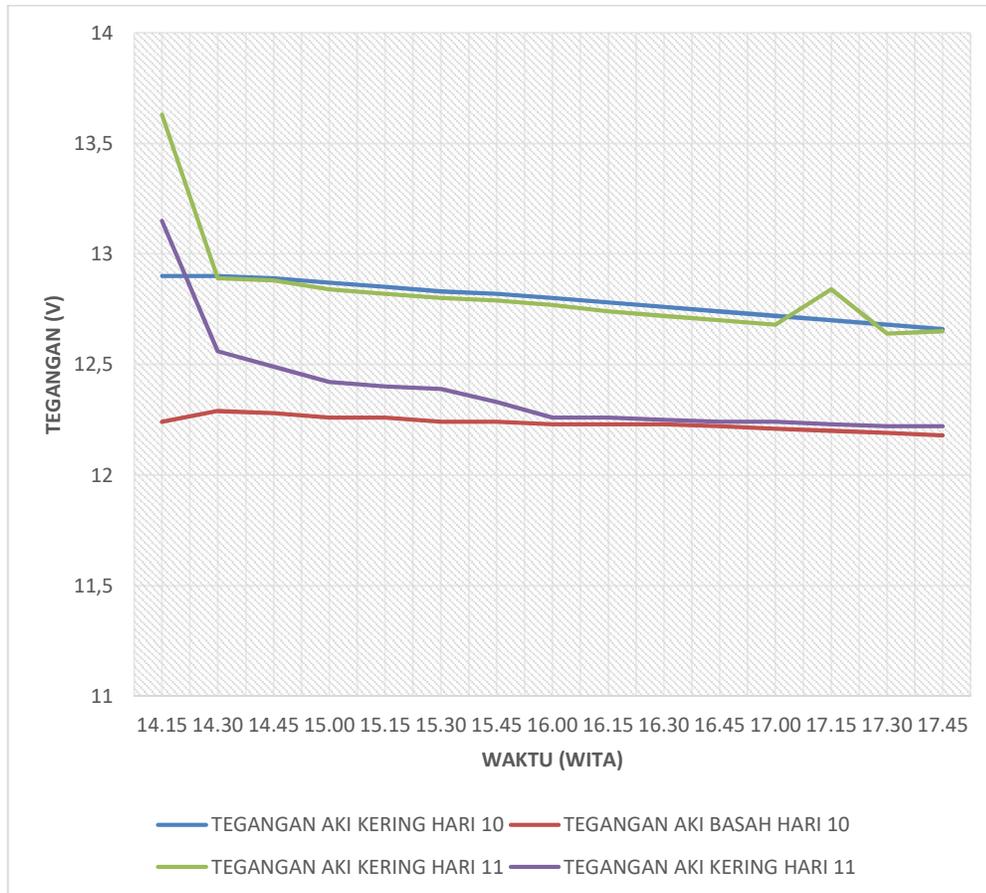
Gambar 4.19 Grafik Hubungan antara Tegangan aki kering dan basah dengan waktu hari 4-9 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa grafik tegangan aki kering dan tegangan aki basah bersifat konstan. Tegangan aki kering hari ke 4 tertinggi yaitu 13,19 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering hari ke 4 terendah yaitu 12,63 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah hari ke 4 tertinggi yaitu 12,44 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki basah hari ke 4 terendah yaitu 12,09 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki kering tertinggi hari ke 5 yaitu 13,26 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering hari ke 5 terendah yaitu 12,65 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah hari ke 5 tertinggi yaitu 12,63 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki basah hari ke 5 terendah yaitu 12,12 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki kering tertinggi hari ke 6 yaitu 13,35 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering hari ke 6 terendah

yaitu 12,67 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah hari ke 6 tertinggi yaitu 12,69 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki basah hari ke 6 terendah yaitu 12,14 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki kering hari ke 7 tertinggi yaitu 13,33 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering hari ke 7 terendah yaitu 12,7 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah hari ke 7 tertinggi yaitu 12,72 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki basah hari ke 7 terendah yaitu 12,17 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki kering tertinggi hari ke 8 yaitu 13,53 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering terendah hari ke 8 yaitu 12,67 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah tertinggi hari ke 8 yaitu 12,86 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki basah terendah hari ke 8 yaitu 12,16 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki kering tertinggi hari ke 9 yaitu 13,41 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering terendah hari ke 9 yaitu 12,66 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah hari ke 9 tertinggi yaitu 12,8 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki basah hari ke 9 terendah yaitu 12,14 V pada pukul 17.45 WITA.



Berdasarkan lampiran 2, maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



Gambar 4.20 Grafik Hubungan antara Tegangan aki kering dan basah dengan waktu hari 10-11 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa grafik tegangan aki kering dan tegangan aki basah bersifat fluktuatif. Tegangan aki kering hari ke 10 tertinggi yaitu 12,9 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering hari ke 10 terendah yaitu 12,66 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah tertinggi hari ke 10 yaitu 12,29 V pada pukul 14.30 WITA dan tegangan aki basah terendah hari ke 10 yaitu 12,18 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki kering tertinggi hari ke 11 yaitu 13,63 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering terendah hari ke

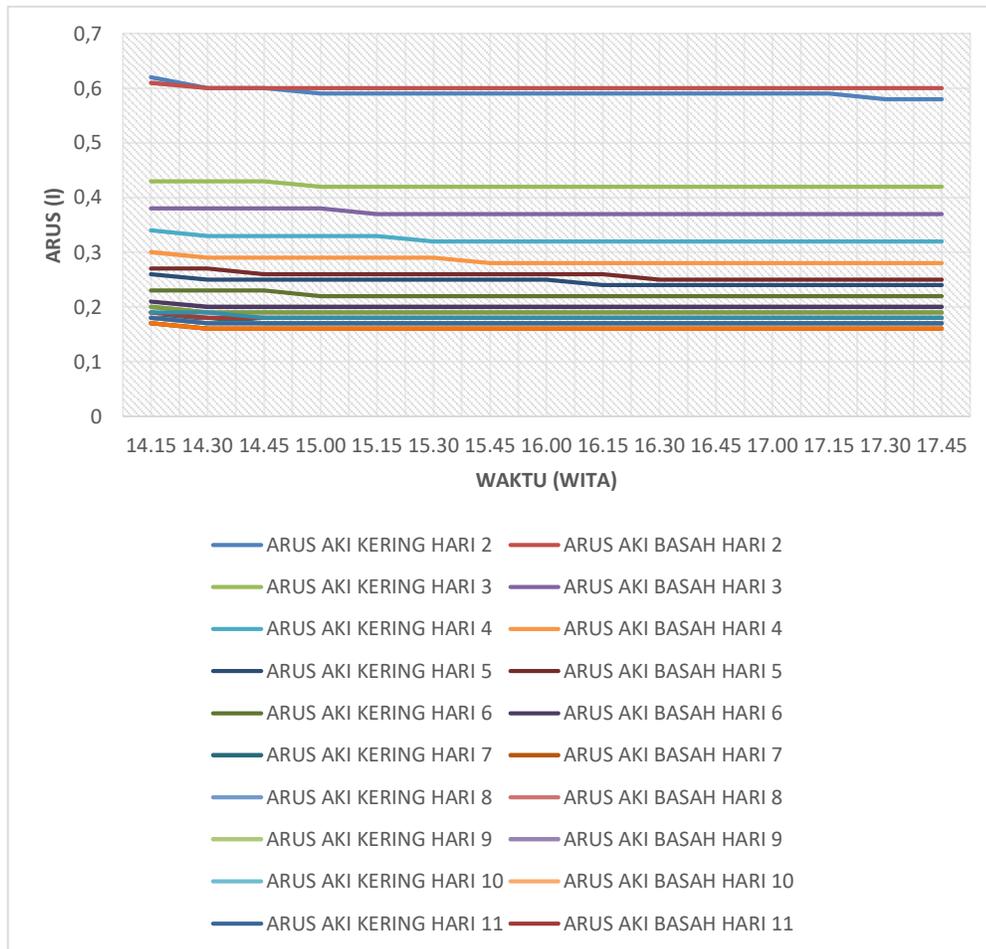
11 yaitu 12,65 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah tertinggi hari ke 11 yaitu 13,15 V pada pukul 14.30 WITA dan tegangan aki basah terendah hari ke 11 yaitu 12,22 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki kering tertinggi hari ke 12 yaitu 13,62 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering terendah hari ke 12 yaitu 12,76 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah tertinggi hari ke 12 yaitu 13 V pada pukul 14.30 WITA dan tegangan aki basah terendah hari ke 12 yaitu 12,17 V pada pukul 17.45 WITA.



## 2) Arus

Arus aki selama pengujian berbeban mengalami beberapa fluktuasi. Pada hari ke 2, arus aki mengalami penurunan secara konstan pada aki kering dan aki basah, hal ini berlangsung sampai hari ke 11.

Berdasarkan lampiran 2 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



Gambar 4.21 Grafik Hubungan antara arus aki kering dan basah dengan waktu hari 2-11 pada pengujian berbeban

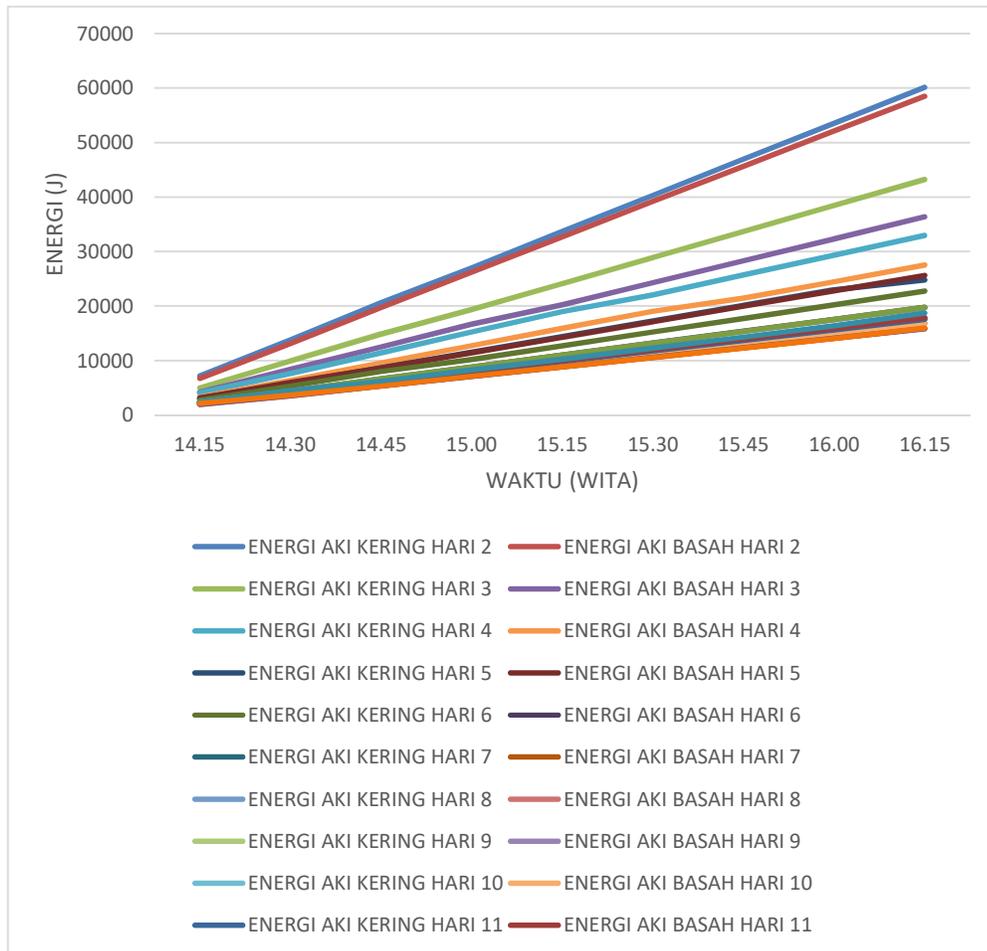
Berdasarkan Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa grafik arus aki kering dan arus aki basah bersifat fluktuatif. Arus aki kering hari ke 2 tertinggi yaitu 0,62 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering hari ke 2 terendah yaitu 0,58 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah hari ke 2 tertinggi yaitu 0,61 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah terendah hari ke 2 yaitu 0,6 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki kering hari ke 3 tertinggi yaitu 0,43 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering hari ke 3 terendah yaitu 0,42 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah hari ke 3 tertinggi yaitu 0,38 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah hari ke 3 terendah yaitu 0,37 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki kering hari ke 4 tertinggi yaitu 0,34 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering hari ke 4 terendah yaitu 0,32 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah hari ke 4 tertinggi yaitu 0,3 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah hari ke 4 terendah yaitu 0,28 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki kering hari ke 5 tertinggi yaitu 0,26 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering hari ke 5 terendah yaitu 0,24 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah hari ke 5 tertinggi yaitu 0,27 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah hari ke 5 terendah yaitu 0,25 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki kering hari ke 6 tertinggi yaitu 0,23 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering hari ke 6 terendah yaitu 0,22 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah tertinggi hari ke 6 yaitu 0,21 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah hari ke 6 terendah yaitu 0,2 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki kering hari ke 7 tertinggi yaitu 0,18 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering hari ke 7 terendah yaitu 0,17 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah hari ke 7 tertinggi yaitu 0,18 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah hari ke

