

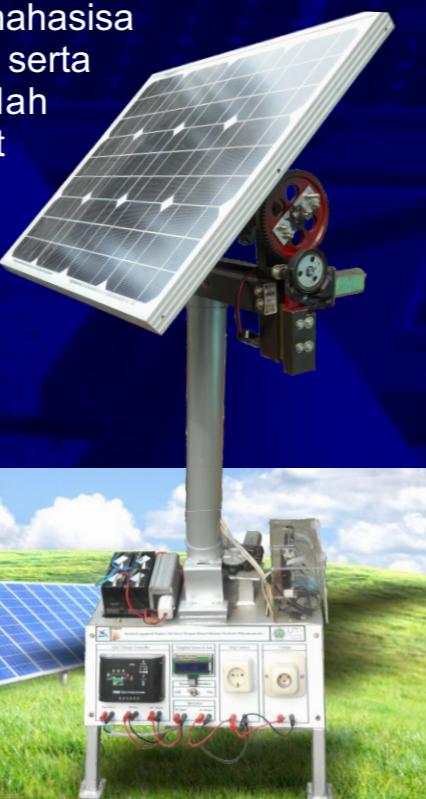
# MODUL PRAKTIKUM

## PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN ROTASI DINAMIS

UNTUK MAHASISWA

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan salah satu sub-bab bahasan materi dari mata kuliah Pembangkit Tenaga Listrik (PTEL 644) yang diajarkan pada mahasiswa prodi S1 Pendidikan Teknik Elektro. Dalam sistem ketenagalistrikan, sel surya merupakan salah satu energi terbarukan (*renewable energy*) yang sangat penting dengan beberapa keunggulannya. Mengingat urgensi membangun sistem pembangkit tenaga listrik yang terbarukan, sel surya menjadi bahasan yang harus dikuasai mahasiswa baik dari segi konsep maupun implementasi dalam bentuk hardware.

Modul Praktikum ini dirancang memberikan wawasan kepada mahasiswa pada saat proses praktikum. Dalam modul ini berisi kegiatan belajar yang memberikan informasi kepada mahasiswa tentang karakteristik dan prinsip kerja "Sel Surya" serta mempraktikkannya dalam lembar kerja yang telah disediakan. Dengan kegiatan belajar tersebut diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi untuk menganalisa hasil pengukuran sel surya pada sistem statis dan dinamis



ADHI BAGUS P

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN ROTASI DINAMIS

ADHI BAGUS PRIBADI  
NIM 120534431453

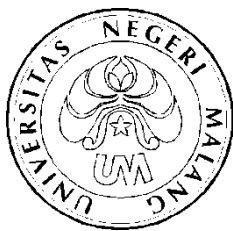
**MODUL PRAKTIKUM**  
**PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA**  
**DENGAN ROTASI DINAMIS**

UNTUK MAHASISWA

Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Negeri Malang  
2016

Pembimbing 1 : Dr. Eng. Siti Sendari, S.T., M.T.  
Pembimbing 2 : Yuni Rahmawati, S.T., M.T.

**MODUL PRAKTIKUM**  
**PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN**  
**ROTASI DINAMIS**



**Adhi Bagus Pribadi**

**120534431453**

**PEMBIMBING I : Dr. Eng. Siti Sendari, S.T., M.T.**

**PEMBIMBING II : Yuni Rahmawati, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS NEGERI MALANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO**  
**2016**

## **KATA PENGANTAR**

Modul dengan judul “**Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Rotasi Dinamis**” merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai modul praktikum mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang untuk membentuk salah satu bagian dari kompetensi mata kuliah Pembangkit Tenaga Listrik dan praktikumnya pada Program Keahlian S1 Pendidikan Teknik Elektro.

Dalam modul ini berisi kegiatan belajar yang memberikan informasi kepada mahasiswa tentang karakteristik dan prinsip kerja “**Sel Surya**” serta mempraktikannya dalam lembar kerja yang telah disediakan. Dengan kegiatan belajar tersebut diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi untuk menganalisa hasil pengukuran sel surya pada sistem statis dan dinamis.

Malang, April 2016

Adhi Bagus Pribadi

## **DAFTAR ISI**

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL .....	vi

### **PENDAHULUAN**

A. Matakuliah Pembangkit Tenaga Listrik .....	vii
B. Deskripsi Judul .....	vii
C. Prasyarat .....	viii
D. Petunjuk Penggunaan Modul.....	ix
E. Tujuan Pembelajaran .....	ix
F. Silabus Perkuliahan .....	x
G. Diagram Pencapaian Kompetensi.....	xii
H. Peta Kedudukan Modul .....	xiii
I. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran .....	xiv

### **PRAKTIKUM 1**

#### **Pengujian Arus Dan Tegangan Trainer Sel Surya Sistem Statis**

A. Tujuan .....	1
B. Dasar Teori .....	1
1. Sel Surya.....	1
2. <i>Solar Charge Controller</i> .....	3
3. <i>Inverter</i> .....	4
4. Baterai.....	6
C. Alat dan Bahan .....	7
D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).....	7
E. Langkah Percobaan.....	8
F. Hasil Percobaan .....	14
G. Analisa .....	14