7 terendah yaitu 0,17 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki kering hari ke 8 tertinggi yaitu 0,2 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering hari ke 8 terendah yaitu 0,19 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah hari ke 8 tertinggi yaitu 0,17 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah hari ke 8 terendah yaitu 0,16 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki kering hari ke 9 tertinggi yaitu 0,18 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering terendah hari ke 9 yaitu 0,17 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah tertinggi hari ke 9 yaitu 0,19 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah hari ke 9 terendah yaitu 0,18 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki kering hari ke 10 tertinggi yaitu 0,18 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering hari ke 10 terendah yaitu 0,17 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah tertinggi hari ke 10 yaitu 0,18 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah hari ke 10 terendah yaitu 0,17 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki kering hari ke 11 tertinggi yaitu 0,18 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering hari ke 11 terendah yaitu 0,17 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah hari ke 11 tertinggi yaitu 0,19 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah hari ke 11 terendah yaitu 0,18 A pada pukul 17.45 WITA.

### 3) Energi

Energi aki selama pengujian berbeban mengalami beberapa fluktuasi. Pada hari ke 2, energi aki mengalami penurunan secara konstan pada aki kering dan aki basah, hal ini berlangsung sampai hari ke 13.

Berdasarkan lampiran 2 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



Gambar 4.22 Grafik Hubungan antara energi aki kering dan basah dengan waktu hari 2-11 pada pengujian berbeban

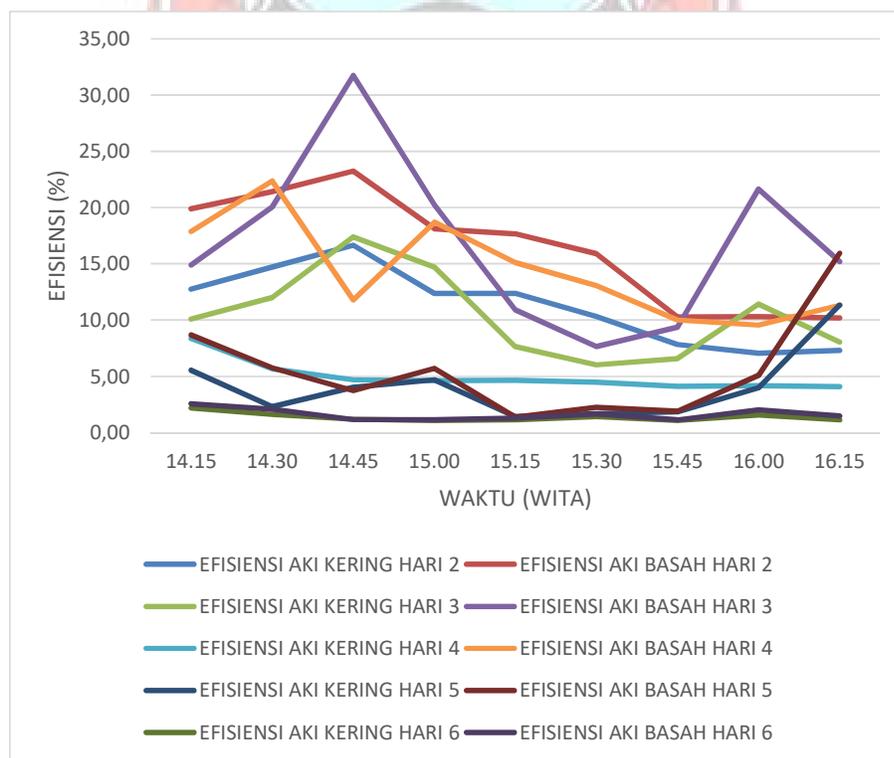
Berdasarkan Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa grafik energi aki kering dan energi aki basah bersifat fluktuatif. Energi aki kering hari ke 2 tertinggi yaitu 60119,82 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering hari ke 2 terendah yaitu 7170,3 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah hari ke 2 tertinggi yaitu 58514,4 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki basah terendah hari ke 2 yaitu 6730,74 A pada pukul 14.15 WITA. Energi aki kering hari ke 3 tertinggi yaitu 43239,42 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering hari ke 3 terendah yaitu 4969,08 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah hari ke 3 tertinggi yaitu 36353,61 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki basah hari ke 3 terendah yaitu 4203,18 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki kering hari ke 4 tertinggi yaitu 24786 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering hari ke 4 terendah yaitu 3102,84 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah hari ke 4 tertinggi yaitu 25651,08 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki basah hari ke 4 terendah yaitu 3069,09 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki kering hari ke 5 tertinggi yaitu 22756,14 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering hari ke 5 terendah yaitu 2763,45 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah hari ke 5 tertinggi yaitu 19764 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki basah hari ke 5 terendah yaitu 2398,41 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki kering hari ke 6 tertinggi yaitu 17611,83 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering hari ke 6 terendah yaitu 2159,46 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah tertinggi hari ke 6 yaitu 16840,71 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki basah hari ke 6 terendah yaitu 2060,64 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki kering hari ke 7 tertinggi yaitu

19653,03 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering hari ke 7 terendah yaitu 2435,4 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah hari ke 7 tertinggi yaitu 15850,08 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki basah hari ke 7 terendah yaitu 1967,58 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki kering hari ke 8 tertinggi yaitu 17584,29 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering hari ke 8 terendah yaitu 2172,42 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah hari ke 8 tertinggi yaitu 17831,34 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki basah hari ke 8 terendah yaitu 2188,8 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki kering hari ke 9 tertinggi yaitu 17598,06 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering terendah hari ke 9 yaitu 2089,8 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah tertinggi hari ke 9 yaitu 16840,71 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki basah hari ke 9 terendah yaitu 1982,88 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki kering hari ke 10 tertinggi yaitu 19745,37 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering hari ke 10 terendah yaitu 2451,6 A pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah tertinggi hari ke 10 yaitu 15850,08 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki basah hari ke 10 terendah yaitu 1989 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki kering hari ke 11 tertinggi yaitu 18691,56 J pada pukul 16.15 WITA dan energi aki kering hari ke 11 terendah yaitu 2387,16 J pada pukul 14.15 WITA. Energi aki basah hari ke 11 tertinggi yaitu 15992,64 J pada pukul 16.15 WITA dan arus aki basah hari ke 11 terendah yaitu 2129,76 J pada pukul 14.15 WITA.

#### 4) Efisiensi

Efisiensi aki selama pengujian berbeban mengalami fluktuasi. Pada hari ke 2, efisiensi aki basah lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi aki kering, hal ini berlangsung sampai pada hari ke 6. Pada hari 7, efisiensi aki kering dan basah mengalami fluktuasi, di beberapa titik tertentu efisiensi aki kering lebih tinggi dibandingkan aki basah, begitu pula sebaliknya di beberapa titik tertentu efisiensi aki basah lebih tinggi dibandingkan aki kering, hal ini berlangsung sampai pada hari ke 11.

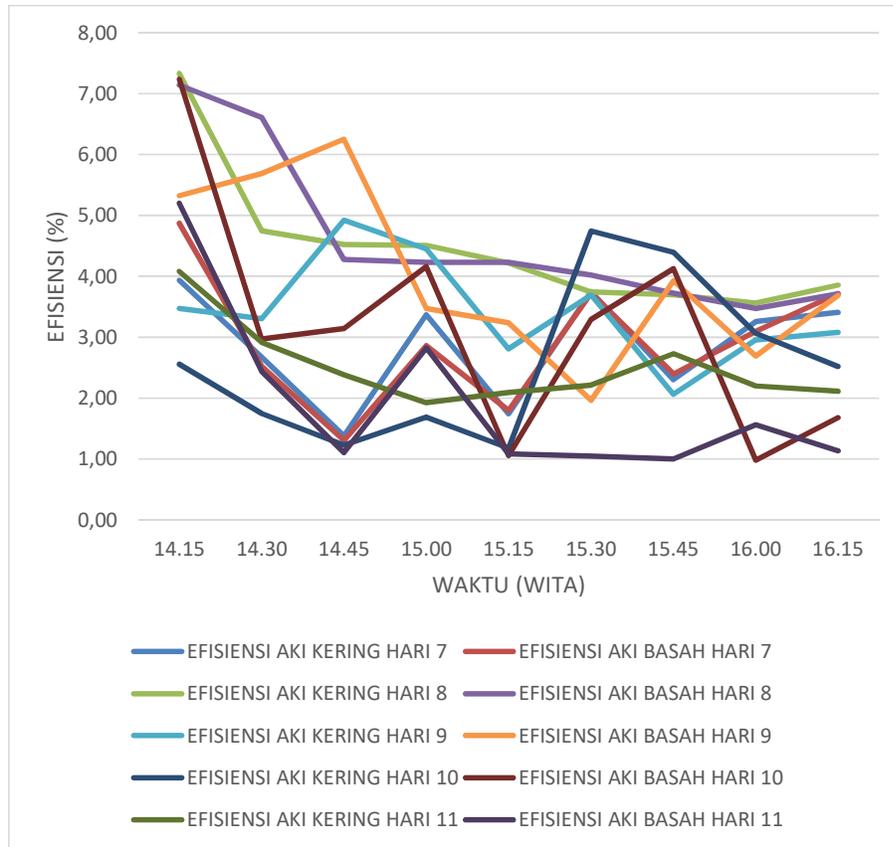
Berdasarkan lampiran 2 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



Gambar 4.23 Grafik Hubungan antara efisiensi aki kering dan basah dengan waktu hari 2-6 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.24 dapat dilihat bahwa grafik efisiensi aki kering dan efisiensi aki basah bersifat fluktuatif. efisiensi aki kering hari ke 2 tertinggi yaitu 16,65 % pada pukul 14.45 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 2 terendah yaitu 7,07 % pada pukul 16.00 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 2 tertinggi yaitu 23,25 % pada pukul 14.45 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 2 terendah yaitu 10,21 % pada pukul 16.15 WITA. Efisiensi aki kering hari ke 3 tertinggi yaitu 17,41 % pada pukul 14.45 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 3 terendah yaitu 6,01 % pada pukul 15.30 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 3 tertinggi yaitu 31,77 % pada pukul 14.45 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 3 terendah yaitu 7,65 % pada pukul 15.30 WITA. Efisiensi aki kering hari ke 4 tertinggi yaitu 8,37 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 4 terendah yaitu 4,08 % pada pukul 16.15 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 4 tertinggi yaitu 22,38 % pada pukul 14.30 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 4 terendah yaitu 9,55 % pada pukul 16.30 WITA. Efisiensi aki kering hari ke 5 tertinggi yaitu 11,34 % pada pukul 16.15 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 5 terendah yaitu 1,42 % pada pukul 15.15 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 5 tertinggi yaitu 15,94 % pada pukul 16.15 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 5 terendah yaitu 1,38 % pada pukul 15.15 WITA. Efisiensi aki kering hari ke 6 tertinggi yaitu 2,19 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 6 terendah yaitu 1,07 % pada pukul 15.45 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 6 tertinggi yaitu 2,56 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 6 terendah yaitu 1,12 % pada pukul 15.45 WITA.

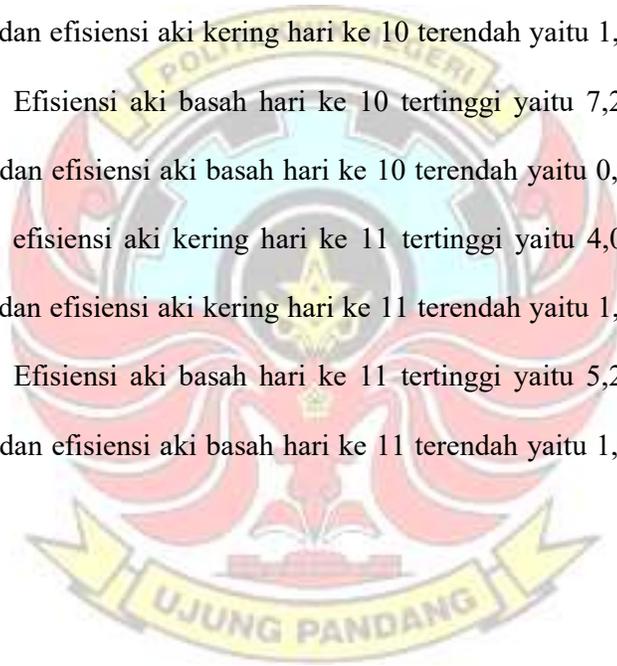
Berdasarkan lampiran 2 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



Gambar 4.24 Grafik Hubungan antara efisiensi aki kering dan basah dengan waktu hari 7-12 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa grafik efisiensi aki kering dan efisiensi aki basah bersifat fluktuatif. Efisiensi aki kering hari ke 7 tertinggi yaitu 3,93 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 7 terendah yaitu 1,38 % pada pukul 14.45 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 7 tertinggi yaitu 4,87 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 7 terendah yaitu 1,30 % pada pukul 14.45 WITA. Efisiensi aki kering hari ke 8 tertinggi yaitu 7,33 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 8 terendah yaitu 3,56 % pada pukul 14.45 WITA.

% pada pukul 16.00 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 8 tertinggi yaitu 7,14 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 8 terendah yaitu 3,47 % pada pukul 16.00 WITA. Efisiensi aki kering hari ke 9 tertinggi yaitu 4,92 % pada pukul 14.45 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 9 terendah yaitu 2,06 % pada pukul 15.45 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 9 tertinggi yaitu 6,25 % pada pukul 14.45 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 9 terendah yaitu 1,97 % pada pukul 15.30 WITA. efisiensi aki kering hari ke 10 tertinggi yaitu 4,74 % pada pukul 15.30 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 10 terendah yaitu 1,18 % pada pukul 15,15 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 10 tertinggi yaitu 7,23 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 10 terendah yaitu 0,98 % pada pukul 16.00 WITA. efisiensi aki kering hari ke 11 tertinggi yaitu 4,08 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki kering hari ke 11 terendah yaitu 1,92 % pada pukul 15.00 WITA. Efisiensi aki basah hari ke 11 tertinggi yaitu 5,20 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki basah hari ke 11 terendah yaitu 1,00 % pada pukul 15.45 WITA.



### 3. Akhir pengujian

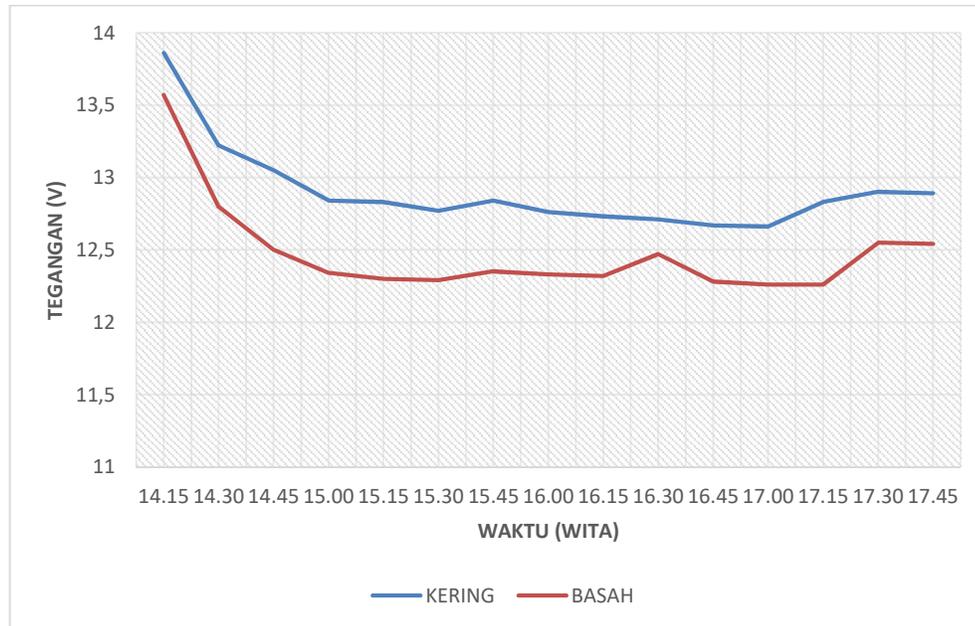
Akhir pengujian bertujuan untuk melihat karakteristik tegangan, arus, energi beserta efisiensi aki kering dan basah di akhir proses pengambilan data.

Tabel 4.3 Hasil Analisis data pengujian berbeban hari 12 dengan beban dc 75  $\Omega$

No.	Waktu	POut1	Pout2	Pak	Pab	$\eta_3$	$\eta_4$
	WITA	W	W	W	W	$\eta_3$	$\eta_4$
1	14:15	58476,60	40953,60	2387,16	2129,76	4,08	5,20
2	14:30	154915,20	150926,40	4521,24	3680,64	2,92	2,44
3	14:45	259232,40	481896,00	6177,06	5322,24	2,38	1,10
4	15:00	429847,20	252547,20	8268,48	7130,88	1,92	2,82
5	15:15	491841,00	812592,00	10278,90	8820,00	2,09	1,09
6	15:30	554601,60	1006592,40	12286,08	10549,44	2,22	1,05
7	15:45	524790,00	1226685,60	14333,76	12287,52	2,73	1,00
8	16:00	744480,00	898675,20	16381,44	14019,84	2,20	1,56
9	16:15	884309,40	1409400,00	18691,56	15992,64	2,11	1,13