H. Kesimpulan.....	15
I. Latihan Soal.....	16
 <b>PRAKTIKUM 2</b>	
<b>Pengujian Arus Dan Tegangan Trainer Sel Surya Sistem Dinamis</b>	
A. Tujuan.....	17
B. Dasar Teori .....	17
1. Prinsip Kerja Sistem Dinamis .....	17
2. RTC DS 1307 .....	18
3. Pengertian I2C .....	20
4. I2C Bus Event (Kondisi Start dan Stop).....	21
5. Sensor Kompas HMC5883L .....	22
6. Sensor Accelerometer MMA7361.....	22
C. Alat dan Bahan .....	23
D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).....	23
E. Langkah Percobaan.....	23
F. Hasil Percobaan .....	30
G. Analisa .....	30
H. Kesimpulan.....	31
I. Latihan Soal.....	31
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	32

## **DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1.1 Kurva tegangan dan arus sel surya terhadpa intensitas cahaya matahari .....	2
1.2 Kurva tegangan dan arus sel surya terhadap perubahan suhu .....	2
1.3 Skema <i>Solar Charge Controller</i> .....	3
1.4 Rangkaian Dasar Inverter dan Gelombang tegangan .....	4
1.5 Konstruksi Baterai .....	7
1.6 Skema Rangkaian .....	8
1.7 Pengukuran Tegangan Sel Surya.....	8
1.8 Pengukuran Tegangan pada Baterai .....	9
1.9 Pengukuran Arus Pengisian pada Baterai.....	10
1.10 Pengukuran Tegangan Keluaran DC .....	11
1.11 Pengukuran Tegangan AC Inverter .....	12
2.1 Skema prinsip kerja sistem dinamis trainer .....	17
2.2 Tampilan RTC DS1307 .....	18
2.3 Skema Rangkaian RTC DS1307 .....	19
2.4 Transfer data pada bus serial I2C .....	19
2.5 Konfigurasi komunikasi I2C .....	20
2.6 Sinyal Proses Transmisi MCU .....	21
2.7 Modul Sensor Kompas .....	22
2.8 Sensor Accelorometer dan Sumbu Kemiringan .....	22
2.9 Skema Rangkaian .....	23
2.10 Tampilan Saklar Toogle <i>Dynamic Rotation</i> .....	24
2.11 Pengukuran Tegangan Sel Surya.....	24
2.12 Pengukuran Tegangan pada Baterai .....	25
2.13 Pengukuran Arus Pengisian pada Baterai.....	26
2.14 Pengukuran Tegangan Keluaran DC .....	27
2.15 Pengukuran Tegangan AC Inverter .....	28

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1.1 Skenario Pembelajaran .....	xv
1.2 Pengukuran Tegangan Sel Surya .....	9
1.3 Pengukuran Tegangan pada Baterai .....	10
1.4 Pengukuran Arus Pengisian pada Baterai.....	11
1.5 Pengukuran Tegangan Keluaran.....	12
1.6 Pengukuran Tegangan AC <i>Inverter</i> .....	13
1.7 Data Hasil Praktikum Trainer Sel Surya Sistem Statis .....	14
2.1 Pengukuran Tegangan Sel Surya.....	25
2.2 Pengukuran Tegangan pada Baterai .....	26
2.3 Pengukuran Arus Pengisian pada Baterai.....	27
2.4 Pengukuran Tegangan Keluaran.....	28
2.5 Pengukuran Tegangan AC <i>Inverter</i> .....	29
2.6 Data Hasil Praktikum Trainer Sel Surya Sistem Dinamis .....	30

## Pendahuluan

### A. Matakuliah Pembangkit Tenaga Listrik

Mata kuliah Pembangkit Tenaga Listrik merupakan salah satu matakuliah pilihan Konsentrasi Sistem Tenaga Listrik yang ada di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang dengan kode matakuliah PTEL 644, 2 SKS, 2 JS dan prasyarat sebelum mengambil matakuliah ini yakni PTEL 642 (Katalog Jurusan Teknik Elektro FT UM, 2014: 105). Kompetensi pada matakuliah ini yakni: (1) Mengidentifikasi keselamatan kerja dalam pekerjaan operasi pembangkit tenaga listrik; (2) mempersiapkan alat dan bahan untuk pekerjaan pengujian, perawatan dan perbaikan pembangkit tenaga listrik; (3) mengidentifikasi potensi sumber energi primer; (4) mengidentifikasi diversifikasi energi dan sumber energi alternatif; (5) mengidentifikasi dasar-dasar pembangkitan tenaga listrik; (6) mengidentifikasi jenis-jenis pembangkit tenaga listrik; (7) mengidentifikasi prosedur operasi pembangkit dan penjadwalan daya, pengaturan daya pengaturan capacitive power, pengaturan tegangan, pengaturan frekuensi; (8) mengidentifikasi proses manuver pembangkit dan hostload; (9) mengidentifikasi sistem informasi dalam operasi pembangkit; (10) mengidentifikasi gangguan dan proses recovery; (11) mengidentifikasi perubahan daya dan optimasi daya pembangkit; (12) menganalisa biaya dan manajemen pembangkitan. Tujuan dari matakuliah ini yaitu memberi pemahaman dan pengetahuan kepada mahasiswa tentang peraturan pembangkit, potensi energi, jenis-jenis pembangkit dan operasional pembangkit.