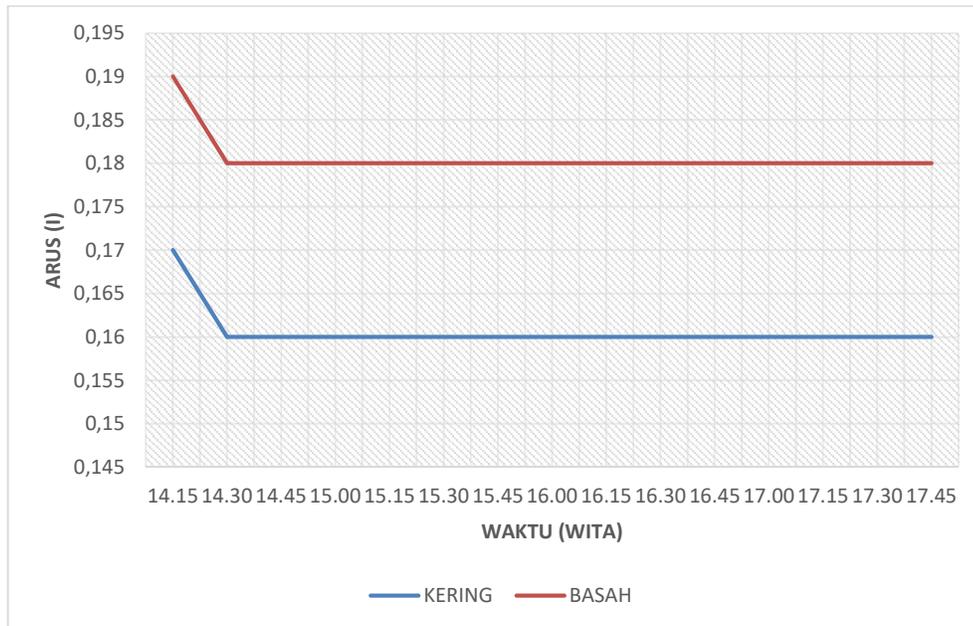


berdasarkan Tabel 4.3 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



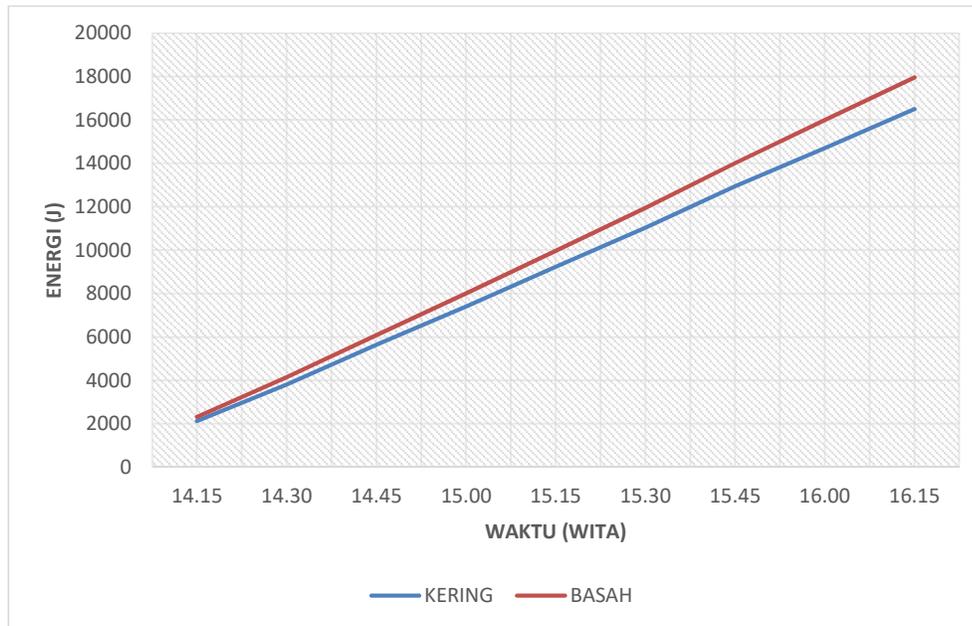
Gambar 4.25 Grafik Hubungan antara Tegangan aki kering dan basah dengan waktu hari 12 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.26 dapat dilihat bahwa grafik tegangan aki kering dan tegangan aki basah bersifat fluktuatif. Tegangan aki kering tertinggi yaitu 13,86 V pada pukul 14.15 WITA dan tegangan aki kering terendah yaitu 12,89 V pada pukul 17.45 WITA. Tegangan aki basah tertinggi yaitu 13,57 V pada pukul 14.30 WITA dan tegangan aki basah terendah yaitu 12,54 V pada pukul 17.45 WITA



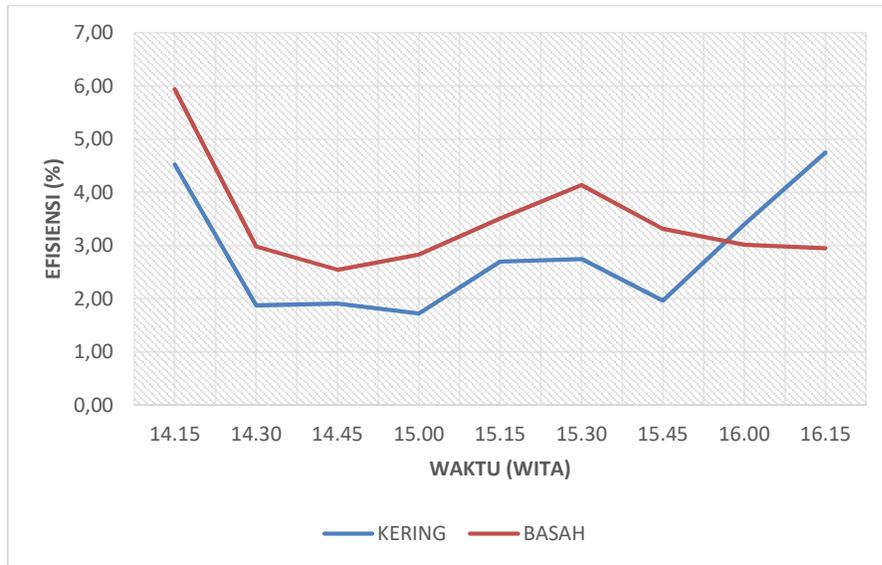
Gambar 4.26 Grafik Hubungan antara arus aki kering dan arus aki basah dengan waktu hari 12 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.27 dapat dilihat bahwa grafik arus aki kering dan arus aki basah bersifat konstan. Arus aki kering tertinggi yaitu 0,17 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki kering terendah yaitu 0,16 A pada pukul 17.45 WITA. Arus aki basah tertinggi yaitu 0,19 A pada pukul 14.15 WITA dan arus aki basah terendah yaitu 0,18 A pada pukul 17.45 WITA.



Gambar 4.27 Grafik Hubungan antara energi aki kering dan energi aki basah dengan waktu hari 12 pada pengujian berbeban

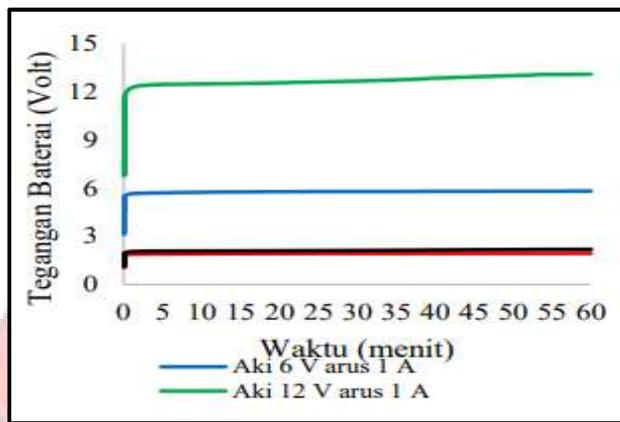
Berdasarkan Gambar 4.28 dapat dilihat bahwa grafik energi aki kering dan energi aki basah bersifat fluktuatif. Energi aki kering tertinggi yaitu 16498,08 J pada pukul 14.15 WITA dan energi aki kering terendah yaitu 2120,58 J pada pukul 16.15 WITA. Energi aki basah tertinggi yaitu 17962,56 J pada pukul 14.15 WITA dan energi aki basah terendah yaitu 2320,47 J pada pukul 16.15 WITA.



Gambar 4.28 Grafik Hubungan antara efisiensi aki kering dan efisiensi aki basah dengan waktu hari 12 pada pengujian berbeban

Berdasarkan Gambar 4.29 dapat dilihat bahwa grafik efisiensi aki kering dan efisiensi aki basah bersifat fluktuatif. efisiensi aki kering tertinggi yaitu 4,75 % pada pukul 16.15 WITA dan efisiensi aki kering terendah yaitu 1,72 % pada pukul 15.00 WITA. Efisiensi aki basah tertinggi yaitu 5,94 % pada pukul 14.15 WITA dan efisiensi aki basah terendah yaitu 2,54 % pada pukul 14.45 WITA.

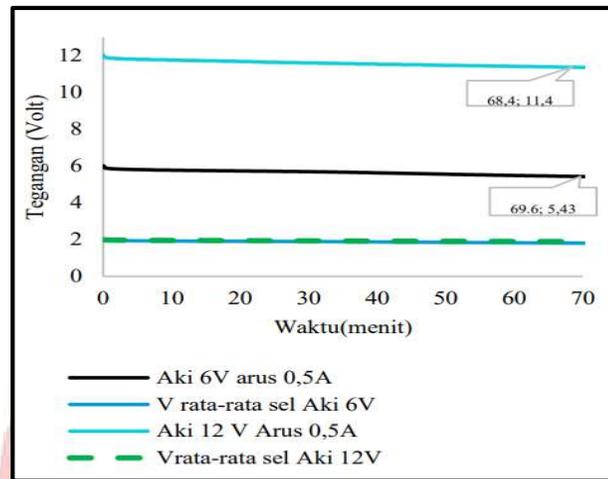
Penelitian terdahulu telah dilakukan oleh Ghufron et al (2017) yang membandingkan proses charge dan discharge pada aki 6 V dan aki 12 V. Arus yang digunakan pada proses charge adalah 1 V, dan pada proses discharge adalah 0,5 V



Gambar 4.29. Proses *charging* aki VLRA dengan arus 0,5 A (konstan)

Berdasarkan hasil pengujian *charge* aki VLRA dengan menggunakan arus konstan 0,5 A, terlihat bahwa trend grafik tegangan aki meningkat secara drastis di awal dan konstan di menit selanjutnya. Sedangkan pada pengujian *charge* aki kering dan aki basah dengan arus input panel surya terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan bersifat fluktuatif, hal ini dikarenakan tegangan yang di hasilkan panel surya berubah-ubah dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang bersifat fluktuatif (selama 4 jam). Sehingga tegangan pengisian aki kering dan aki basah mengalami fluktuasi. Namun, secara bentuk grafik antara kedua pengujian ini, memiliki trend grafik yang hampir sama, walaupun diawal pengujian memiliki perbedaan tegangan yang sangat berbeda, namun, hal ini disebabkan karena perbedaan tegangan awal sebelum pengujian di kedua pengujian ini. Secara umum, Pengujian

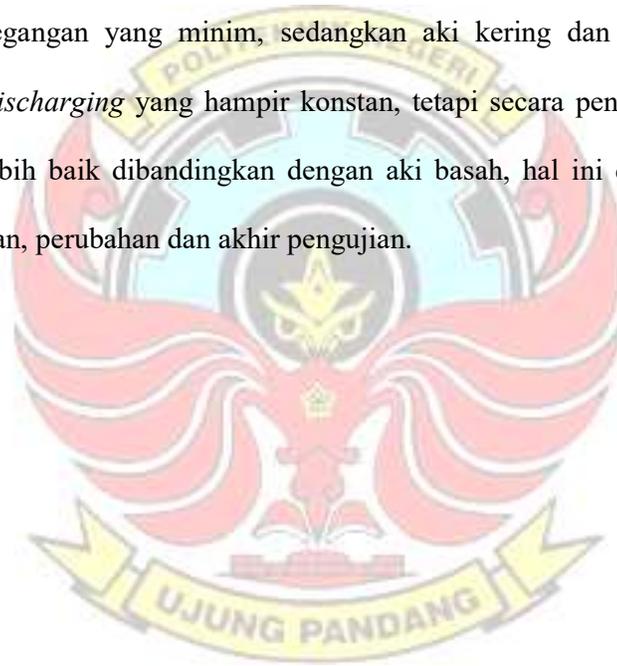
*charge* ketiga jenis aki ini memiliki karakteristik yang hampir sama, aki VLRA dapat mengisi arus secara perlahan, sama halnya dengan aki kering. Sedangkan aki basah dapat mengisi arus secara cepat.



Gambar 4.30. Proses *discharging* aki VLRA 6 V dan 12 V dengan arus 0,5 A (konstan)

Berdasarkan hasil pengujian *discharging* aki VLRA dengan menggunakan arus konstan 0,5 A, terlihat bahwa trend grafik tegangan aki menurun secara konstan. Sedangkan pada pengujian *discharging* pada aki kering dan aki basah pada awal pengujian trend grafik mengalami penurunan tegangan yang konstan di aki kering dan beberapa titik fluktuasi di aki basah dengan tegangan aki kering lebih besar dibandingkan dengan tegangan aki basah. Pada pengujian perubahan, tegangan pada hari ke 4-9 memiliki trend grafik yang sama dengan tegangan mengalami penurunan yang signifikan di menit awal pembebanan dan menit selanjutnya konstan. Namun pada hari ke 10-13 memiliki trend grafik yang fluktuatif, terlihat bahwa tegangan awal pembebanan mengalami penurunan yang signifikan dan fluktuasi di menit menit selanjutnya. Di akhir pengujian

pembebanan, trend grafik terlihat mengalami penurunan yang signifikan di awal pengujian dan fluktuasi di menit-menit selanjutnya dengan tegangan aki kering lebih besar dibandingkan dengan tegangan aki basah. Secara umum, pengujian aki VLRA, aki kering dan aki basah di awal pengujian memiliki trend grafik yang hampir sama, walaupun tegangan aki VLRA memiliki trend grafik penurunan yang konstan dari pada aki kering dan aki basah yang memiliki beberapa titik fluktuasi. Aki VLRA dapat melakukan *discharging* dengan konstan dengan penurunan tegangan yang minim, sedangkan aki kering dan aki basah dapat melakukan *discharging* yang hampir konstan, tetapi secara penurunan tegangan, aki kering lebih baik dibandingkan dengan aki basah, hal ini dapat dilihat dari awal pengujian, perubahan dan akhir pengujian.



## BAB V PENUTUP

### 1.1 KESIMPULAN

1. Modul pengujian akumulator ini menggunakan 2 buah panel 50 WP dan 2 buah jenis akumulator jenis kering dan basah. Instrumen pengujian yang digunakan adalah *solar charge controller* dengan tahanan geser  $75\Omega$
2. Pada pengujian tanpa beban, kedua jenis akumulator menunjukkan angka pengisian yang relatif sama, namun secara efisiensi, akumulator kering lebih baik dalam pengisian dibandingkan dengan akumulator basah
3. Pada pengujian berbeban, akumulator kering dapat membebani beban DC lebih optimal dibandingkan akumulator basah, dapat dilihat pada grafik tegangan, arus dan energi pada kedua jenis akumulator, bahwa ketiga variabel tersebut lebih cepat menurun dan fluktuatif dibandingkan dengan akumulator kering.
4. Setelah dilakukan pengujian, akumulator kering menunjukkan kesehatan aki sebesar 68% sedangkan akumulator basah menunjukkan kesehatan aki sebesar 50%. Sehingga secara ketahanan, akumulator kering lebih baik dibandingkan dengan akumulator basah

### 1.2 SARAN

1. Pada modul pengujian ini hanya menggunakan *SCC* sebagai instrumen pengukuran beserta *controlling*. Hal ini menyebabkan data yang diperoleh tidak akurat sehingga memerlukan instrumen tambahan yaitu

multimeter. Oleh sebab itu, sebaiknya instrumen pengukuran dilengkapi, mulai dari voltmeter, amperemeter dan wattmeter.

2. Dikarenakan rangka pada modul pengujian ini tidak didesain untuk mengubah sudut kemiringan panel, sehingga sudut yang digunakan hanya 1 variasi. Oleh sebab itu, sebaiknya rangka panel dibuat dan didesain sedemikian rupa sehingga memungkinkan untuk melakukan beberapa variasi sudut dan kemiringan untuk mendapatkan intensitas cahaya yang maksimal



## DAFTAR PUSTAKA

- Afif, Muhammad Thowil dkk. 2015. Analisis perbandingan baterai *lithium-ion*, listrik. *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Andree, Ade. 2013. Jenis Panel Surya. (*Online*), (<http://dewaadeandrea.blogspot.com>), Diakses 10 Januari 2021.
- Aryza, Solly. dkk. 2017. *Implementasi Energi Surya Sebagai Sumber Suplai Alat Pengereng Pupuk Petani Portabel*. IT Journal Research and Development Vol.2, No.1. Medan: Universitas Pembangunan Pancabudi.
- Ariani, Tri dan Wahyuni Arini. 2020. Pengembangan Protipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Energi Alternatif di Kota Lubuklinggau. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, (*Online*), Vol.10, No.1, Hal.26-32 (<http://www.academia.edu>) (diakses 10 Desember 2020).
- B. Gustomo. 2015. Pengenalan Arduino dan Pemrogramannya. Bandung: Informatika Bandung.
- Budiawan, Ainto Harry. 2018. Plus-minus Pakai Aki Lithium buat Motor. (*Online*), (<https://m.medcom.id>), Diakses 12 Januari 2020
- Cook, A. G., Billman, L., & Adcock, R. (1995). *Photovoltaic Fundamental*. 1–68.
- Dodo dkk., 2015. Review pompa Dc 12V Head 2 m. Dalam Aksi Hidroponik Dodo, (*Online*), ([hidroponikdodo.blogspot.com](http://hidroponikdodo.blogspot.com)), Diakses 12 Januari 2020.
- Dwi Putra, R.G.(2012). *Perancangan Triner Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Mata Kuliah Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta.
- Evelyn. 2015. Struktur dari sel surya. (*Online*), (<https://www.electricaltechnology.org/>), Diakses 27 Agustus 2021.
- Ghufron M, Istiroyah, Perwita CA, Pranata KB. 2017. Analisis Efisiensi Energi Flow Baterai Lead Acid Keadaan Statis dan Dinamis. *Jurnal ROTOR*. Vol 10: Hal 42–46
- Haryanto, A., Dahlan, & Kodir, A. 2015. Pemanfaatan Inverter Sistem Off Grid Pada Pembangkit Listrik Tenaga Matahari. *Elektronika Vol.4, No. 1*.
- Hidayat, Rahmat. dkk. 2017. Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Aplikasi Beban Rendah (600 W). *Jurnal INTEKNA*, (*Online*), Vol.17, No.1, Hal. 1-78 (<http://ejournal.poliban.ac.id>) (diakses 10 Desember 2020).

- Jansen, T.J., 1995: Teknologi Rekayasa Sel Surya, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Jaya Sukma N. 2015. Radiasi Benda Hitam (*Online*), (<http://termodinamika-noviantysj.blogspot.com/>), Diakses 12 Januari 2021.
- Juliasman Andi, Sara Devi I, Siregar Halid S. 2016.” Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola”. KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro Vol.2 No.1 2017: 35-42.
- Khaffi, Ashabul.dkk.2020.”Rancang Bangun Modul Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)”. *Jurnal Teknik Elektro*,(Online), Vol.02, No.3 ([http:// Jurnal. Poliupg.ac.id](http://Jurnal.Poliupg.ac.id) (diakses 10 Desember 2020).
- Mukmiati dan Asyar Paharuddin.2020.Rancang Bangun Pembangkit Hybrid PLTS-PLTB pada Bangunan Budidaya Burung Walet. Laporan Tugas Akhir.Politeknik Negeri Ujung Pandang
- Nelson, Jenny. 2003. The Physic of Solar Cells. London: Imperial College Press
- Nur Muhammad S.2019. Operasional Dan Sistem Perawatan Accumulator (Accu) Di Kapal Motor Mega Segara Pt. Mega Segara Line Bab 2. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Raditya, Galih .2017. Cara Memilih Aki Untuk Penggunaan Sistem Energi,(Online),(<https://janaloka.com/5-cara-memilih-aki-untuk-penggunaan-sistem-energi-surya/> (diakses 27 September 2021).
- Ramadhan, Anwar Ilmar.dkk.2016. Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. *Ejurnal.Undip* ,(Online), (<http://ejurnal.Undip.ac.id/indeks.Php/teknik> (diakses 10 Desember 2020).
- Susanto. 2016. Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell. Surabaya
- Wahyu B, 2010. Pemantulan Bolak -Balik Pada Cermin Tak Sejajar. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Yuwono B, 2005. Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler At89c51.*Skripsi* Surakarta
- Cook, A. G., Billman, L., & Adcock, R. (1995). *Photovoltaic Fundamental*. 1–68.

**L**

**A**

**M**



**P**

**I**

**R**

**A**

**N**

Lampiran 1

**DATA HASIL PENGUJIAN TANPA BEBAN**

<b>TANPA BEBAN</b>									
<b>Hari ke-1</b>									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	13,3	13,09	976,4	13,44	13,59	2,38	1,44	13,38	13,51
10:30			930,5	15,35	14,21	1,96	1,27	15,55	13,73
11:00			275,8	13,36	13,36	1,75	1,21	13,43	13,22
11:30			1128,2	19,44	19,44	2,2	1,45	14,63	14,77
12:00			1331,7	19,91	19,91	2,21	1,52	14,64	14,8
12:30			218,4	18,82	18,82	2,64	1,67	14,62	14,77
13:00			494,7	17,95	17,95	2,54	1,78	14,61	14,77
13:30			612,3	19,53	19,53	2,63	1,8	14,62	14,77
14:00	13,79	13,55	81,7	14,66	14,66	2,59	1,77	14,16	14,65

TANPA BEBAN									
Hari ke-2									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	12,53	12,12	1005,3	13,13	13,05	2,38	1,44	13,05	12,58
10:30			1104,8	13,25	13,46	1,96	1,27	13,2	13,3
11:00			528,8	13,12	12,99	1,75	1,21	13,09	12,91
11:30			1281,4	13,79	13,87	2,2	1,45	13,7	13,77
12:00			530,7	13,67	13,54	2,21	1,52	13,63	13,44
12:30			194,7	13,69	13,66	2,64	1,67	13,66	13,6
13:00			376,6	18,7	19,81	2,54	1,78	14,62	14,77
13:30			1191,8	19,98	19,53	2,63	1,8	14,65	14,78
14:00	13,3	13,09	1119,4	19,62	19,99	2,59	1,77	14,64	14,79

TANPA BEBAN									
Hari ke-3									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	13,05	12,52	1167,5	13,33	13,39	2,05	1,17	13,23	13,25
10:30			1186,4	13,36	13,03	1,72	0,89	13,29	12,82
11:00			1162,1	13,64	13,04	1,16	0,56	13,58	12,86
11:30			1240,7	14,26	14,12	1,28	0,81	14,26	13,85
12:00			1259,8	19,51	19,82	1,8	1,04	14,62	14,77
12:30			966,2	19,88	19,74	2,24	1,49	14,63	14,76
13:00			1079,4	19,99	19,81	2,03	1,21	14,63	14,77
13:30			1110,9	19,64	19,92	1,19	0,52	14,64	14,77
14:00	13,92	14,13	1176,8	19,75	19,94	1,68	0,74	14,65	14,76

TANPA BEBAN									
Hari ke-4									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	14,41	14,17	1159,1	15,51	14,41	1,84	0,24	14,61	14,39
10:30			1229,3	19,3	18,46	1,95	0,07	14,63	14,76
11:00			1271,4	19,94	19,93	1,92	0,09	14,63	14,77
11:30			1250,3	21,4	21,3	2,12	0,21	14,6	14,7
12:00			1243,7	21,5	21,3	1,65	0,23	14,6	14,7
12:30			1383,2	21,9	21,6	1,85	0,23	14,6	14,7
13:00			686,4	21,1	20,8	1,93	0,24	14,6	14,7
13:30			413,15	19,7	18,5	0,97	0,12	14,6	14,7
14:00	14,61	14,73	404,2	19,2	17,9	1,52	0,51	14,6	14,7

TANPA BEBAN									
Hari ke-5									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Beterai Aki Kering	Tegangan Awal Beterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	12,9	12,37	746	13,03	13,62	1,58	0,7	13,06	12,61
10:30			867	18,79	16,81	1,51	0,44	14,62	14,76
11:00			928	20,8	21,4	1,65	0,63	14,6	14,8
11:30			1021,1	21,1	20,7	1,65	0,41	14,6	14,7
12:00			923	21,5	20,2	1,61	0,52	14,6	14,7
12:30			924	20,8	21,3	1,72	0,57	14,6	14,7
13:00			916	21,8	21,4	1,78	0,74	14,6	14,8
13:30			920	21,5	21	1,78	0,79	14,6	14,7
14:00	14,6	14,7	903	21,2	19,7	1,77	0,71	14,6	14,7