### B. Deskripsi Judul

Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Rotasi Dinamis merupakan salah satu pengembangan bahan ajar yang dapat digunakan pengajar sebagai acuan praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Rotasi Dinamis dirancang untuk mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang. Modul ini mendukung kompetensi mata kuliah Pembangkit Tenaga Listrik pada Program Keahlian S1 Pendidikan Teknik Elektro.

Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Rotasi Dinamis merupakan modul kegiatan belajar yang berkaitan dengan pengukuran arus, tegangan, dan daya keluaran trainer sel surya dengan 2 mode yaitu mode statis dan mode dinamis.

Mode Statis adalah mode yang dipakai dalam pengukuran arus, tegangan dan daya pada trainer sel surya pada keadaan diam, jadi trainer tersebut tidak mengikuti pergerakan mataharianya.

Sedangkan Mode Dinamis adalah mode yang dipakai dalam pengukuran arus, tegangan dan daya pada trainer sel surya dengan kemampuan untuk mengikuti pergerakan matahari. Bagian terakhir merupakan tahap analisis untuk membandingkan hasil pengukuran mode statis dan mode dinamis. Jadi akan terlihat perbedaan antara arus, tegangan dan daya pada kedua mode tersebut.

Setelah mengerjakan modul ini, diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi untuk menjelaskan, merangkai, menguji dan menganalisa tentang sifat dan karakteristik pembangkit listrik tenaga surya. Dalam rangka penguasaan kompetensi tersebut, modul ini dijabarkan agar mahasiswa dapat mengidentifikasi bagian-bagian trainer, menjelaskan prinsip kerja trainer, menganalisa hasil pengukuran pada trainer, dan membandingkan hasil optimasi daya pada trainer.

### C. Prasyarat

Syarat teknis untuk melaksanakan praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Rotasi Dinamis sesuai katalog Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang Tahun 2014 merupakan matakuliah pilihan Konsentrasi Sistem Tenaga Listrik, agar dapat menempuh mata kuliah tersebut, mahasiswa harus sudah menempuh mata kuliah prasyarat dibawah ini:

- Mahasiswa telah menempuh mata kuliah Dasar Konversi Energi Listrik (PTEL 628)
- Mahasiswa telah menempuh mata kuliah Mesin-mesin Listrik (PTEL 642)
- Mahasiswa telah menempuh mata kuliah Mikroprosesor (PTEL 620)

## **D. Petunjuk Penggunaan Modul**

### **1. Petunjuk Bagi Mahasiswa**

Mahasiswa diharapkan dapat berperan aktif dan berinteraksi dengan modul yang digunakan, karena itu harus memperhatikan hal-hal berikut:

- Pastikan tempat sekitar praktikum aman dari sengatan listrik
- Persiapkan alat dan bahan yang akan dipraktekan melalui laboran
- Bacalah dengan seksama uraian materi pada setiap kegiatan belajar pada modul yang tersedia
- Cermatilah langkah-langkah kerja pada setiap kegiatan belajar yang ada pada modul sebelum mengerjakan, bila belum jelas tanyakan pada Dosen Pembina atau Asisten Praktikum
- Rangkailah komponen sesuai kegiatan belajar yang dilaksanakan
- Jangan menghubungkan alat ke sumber tegangan secara langsung sebelum disetujui oleh dosen
- Kembalikan semua peralatan praktik yang digunakan bila telah selesai praktikum

## **E. Tujuan Pembelajaran**

Memberikan pengetahuan dan keterampilan pada mahasiswa, terutama yang berkenaan dengan pembangkit listrik tenaga surya sehingga mahasiswa dapat mengidentifikasi bagian-bagian dan fungsi trainer, menjelaskan prinsip kerja trainer, menganalisa hasil pengukuran pada trainer, dan membandingkan hasil optimasi daya pada trainer.

## **F. Silabus Perkuliahan**

Silabus modul praktikum mengacu standar katalog Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang tahun 2014.