<b>TANPA BEBAN</b>									
<b>Hari ke-6</b>									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	13,77	12,91	993,7	18,22	13,46	1,52	1,14	14,59	13,29
10:30			1115,6	19,21	12,6	3,37	1,69	14,61	12,58
11:00			1440,6	20,7	22,2	1,78	1,48	14,63	14,41
11:30			1552,9	21,7	19,2	1,39	1,12	14,63	14,78
12:00			1172,9	21,2	20,4	4,69	4,35	14,63	14,78
12:30			1152,3	22	20,6	3,79	2,65	14,64	14,78
13:00			1225,5	21,9	20,7	3,47	3,11	14,64	14,78
13:30			1242	21,3	17,9	1,66	1,34	14,63	14,78
14:00	14,63	14,75	1165,3	21	17,4	0,59	0,44	14,63	14,78

TANPA BEBAN									
Hari ke-7									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Beterai Aki Kering	Tegangan Awal Beterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	13,77	12,91	993,7	18,22	13,46	1,52	1,14	14,59	13,29
10:30			1115,6	19,21	12,6	3,37	1,69	14,61	12,58
11:00			1440,6	20,7	22,2	1,78	1,48	14,63	14,41
11:30			1552,9	21,7	19,2	1,39	1,12	14,63	14,78
12:00			1172,9	21,2	20,4	4,69	4,35	14,63	14,78
12:30			1152,3	22	20,6	3,79	2,65	14,64	14,78
13:00			1225,5	21,9	20,7	3,47	3,11	14,64	14,78
13:30			1242	21,3	17,9	1,66	1,34	14,63	14,78
14:00	14,63	14,75	1165,3	21	17,4	0,59	0,44	14,63	14,78

<b>TANPA BEBAN</b>									
<b>Hari ke-8</b>									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	12,82	12,28	1064,71	18,3	14,2	1,88	1,58	14,62	14,27
10:30			1258,52	20,9	20,7	2,19	1,88	14,6	14,7
11:00			1128,72	21,2	19,4	4,19	3,88	14,6	14,7
11:30			1193,05	19,6	21,7	1,85	1,58	14,6	14,8
12:00			837,02	21,9	20,2	3,2	2,7	14,6	14,7
12:30			913,08	22,1	21,7	1,47	1,21	14,6	14,8
13:00			1012,08	21,9	20,5	2,41	1,99	14,6	14,7
13:30			1248,72	22,2	22,1	1,68	1,43	14,6	14,8
14:00	13,53	12,86	1206,8	22,1	20,9	1,61	1,26	14,6	14,7

<b>TANPA BEBAN</b>									
<b>Hari ke-9</b>									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Beterai Aki Kering	Tegangan Awal Beterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	13,6	12,9	1018,4	14,7	13	1,12	1,31	14,6	13
10:30			712,4	18,3	13,7	1,26	1,22	14,6	13,7
11:00			865,6	18,9	20,5	1,28	1,26	13,9	14,7
11:30			893,8	20,9	22,3	1,16	1,17	14	14,7
12:00			421,7	21,2	21,2	1,22	1,23	14,6	14,7
12:30			634,2	21,4	20,3	1,36	1,35	14,6	14,7
13:00			735,7	21,8	21,6	1,35	1,37	14,6	14,7
13:30			715,1	21,2	21,6	1,44	1,47	14,6	14,7
14:00	14,6	14,7	726,5	21,5	21,8	1,31	1,36	14,6	14,8

<b>TANPA BEBAN</b>									
<b>Hari ke-10</b>									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	13,5	12,6	1015,6	16,32	14,37	2,05	1,44	14,6	14,3
10:30			1114,6	19,3	14,46	1,72	1,27	14,6	14,7
11:00			1015,6	19,2	13,8	1,16	1,21	14,6	14,7
11:30			1009,8	19,2	20,7	1,28	1,45	14,6	14,7
12:00			1279,2	21,6	21,2	1,8	1,52	14,6	14,7
12:30			1159,6	20,1	19,6	1,47	2,7	14,6	14,7
13:00			1225,5	21,9	21,9	2,41	1,21	14,6	14,7
13:30			1279,3	21,9	19,4	1,68	1,99	14,6	14,7
14:00	14,6	14,7	1263,6	21,9	19,7	1,61	1,43	14,6	14,8

TANPA BEBAN									
Hari ke-11									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	12,83	12,28	930,5	14,1	13	1,72	0,24	13,9	13,1
10:30			746,2	13,5	13,7	1,78	0,07	12,9	13,6
11:00			528,8	13,2	19,1	1,78	0,09	13,2	14,7
11:30			530,7	13,6	16,4	1,77	0,21	13,6	14,7
12:00			612,3	13,9	20,5	1,65	0,23	14,1	14,7
12:30			961,6	20,7	21,8	1,65	1,31	14,6	14,7
13:00			1126,15	21,4	21,2	1,61	1,22	14,6	14,7
13:30			1217,18	22,3	22,4	1,72	1,26	14,6	14,7
14:00	14,62	14,75	1280,9	22,4	22,4	1,47	1,17	14,6	14,7

<b>TANPA BEBAN</b>									
<b>Hari ke-12</b>									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	12,86	13,26	1170,5	11,8	13,4	4,51	1,14	12,84	13,3
10:30			1154,1	16,1	19,7	4,38	1,69	12,8	14,7
11:00			1276,9	21,5	21,1	4,64	1,48	14,6	14,7
11:30			1305,6	22	21,1	3,29	1,12	14,8	15
12:00			1307,7	22	21,4	4,71	4,35	14,8	14,9
12:30			1253,4	22,2	20,1	1,16	1,48	14,9	15
13:00			1253,1	21,7	21,2	1,28	1,12	14,6	14,8
13:30			1319,2	22,1	22,9	1,8	4,35	15,4	14,5
14:00	14,66	14,78	1278,3	21,6	22	2,24	2,65	14,8	14,3

<b>TANPA BEBAN</b>									
<b>Hari ke-13</b>									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Beterai Aki Kering	Tegangan Awal Beterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	12,8	13,9	934,4	14,7	14,4	2,21	1,58	13	14,4
10:30			1111,9	16,3	22,3	2,64	1,88	13,3	14,8
11:00			1245,8	18,9	23	2,54	3,88	14,1	15,4
11:30			1060,1	22,7	22,2	2,63	1,58	13,5	15,2
12:00			1237,4	21,1	22,8	2,59	3,96	14	15,6
12:30			1138,4	26,2	22,9	1,96	4,07	17,8	22,4
13:00			1215,5	23,8	22,8	1,75	4,27	13,7	15,5
13:30			1106,1	23,5	23,2	2,2	2,69	14,2	15,6
14:00	13,9	15,6	1209,2	24,7	23,2	2,21	3,75	13,4	15,4

<b>TANPA BEBAN</b>									
<b>Hari ke-14</b>									
Waktu (WITA)	Tegangan Awal Baterai Aki Kering	Tegangan Awal Baterai Aki Basah	Intensitas Cahaya	Tegangan Panel Aki Kering	Tegangan Panel Aki Basah	Arus Panel Aki Kering	Arus Panel Aki Basah (A)	Tegangan Baterai Pengisian Aki Kering	Tegangan Baterai Pengisian Aki Basah
WITA	V	V	W/m <sup>2</sup>	V	V	A	A	V	V
10:00	12,96	12,47	1166,3	14,9	13	1,75	1,67	13,7	12,8
10:30			1244,8	25,7	21,7	2,2	1,78	20	19,3
11:00			1263,8	24,8	24,6	2,21	1,8	15	14,7
11:30			1292,5	22,6	22,2	2,64	1,77	13,2	13
12:00			1128,6	15	21,8	2,54	1,45	13,9	13,4
12:30			946,7	14,15	17,6	2,63	1,52	14,2	15,3
13:00			1142,5	20,2	20,1	2,59	1,67	19,7	18,6
13:30			1019,7	17,5	20,7	1,72	1,78	14,1	15,6
14:00	14,26	15,24	1156,8	18,5	20,9	1,16	1,8	15,8	17,8

RATA RATA INTENSITAS CAHAYA															
JAM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	RATA RATA
10:00	976,4	1005	1168	1159	746	993,7	1195	1065	1018	1016	930,5	1171	934,4	1166	1038,829286
10:30	930,5	1105	1186	1229	867	1116	1160	1259	712,4	1115	746,2	1154	1112	1245	1066,851429
11:00	275,8	528,8	1162	1271	928	1441	1233	1129	865,6	1016	528,8	1277	1246	1264	1011,765714
11:30	1128	1281	1241	1250	1021	1553	1251	1193	893,8	1010	530,7	1306	1060	1293	1143,632143
12:00	1332	530,7	1260	1244	923	1173	1279	837	421,7	1279	612,3	1308	1237	1129	1040,358571
12:30	218,4	194,7	966,2	1383	924	1152	1363	913,1	634,2	1160	961,6	1253	1138	946,7	943,5057143
13:00	494,7	376,6	1079	686,4	916	1226	1248	1012	735,7	1226	1126	1253	1216	1143	981,245
13:30	612,3	1192	1111	413,2	920	1242	1176	1249	715,1	1279	1217	1319	1106	1020	1040,796429
14:00	81,7	1119	1177	404,2	903	1165	1156	1207	726,5	1264	1281	1278	1209	1157	1009,2

RATA RATA TEGANGAN PANEL KERING															
JAM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	RATA RATA
10:00	13,44	13,13	13,33	15,51	13,03	18,22	16,47	18,3	14,7	16,32	14,1	11,8	14,7	14,9	14,85357143
10:30	15,35	13,25	13,36	19,3	18,79	19,21	20,2	20,9	18,3	19,3	13,5	16,1	16,3	25,7	17,82571429
11:00	13,36	13,12	13,64	19,94	20,8	20,7	21,4	21,2	18,9	19,2	13,2	21,5	18,9	24,8	18,61857143
11:30	19,44	13,79	14,26	21,4	21,1	21,7	21,6	19,6	20,9	19,2	13,6	22	22,7	22,6	19,56357143
12:00	19,91	13,67	19,51	21,5	21,5	21,2	21,6	21,9	21,2	21,6	13,9	22	21,1	15	19,685
12:30	18,82	13,69	19,88	21,9	20,8	22	17,45	22,1	21,4	20,1	20,7	22,2	26,2	14,15	20,09928571
13:00	17,95	18,7	19,99	21,1	21,8	21,9	22	21,9	21,8	21,9	21,4	21,7	23,8	20,2	21,15285714
13:30	19,53	19,98	19,64	19,7	21,5	21,3	21,3	22,2	21,2	21,9	22,3	22,1	23,5	17,5	20,975
14:00	14,66	19,62	19,75	19,2	21,2	21	20,4	22,1	21,5	21,9	22,4	21,6	24,7	18,5	20,60928571