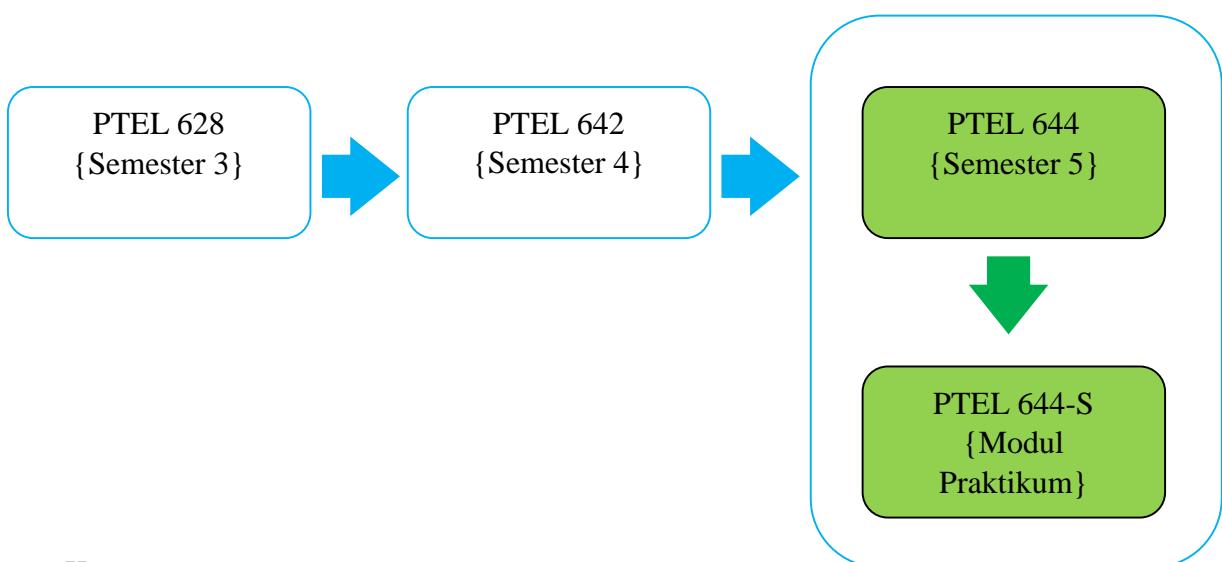
<b>PTEL 644 PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK</b>	<b>2 SKS 2 JS</b>
<b>Prasyarat : PTEL 642</b>	
<b>Standar Kompetensi:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Mengidentifikasi peraturan pembangkit, potensi energi, jenis-jenis pembangkit dan operasional pembangkit.</li><li>➤ Menjelaskan tentang pembangkit tenaga listrik</li><li>➤ Menguji operasi pembangkit tenaga listrik</li><li>➤ Menganalisa karakteristik pembangkit tenaga listrik</li></ul> <b>Kompetensi:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Menelaah keselamatan kerja dalam pekerjaan operasi pembangkit tenaga listrik</li><li>2. Memprediksi alat dan bahan untuk pekerjaan pengujian, perawatan dan perbaikan pembangkit tenaga listrik</li><li>3. Menelaah potensi sumber energi primer.</li><li>4. Menelaah diversifikasi energi dan sumber energi alternatif</li><li>5. Menganalisis dasar-dasar pembangkitan tenaga listrik</li><li>6. Membandingkan jenis-jenis pembangkit tenaga listrik</li><li>7. Menelaah prosedur operasi pembangkit dan penjadwalan daya: pengaturan daya, pengaturan <i>capasitive power</i>, pengaturan tegangan, pengaturan frekuensi</li><li>8. Menganalisis proses manuver pembangkit dan load</li><li>9. Menganalisis sistem informasi dalam operasi pembangkit</li><li>10. Menganalisi gangguan dan proses <i>recovery</i></li><li>11. Menganalisis perubahan daya dan optimasi daya pembangkit</li><li>12. Menganalisis biaya dan manajemen pembangkitan</li></ol>	

**Daftar Pustaka:**

- [1] PLN. 2002. *Pembangkit Tenaga Listrik*. Jakarta. PLN
- [2] PLN. 2003. *Island Operation*. Jakarta. PLN
- [3] PLN. 2003. *OPHAR*. Jakarta. PLN
- [4] PLN. 2003. *RUPTL 2004-2013*. Jakarta. PLN
- [5] Sigalingging, K. 1994. *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Bandung: Tarsito
- [6] Wiesman. 1985. *Modern Power Plant Engineering*. USA. Prentice Hall
- [7] Singsh, S. N. 2004. *Electric Power Generation Tranmission and Distribution*. New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd
- [8] Grigsby, Leonard L. 2007. *Electric Power Generation, Transmission, and Distribution (Electic Power Engineering Book)*. New York: CRC
- [9] Barnett, Dave Barnett dan Bjornsgaard, Kirk. 2000. California: Pennwwll Books

## **G. Diagram Pencapaian Kompetensi**

Modul praktikum “**Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Rotasi Dinamis**” merupakan modul yang terdapat dalam matakuliah Pembangkit Tenaga Listrik dengan kode PTEL 644, sehingga



Keterangan:

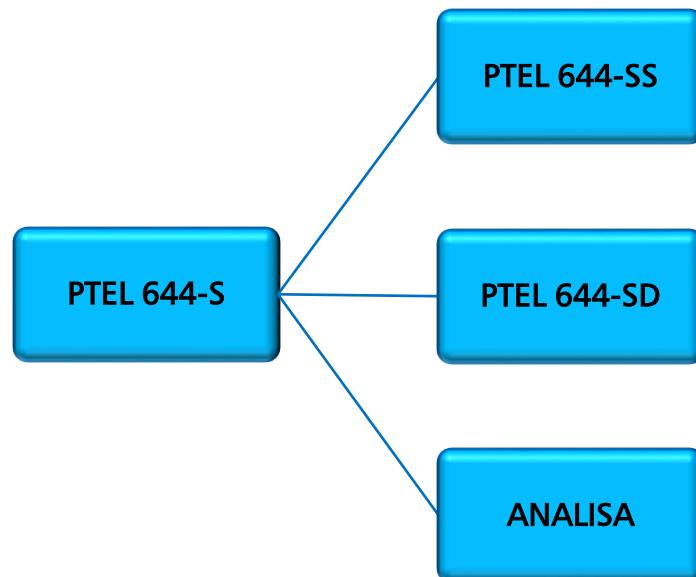
PTEL 628 : Dasar Konversi Energi Listrik

PTEL 642 : Mesin-mesin Listrik

PTEL 644 : Pembangkit Tenaga Listrik

PTEL 644-S : Praktikum Sel Surya dengan Rotasi Dinamis

## **H. Peta Kedudukan Modul**



Keterangan:

PTEL 644-SS : Modul Sel Surya Sistem Statis

PTEL 644-SD : Modul Sel Surya Sistem Dinamis

ANALISA : Menganalisa hasil pengujian trainer dalam dua mode

Kompetensi PTEL 644-SS :

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi bagian-bagian dan fungsi trainer
2. Mahasiswa mampu mengukur arus dan tegangan pada trainer sel surya pada sistem statis
3. Mahasiswa mampu menganalisa hasil pengukuran sel surya pada sistem statis

Kompetensi PTEL 644-SD :

1. Mahasiswa mampu mengoperasikan trainer pada sistem dinamis
2. Mahasiswa mampu mengukur arus dan tegangan pada trainer sel surya pada sistem dinamis
3. Mahasiswa mampu menganalisa hasil pengukuran sel surya pada sistem dinamis

## **I. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran**

Skenario pembelajaran yang digunakan saat praktikum pembangkit listrik tenaga surya dengan rotasi dinamis seperti pada Tabel 1.1

### **RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP) TAHUN AJARAN 2015/2016**

<b>Satuan Pendidikan</b>	<b>:</b> Universitas Negeri Malang
<b>Mata Kuliah</b>	<b>:</b> Pembangkit Tenaga Listrik
<b>Program Studi</b>	<b>:</b> S1 Pendidikan Teknik Elektro
<b>Semester</b>	<b>:</b> 5
<b>Materi Pokok</b>	<b>:</b> Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya
<b>Alokasi waktu</b>	<b>:</b> 100 Menit

#### **1. Kompetensi Dasar**

- Mengidentifikasi bagian-bagian trainer
- Menjelaskan prinsip kerja trainer
- Menganalisa hasil pengukuran pada trainer
- Membandingkan hasil optimasi arus dan tegangan pada trainer.

#### **2. Tujuan**

- Mahasiswa mampu mengidentifikasi bagian-bagian trainer sel surya
- Mahasiswa mampu menjelaskan prinsip kerja trainer sel surya
- Mahasiswa mampu menganalisa hasil pengujian pada trainer sel surya
- Mahasiswa mampu membandingkan hasil optimasi arus dan tegangan pada trainer sel surya

**Tabel 1.1 Skenario Pembelajaran**

Kegiatan	Langkah-langkah Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan		Alokasi Waktu (Menit)
		Kegiatan Pembelajaran Dosen	Kegiatan Pembelajaran Mahasiswa	
<b>Pendahuluan</b>	<b>Salam</b>	Dosen memberi salam dengan sopan santun dan lembut	Peserta didik menjawab salam dengan sopan santun dan lembut	<b>5</b>
	<b>Berdoa</b>	Dosen meminta ketua kelas untuk memimpin berdo'a dan guru ikut serta dalam berdo'a dengan tertib dan khusyuk	Ketua kelas memimpin berdo'a dengan tertib dan khusyuk	
	<b>Presensi</b>	Dosen mempresensi siswa dengan aman, tertib serta dipanggil satu persatu dengan tertib dan aman	Mahasiswa yang merasa dipanggil akan unjuk jari dengan tertib dan aman	
	<b>Apresiasi</b>	Dosen memberikan motivasi kepada mahasiswa tentang gambaran pentingnya mempelajari materi pembangkit listrik tenaga surya	Mahasiswa mendengarkan dan memperhatikan penjelasan dari guru secara tertib	
	<b>Pertanyaan Terkait</b>	Dosen mengadakan tanya jawab kondisi siswa, seputar hal-hal yang telah dipelajari	Mahasiswa bertanya dan menjawab kondisi siswa, seputar hal-hal yang telah, atau akan dipelajari.	
	<b>Menyampaikan Tujuan</b>	Dosen menyampaikan tujuan pembelajaran atau kompetensi dasar yang akan dicapai	Mahasiswa mendengarkan dan memperhatikan penjelasan dari dosen secara tertib	