RATA RATA TEGANGAN PANEL BASAH															
JAM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	RATA RATA
10:00	13,59	13,05	13,39	14,41	13,62	13,46	14,37	14,2	13	14,37	13	13,4	14,4	13	13,66142857
10:30	14,21	13,46	13,03	18,46	16,81	12,6	14,61	20,7	13,7	14,46	13,7	19,7	22,3	21,7	16,38857143
11:00	13,36	12,99	13,04	19,93	21,4	22,2	21,5	19,4	20,5	13,8	19,1	21,1	23	24,6	18,99428571
11:30	19,44	13,87	14,12	21,3	20,7	19,2	21,7	21,7	22,3	20,7	16,4	21,1	22,2	22,2	19,78071429
12:00	19,91	13,54	19,82	21,3	20,2	20,4	20,2	20,2	21,2	21,2	20,5	21,4	22,8	21,8	20,31928571
12:30	18,82	13,66	19,74	21,6	21,3	20,6	15,3	21,7	20,3	19,6	21,8	20,1	22,9	17,6	19,64428571
13:00	17,95	19,81	19,81	20,8	21,4	20,7	21,7	20,5	21,6	21,9	21,2	21,2	22,8	20,1	20,81928571
13:30	19,53	19,53	19,92	18,5	21	17,9	19,3	22,1	21,6	19,4	22,4	22,9	23,2	20,7	20,57
14:00	14,66	19,99	19,94	17,9	19,7	17,4	18,8	20,9	21,8	19,7	22,4	22	23,2	20,9	19,94928571

RATA RATA TEGANGAN BATERAI KERING															
JAM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	RATA RATA
10:00	13,38	13,05	13,23	14,61	13,06	14,59	14,62	14,62	14,6	14,6	13,9	12,84	13	13,7	13,84285714
10:30	15,55	13,2	13,29	14,63	14,62	14,61	14,63	14,6	14,6	14,6	12,9	12,8	13,3	20	14,52357143
11:00	13,43	13,09	13,58	14,63	14,6	14,63	14,64	14,6	13,9	14,6	13,2	14,6	14,1	15	14,18571429
11:30	14,63	13,7	14,26	14,6	14,6	14,63	14,65	14,6	14	14,6	13,6	14,8	13,5	13,2	14,24071429
12:00	14,64	13,63	14,62	14,6	14,6	14,63	14,6	14,6	14,6	14,6	14,1	14,8	14	13,9	14,42285714
12:30	14,62	13,66	14,63	14,6	14,6	14,64	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,9	17,8	14,2	14,76071429
13:00	14,61	14,62	14,63	14,6	14,6	14,64	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	13,7	19,7	14,90714286
13:30	14,62	14,65	14,64	14,6	14,6	14,63	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	15,4	14,2	14,1	14,60285714
14:00	14,16	14,64	14,65	14,6	14,6	14,63	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,8	13,4	15,8	14,59142857

RATA RATA TEGANGAN BATERAI BASAH															
JAM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	RATA RATA
10:00	13,51	12,58	13,25	14,39	12,61	13,29	14,11	14,27	13	14,3	13,1	13,3	14,4	12,8	13,49357143
10:30	13,73	13,3	12,82	14,76	14,76	12,58	14,62	14,7	13,7	14,7	13,6	14,7	14,8	19,3	14,43357143
11:00	13,22	12,91	12,86	14,77	14,8	14,41	14,8	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	15,4	14,7	14,38357143
11:30	14,77	13,77	13,85	14,7	14,7	14,78	14,8	14,8	14,7	14,7	14,7	15	15,2	13	14,53357143
12:00	14,8	13,44	14,77	14,7	14,7	14,78	14,8	14,7	14,7	14,7	14,7	14,9	15,6	13,4	14,62071429
12:30	14,77	13,6	14,76	14,7	14,7	14,78	14,7	14,8	14,7	14,7	14,7	15	22,4	15,3	15,25785714
13:00	14,77	14,77	14,77	14,7	14,8	14,78	14,8	14,7	14,7	14,7	14,7	14,8	15,5	18,6	15,07785714
13:30	14,77	14,78	14,77	14,7	14,7	14,78	14,7	14,8	14,7	14,7	14,7	14,5	15,6	15,6	14,84285714
14:00	14,65	14,79	14,76	14,7	14,7	14,78	14,7	14,7	14,8	14,8	14,7	14,3	15,4	17,8	14,97

RATA RATA ARUS PANEL AKI KERING															
JAM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	RATA RATA
10:00	2,38	2,38	2,05	1,84	1,58	1,52	3,33	1,88	1,12	2,05	1,72	4,51	2,21	1,75	2,165714286
10:30	1,96	1,96	1,72	1,95	1,51	3,37	3,57	2,19	1,26	1,72	1,78	4,38	2,64	2,2	2,300714286
11:00	1,75	1,75	1,16	1,92	1,65	1,78	4,31	4,19	1,28	1,16	1,78	4,64	2,54	2,21	2,294285714
11:30	2,2	2,2	1,28	2,12	1,65	1,39	4,67	1,85	1,16	1,28	1,77	3,29	2,63	2,64	2,152142857
12:00	2,21	2,21	1,8	1,65	1,61	4,69	4,51	3,2	1,22	1,8	1,65	4,71	2,59	2,54	2,599285714
12:30	2,64	2,64	2,24	1,85	1,72	3,79	4,38	1,47	1,36	1,47	1,65	1,16	1,96	2,63	2,211428571
13:00	2,54	2,54	2,03	1,93	1,78	3,47	4,64	2,41	1,35	2,41	1,61	1,28	1,75	2,59	2,309285714
13:30	2,63	2,63	1,19	0,97	1,78	1,66	3,29	1,68	1,44	1,68	1,72	1,8	2,2	1,72	1,885
14:00	2,59	2,59	1,68	1,52	1,77	0,59	4,71	1,61	1,31	1,61	1,47	2,24	2,21	1,16	1,932857143

**RATA RATA ARUS PANEL AKI BASAH**

JAM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	RATA RATA
10:00	1,44	1,44	1,17	0,24	0,7	1,14	3,11	1,58	1,31	1,44	0,24	1,14	1,58	1,67	1,3
10:30	1,27	1,27	0,89	0,07	0,44	1,69	3,42	1,88	1,22	1,27	0,07	1,69	1,88	1,78	1,345714286
11:00	1,21	1,21	0,56	0,09	0,63	1,48	4,21	3,88	1,26	1,21	0,09	1,48	3,88	1,8	1,642142857
11:30	1,45	1,45	0,81	0,21	0,41	1,12	4,24	1,58	1,17	1,45	0,21	1,12	1,58	1,77	1,326428571
12:00	1,52	1,52	1,04	0,23	0,52	4,35	3,96	2,7	1,23	1,52	0,23	4,35	3,96	1,45	2,041428571
12:30	1,67	1,67	1,49	0,23	0,57	2,65	4,07	1,21	1,35	2,7	1,31	1,48	4,07	1,52	1,856428571
13:00	1,78	1,78	1,21	0,24	0,74	3,11	4,27	1,99	1,37	1,21	1,22	1,12	4,27	1,67	1,855714286
13:30	1,8	1,8	0,52	0,12	0,79	1,34	2,69	1,43	1,47	1,99	1,26	4,35	2,69	1,78	1,716428571
14:00	1,77	1,77	0,74	0,51	0,71	0,44	3,75	1,26	1,36	1,43	1,17	2,65	3,75	1,8	1,650714286



Lampiran 2

**DATA HASIL PENGUJIAN BERBEBAN**

<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-1 (10 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	12,76	12,05	1,5	1,3	17226,00	14098,50	900
14:30	12,67	12,08	1,5	1,3	34209,00	28267,20	1800
14:45	12,61	12,03	1,5	1,3	51070,50	42225,30	2700
15:00	12,56	11,99	1,5	1,3	67824,00	56113,20	3600
15:15	12,51	11,95	1,5	1,3	84442,50	69907,50	4500
15:30	12,45	11,93	1,5	1,3	100845,00	83748,60	5400
15:45	12,4	11,9	1,4	1,3	109368,00	97461,00	6300
16:00	12,34	11,87	1,4	1,3	124387,20	111103,20	7200
16:15	12,32	11,85	1,4	1,3	139708,80	124780,50	8100

<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-2 (20 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	12,85	12,26	0,62	0,61	7170,30	6730,74	900
14:30	12,75	12,21	0,6	0,6	13770,00	13186,80	1800
14:45	12,74	12,18	0,6	0,6	20638,80	19731,60	2700
15:00	12,72	12,15	0,59	0,6	27017,28	26244,00	3600
15:15	12,69	12,12	0,59	0,6	33691,95	32724,00	4500
15:30	12,66	12,1	0,59	0,6	40334,76	39204,00	5400
15:45	12,63	12,08	0,59	0,6	46945,71	45662,40	6300
16:00	12,6	12,06	0,59	0,6	53524,80	52099,20	7200
16:15	12,58	12,04	0,59	0,6	60119,82	58514,40	8100

<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-3 (30 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	12,84	12,29	0,43	0,38	4969,08	4203,18	900
14:30	12,83	12,25	0,43	0,38	9930,42	8379,00	1800
14:45	12,81	12,21	0,43	0,38	14872,41	12527,46	2700
15:00	12,8	12,19	0,42	0,38	19353,60	16675,92	3600
15:15	12,77	12,17	0,42	0,37	24135,30	20263,05	4500
15:30	12,75	12,16	0,42	0,37	28917,00	24295,68	5400
15:45	12,73	12,14	0,42	0,37	33683,58	28298,34	6300
16:00	12,72	12,13	0,42	0,37	38465,28	32314,32	7200
16:15	12,71	12,13	0,42	0,37	43239,42	36353,61	8100



<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-4 (40 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	13,26	12,63	0,26	0,27	3102,84	3069,09	900
14:30	12,88	12,26	0,25	0,27	5796	5958,36	1800
14:45	12,86	12,24	0,25	0,26	8680,5	8592,48	2700
15:00	12,84	12,22	0,25	0,26	11556	11437,92	3600
15:15	12,82	12,21	0,25	0,26	14422,5	14285,7	4500
15:30	12,8	12,21	0,25	0,26	17280	17142,84	5400
15:45	12,78	12,2	0,25	0,26	20128,5	19983,6	6300
16:00	12,76	12,19	0,25	0,26	22968	22819,68	7200
16:15	12,75	12,18	0,24	0,26	24786	25651,08	8100



<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-5 (50 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	13,35	12,69	0,23	0,21	2763,45	2398,41	900
14:30	12,89	12,26	0,23	0,2	5336,46	4413,6	1800
14:45	12,88	12,26	0,23	0,2	7998,48	6620,4	2700
15:00	12,86	12,24	0,22	0,2	10185,12	8812,8	3600
15:15	12,84	12,23	0,22	0,2	12711,6	11007	4500
15:30	12,82	12,22	0,22	0,2	15230,16	13197,6	5400
15:45	12,8	12,22	0,22	0,2	17740,8	15397,2	6300
16:00	12,78	12,21	0,22	0,2	20243,52	17582,4	7200
16:15	12,77	12,2	0,22	0,2	22756,14	19764	8100



<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-6 (60 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	13,33	12,72	0,18	0,18	2159,46	2060,64	900
14:30	12,9	12,28	0,18	0,17	4179,6	3757,68	1800
14:45	12,88	12,27	0,17	0,17	5911,92	5631,93	2700
15:00	12,87	12,26	0,17	0,17	7876,44	7503,12	3600
15:15	12,85	12,25	0,17	0,17	9830,25	9371,25	4500
15:30	12,84	12,24	0,17	0,17	11787,12	11236,32	5400
15:45	12,81	12,23	0,17	0,17	13719,51	13098,33	6300
16:00	12,8	12,23	0,17	0,17	15667,2	14969,52	7200
16:15	12,79	12,23	0,17	0,17	17611,83	16840,71	8100