**Tabel 1.1 Skenario Pembelajaran**

Kegiatan	Langkah-langkah Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan		Alokasi Waktu (Menit)
		Kegiatan Pembelajaran Dosen	Kegiatan Pembelajaran Mahasiswa	
<b>Kegiatan Inti</b>	<b>Kajiann Literatur</b>	Dosen menjelaskan materi singkat tentang pembangkit listrik tenaga surya	Mahasiswa melakukan kajian teoritis tentang pembangkit listrik tenaga surya	5
		Dosen menanyakan kepada mahasiswa seputar kesulitan tentang penjelasan pembangkit listrik tenaga surya	Mahasiswa bertanya seputar kesulitan tentang pembangkit listrik tenaga surya	
	<b>Membentuk Kelompok</b>	Dosen membimbing dan memantau mahasiswa dalam pembentukan kelompok,	Mahasiswa diminta untuk membentuk kelompok dalam satu kelas berjumlah 3 kelompok besar	75
	<b>Mahasiswa Bekerjasama dalam Kelompok Untuk Praktikum</b>	Dosen menginstruksikan kepada tiap-tiap kelompok untuk memulai praktikum menggunakan trainer sel surya	Masing-masing kelompok praktek bergantian untuk menguji hasil arus dan tegangan pada trainer sel surya	10
	<b>Mempresentasikan Perolehan Hasil Praktikum</b>	Dosen meminta mahasiswa sebagai perwakilan kelompok untuk menyampaikan hasil yang telah dipraktikumkan	Mahasiswa mewakili kelompoknya untuk menyampaikan hasil diskusi didepan kelas dengan sopan dan santun	
	<b>Penilaian</b>	Dosen menilai tiga aspek pada mahasiswa, ranah kognitif, ranah afektif, dan ranah psikomotorik	Mahasiswa mengkondisikan dengan tertib	

**Tabel 1.1 Skenario Pembelajaran**

Kegiatan	Langkah-langkah Model Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan		Alokasi Waktu (Menit)
		Kegiatan Pembelajaran Dosen	Kegiatan Pembelajaran Mahasiswa	
<b>Penutup</b>	<b>Refleksi</b>	Dosen melakukan refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilakukan dengan memberi kesimpulan perwakilan satu mahasiswa dari pembelajaran serta menunjukkan hasil penguasaan belajar mahasiswa selama proses pembelajaran	Mahasiswa menyimpulkan materi yang telah dipelajari dengan dibantu oleh Dosen	<b>5</b>
	<b>Berdo'a</b>	Dosen meminta ketua kelas untuk mengakhiri pelajaran, dengan berdo'a	Ketua kelas memimpin do'a dan diikuti oleh mahasiswa lainnya sesuai dengan keyakinannya masing-masing	
	<b>Salam Penutup</b>	Dosen mengakhiri kegiatan pembelajaran dan mengucapkan salam dengan baik, sopan santun dan lembut.	Mahasiswa mengakhiri kegiatan pembelajaran dan menjawab salam dengan sopan santun dan lembut	
<b>JUMLAH ALOKASI WAKTU</b>				<b>100</b>

# PRAKTIKUM 1

## PENGUJIAN ARUS DAN TEGANGAN *TRAINER SEL SURYA*

### SISTEM STATIS

#### A. Tujuan

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi bagian-bagian dan fungsi *trainer*
2. Mahasiswa mampu mengukur arus dan tegangan pada *trainer* sel surya pada sistem statis
3. Mahasiswa mampu menganalisa hasil pengukuran sel surya pada sistem statis

#### B. Dasar Teori

##### 1. Sel Surya

Sel surya fotovoltaik merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya sel tersebut merupakan suatu dioda semikonduktor yang bekerja menurut suatu proses khusus yang dinamakan proses tidak seimbang (*non-equilibrium process*) dan berlandaskan efek (*photovoltaic effect*).

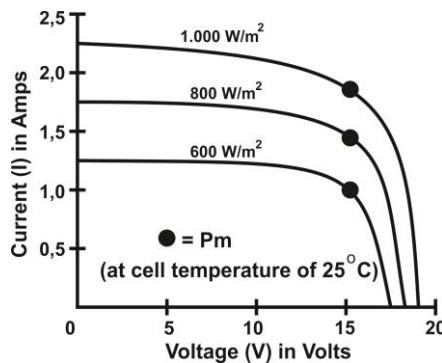
Sel surya atau biasa disebut juga sel fotovoltaik merupakan suatu P-N junction dari silikon kristal tunggal. Dengan menggunakan *photo-electric effect* dari bahan semikonduktor sehingga dapat mengumpulkan radiasi surya dan mengkonversinya menjadi energi listrik. Energi listrik hasil dari sel surya tersebut berupa arus DC dan bisa langsung digunakan atau bisa juga menggunakan baterai sebagai sistem penyimpan sehingga dapat digunakan pada saat dibutuhkan terutama pada malam hari.

Beberapa karakteristik penting sel surya terdiri dari tegangan open circuit (Voc), arus hubungan singkat (Isc), efek perubahan intensitas cahaya matahari efek perubahan temperatur serta karakteristik tegangan-arus pada sel surya.

Tegangan open circuit (Voc) adalah tegangan yang dibaca pada saat arus tidak mengalir atau bisa disebut juga arus sama dengan nol. Cara untuk mencapai open circuit (Voc) yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan kutub negatif modul surya dengan voltmeter, sehingga akan terlihat nilai tegangan open circuit sel surya pada voltmeter.

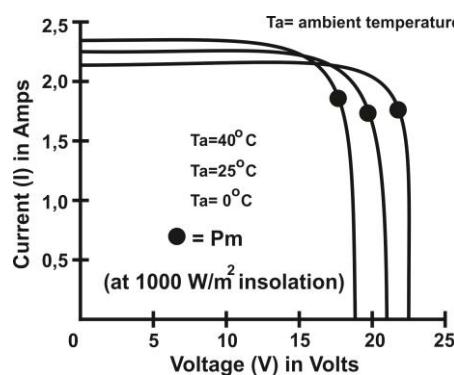
Arus short circuit ( $I_{sc}$ ) adalah arus maksimal yang dihasilkan oleh modul sel surya dengan cara menge-short-kan kutub positif dengan kutub negatif pada modul surya. Dan nilai  $I_{sc}$  akan terbaca pada amperemeter. Arus yang dihasilkan modul surya dapat menentukan seberapa cepat modul tersebut mengisi sebuah baterai. Selain itu, arus dari modul surya juga menentukan daya maksimum dari alat yang digunakan.

Efek perubahan intensitas cahaya matahari terjadi apabila jumlah energi cahaya matahari yang diterima sel surya berkurang atau intensitas cahayanya melemah, lihat pada Gambar 1.1, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya



**Gambar 1.1 Kurva tegangan dan arus sel surya terhadap intensitas cahaya matahari**  
(Sumber: Satwiko, 2012)

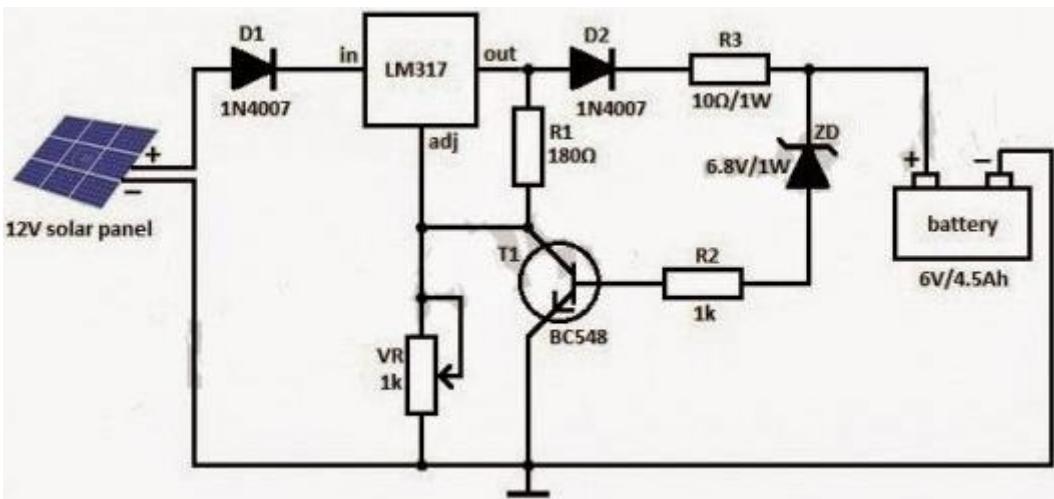
Efek perubahan suhu pada Sel Surya. Sel surya akan bekerja secara optimal pada suhu konstan yaitu  $25^{\circ} C$ . Jika suhu disekitar sel surya meningkat melebihi  $25^{\circ} C$ , maka akan mempengaruhi *fill factor* sehingga tegangan akan berkurang seperti pada Gambar 1.2. Selain itu, efisiensi sel surya juga akan menurun beberapa persen. Sedangkan sebaliknya, arus yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pada Sel Surya.