<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-7 (75 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	13,53	12,86	0,2	0,17	2435,4	1967,58	900
14:30	12,89	12,28	0,19	0,16	4408,38	3536,64	1800
14:45	12,89	12,27	0,19	0,16	6612,57	5300,64	2700
15:00	12,86	12,26	0,19	0,16	8796,24	7061,76	3600
15:15	12,84	12,25	0,19	0,16	10978,2	8820	4500
15:30	12,82	12,24	0,19	0,16	13153,32	10575,36	5400
15:45	12,8	12,23	0,19	0,16	15321,6	12327,84	6300
16:00	12,78	12,23	0,19	0,16	17483,04	14088,96	7200
16:15	12,77	12,23	0,19	0,16	19653,03	15850,08	8100

<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-8 (75 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	13,41	12,8	0,18	0,19	2172,42	2188,8	900
14:30	12,88	12,28	0,17	0,18	3941,28	3978,72	1800
14:45	12,87	12,27	0,17	0,18	5907,33	5963,22	2700
15:00	12,86	12,26	0,17	0,18	7870,32	7944,48	3600
15:15	12,84	12,25	0,17	0,18	9822,6	9922,5	4500
15:30	12,82	12,24	0,17	0,18	11768,76	11897,28	5400
15:45	12,8	12,24	0,17	0,18	13708,8	13880,16	6300
16:00	12,79	12,24	0,17	0,18	15654,96	15863,04	7200
16:15	12,77	12,23	0,17	0,18	17584,29	17831,34	8100

<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-9 (75 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	12,9	12,24	0,18	0,18	2089,8	1982,88	900
14:30	12,9	12,29	0,17	0,17	3947,4	3760,74	1800
14:45	12,89	12,28	0,17	0,17	5916,51	5636,52	2700
15:00	12,87	12,26	0,17	0,17	7876,44	7503,12	3600
15:15	12,85	12,26	0,17	0,17	9830,25	9378,9	4500
15:30	12,83	12,24	0,17	0,17	11777,94	11236,32	5400
15:45	12,82	12,24	0,17	0,17	13730,22	13109,04	6300
16:00	12,8	12,23	0,17	0,17	15667,2	14969,52	7200
16:15	12,78	12,23	0,17	0,17	17598,06	16840,71	8100



<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-10 (75 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	13,62	13	0,2	0,17	2451,6	1989	900
14:30	12,97	12,36	0,19	0,16	4435,74	3559,68	1800
14:45	12,9	12,27	0,19	0,16	6617,7	5300,64	2700
15:00	12,88	12,28	0,19	0,16	8809,92	7073,28	3600
15:15	12,87	12,27	0,19	0,16	11003,85	8834,4	4500
15:30	12,86	12,26	0,19	0,16	13194,36	10592,64	5400
15:45	12,85	12,25	0,19	0,16	15381,45	12348	6300
16:00	12,84	12,24	0,19	0,16	17565,12	14100,48	7200
16:15	12,83	12,23	0,19	0,16	19745,37	15850,08	8100

<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-11 (75 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	13,96	13,92	0,19	0,17	2387,16	2129,76	900
14:30	13,22	12,78	0,19	0,16	4521,24	3680,64	1800
14:45	12,71	12,32	0,18	0,16	6177,06	5322,24	2700
15:00	12,76	12,38	0,18	0,16	8268,48	7130,88	3600
15:15	12,69	12,25	0,18	0,16	10278,9	8820	4500
15:30	12,64	12,21	0,18	0,16	12286,08	10549,44	5400
15:45	12,64	12,19	0,18	0,16	14333,76	12287,52	6300
16:00	12,64	12,17	0,18	0,16	16381,44	14019,84	7200
16:15	12,82	12,34	0,18	0,16	18691,56	15992,64	8100



<b>BERBEBAN</b>							
<b>Hari-12 (75 ohm)</b>							
Waktu (WITA)	Tegangan Aki Kering (V)	Tegangan Aki Basah (V)	Arus Aki Kering (I)	Arus Aki Basah (I)	Energi Aki Kering (J)	Energi Aki Basah (J)	Waktu pembebanan (s)
14:15	13,86	13,57	0,17	0,19	2120,58	2320,47	900
14:30	13,22	12,8	0,16	0,18	3807,36	4147,2	1800
14:45	13,05	12,5	0,16	0,18	5637,6	6075	2700
15:00	12,84	12,34	0,16	0,18	7395,84	7996,32	3600
15:15	12,83	12,3	0,16	0,18	9237,6	9963	4500
15:30	12,77	12,29	0,16	0,18	11033,28	11945,88	5400
15:45	12,84	12,35	0,16	0,18	12942,72	14004,9	6300
16:00	12,76	12,33	0,16	0,18	14699,52	15979,68	7200
16:15	12,73	12,32	0,16	0,18	16498,08	17962,56	8100

**Lampiran 3**

**Foto Kegiatan**



**Proses Pembuatan Rangka Modul Pengujian**



**Proses Pemasangan Instalasi Rangkaian Listrik Modul Praktikum PLTS**



**Proses Pengambilan Data**

Lampiran 4

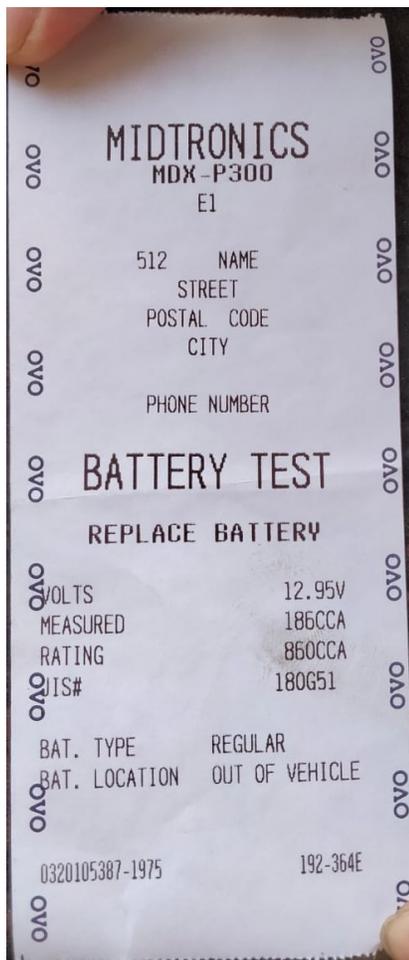
**Anggran Belanja**

<b>NO</b>	<b>NAMA BAHAN</b>	<b>JUMLAH</b>	<b>HARGA</b>
1	PANEL SURYA MEREK STARYU 50 WP	2 BUAH	Rp 900.000
2	AKI KERING MEREK TOYO 10 Ah	1 BUAH	Rp 400.000
3	AKI BASAH MEREK YUASA 10 Ah	1 BUAH	Rp 230.000
4	SOLAR CHARGE CONTROLLER MEREK VISERO 10 Ah	2 BUAH	Rp 200.000
5	KABEL	3 METER	Rp 10.000
6	BESI SIKU 2 CM	3 BUAH	Rp 150.000
7	DEMPUL BESI	2 BUAH	Rp 46.000
8	PLAT BESI	1 BUAH	Rp 150.000
<b>JUMLAH</b>			<b>Rp 2.086.000</b>



Lampiran 4

Hasil Testing Akumulator (Hari 1 – Hari 7)



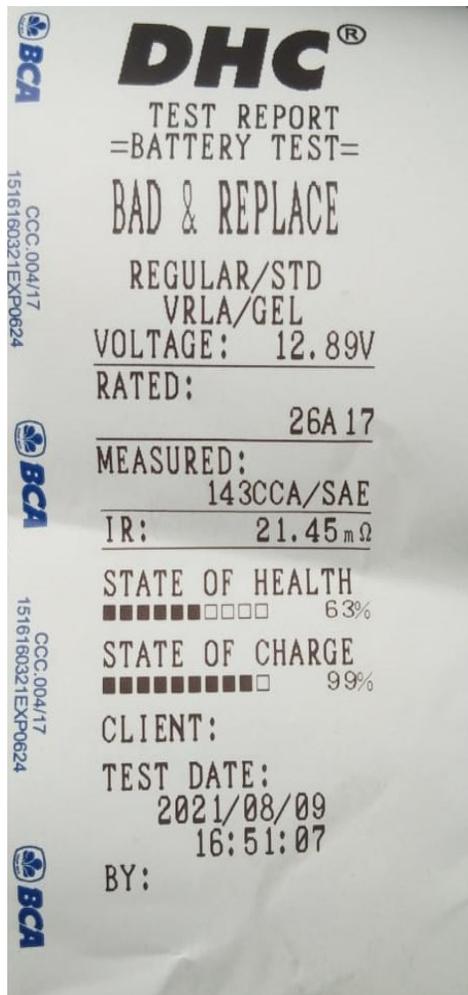
**Aki Kering**



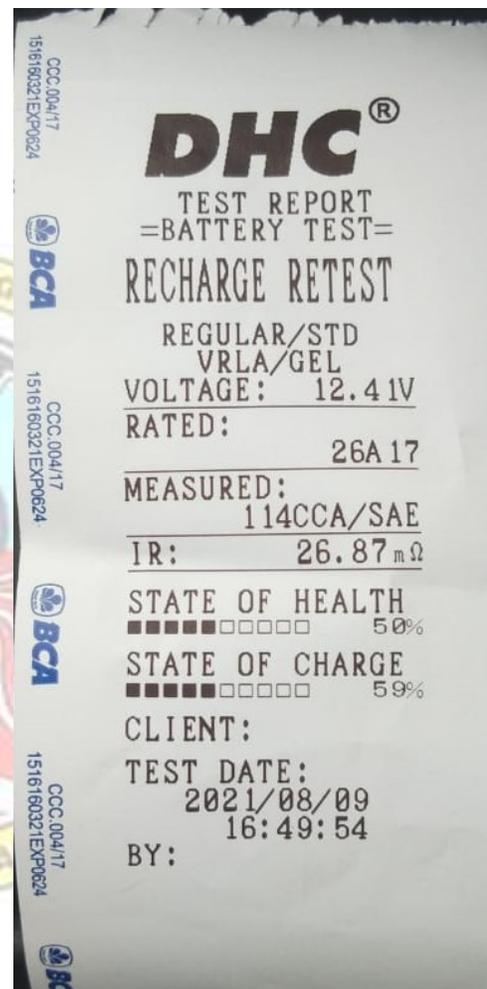
**Aki Basah**

Lampiran 5

Hasil Testing Akumulator (Hari 8 - Hari 14)



Aki Kering

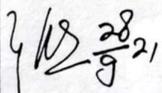
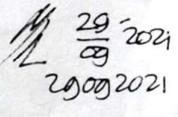


Aki Basah

## LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Elisabeth Citra/ M. Rezki Anugrah Hadikusuma  
 NIM : 34218034/ 34218037

### Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	IR NUR HAMBATI, MT, Ph.D.	Judul. Tata Tulis	
2.	MARHATANGI, SST, M.T	- Relevansi judul. & - home peubti - Perhitungan efisiensi	 28/9/21
3.	MUSRADY MULYADI, S.ST., M.T.	- Data pengujian awal Panel surya - efisiensi	 29/09/2021

Makassar, 13 September 2021  
 Ketua Ujian Sidang,

  
**Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.**  
 NIP 197202012001121002