**Gambar 1.2 Kurva Tegangan Dan Arus Sel Surya Terhadap Perubahan Suhu**  
(Sumber: Satwiko, 2012)

## 2. Solar Charge Controller

Proses pengisian arus listrik dengan Sel Surya ke baterai tidak sama dengan pengisi baterai konvensional (*battery charger*) yang menggunakan listrik. Hal ini disebabkan karena arus listrik yang dihasilkan Sel Surya bisa besar, bisa juga kecil tergantung dari peninjauan/radiasi matahari. Proses pengisian akan berlangsung selama ada radiasi matahari, tidak melihat apakah baterai tersebut sudah penuh atau belum. Tampilan skema rangkaian *Solar Charge Controller* terlihat pada Gambar 1.3



Gambar 1.3 Skema Solar Charge Controller  
(Sumber: [www.panelsurya.com](http://www.panelsurya.com))

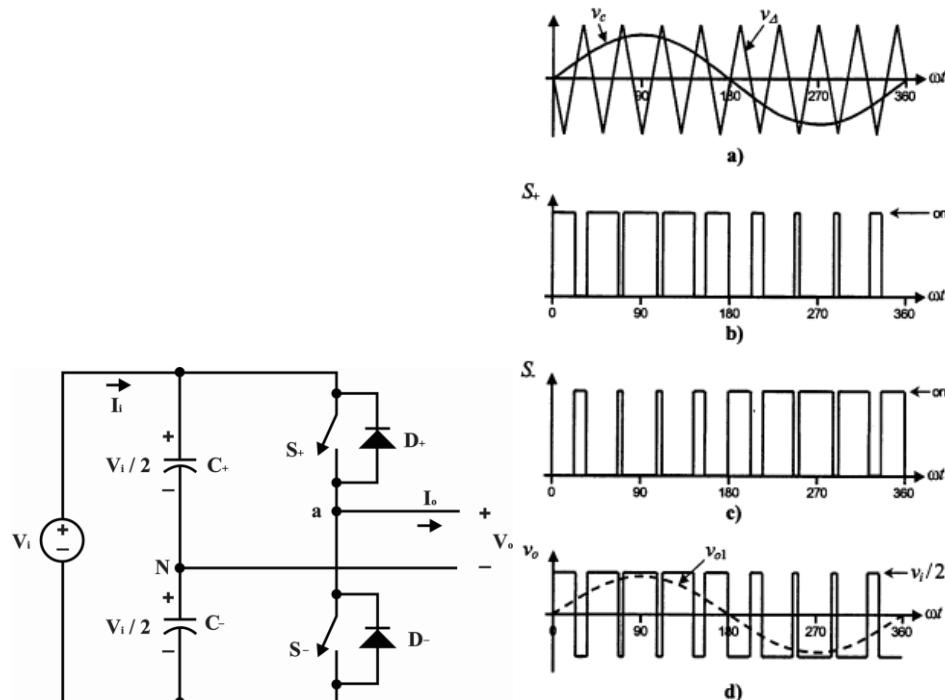
Sebagaimana diuraikan diatas hal ini bisa membahayakan dan mempercepat kerusakan baterai. Oleh karena itu, diperlukan alat yang mampu mengendalikan baik pengisian arus listrik kedalam baterai ketika baterai sudah penuh, maupun menghentikan pengurasan listrik dari baterai pada saat baterai telah kosong.

Fungsi *Solar Charge Controller*:

- Mengatur transfer energi dari modul PV → baterai → beban, secara efisien dan semaksimal mungkin
- Mencegah baterai dari pengisian arus listrik dan pengeluaran arus listrik dari baterai secara berlebih
- Membatasi daerah tegangan kerja baterai
- Menjaga/ memperpanjang umur baterai
- Mencegah beban berlebih dan hubung singkat
- Melindungi dari kesalahan polaritas terbalik
- Memberikan informasi kondisi sistem pada pemakai

### 3. Inverter

*Inverter* adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). *Output* suatu *Inverter* dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan *input Inverter* dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. *Inverter* dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformer. Rangkaian dasar *inverter* setengah jembatan satu fasa dengan beban resitif dan bentuk gelombangnya dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Rangkaian Dasar *Inverter* Dan Gelombang Tegangan Masukan Dan Keluaran  
*Inverter*: (a) Sinyal Carrier Dan Modulasi; (b) Kondisi Pensaklaran  $S_+$ ; (c) Kondisi Pensaklaran  $S_-$ ;  
(d) Sinyal Keluaran AC (Sumber: Rashid, 2001)

Pada Gambar 1.4 diperlukan dua buah kapasitor untuk menghasilkan titik Netral agar tegangan pada setiap kapasitor  $V_i/2$  dapat dijaga konstan. Sakelar  $S_+$  dan  $S_-$  mempresentasikan sakelar elektronis yang mencerminkan komponen semikonduktor daya. Sakelar  $S_+$  dan  $S_-$  tidak boleh bekerja secara serempak/simultan karena akan terjadi hubung singkat rangkaian.

Kondisi ON dan OFF dari sakelar  $S_+$  dan  $S_-$  ditentukan dengan teknik modulasi, dalam hal ini menggunakan prinsip PWM. Prinsip PWM dalam rangkaian ini

membandingkan antara sinyal modulasi  $V_c$  (dalam hal ini tegangan bolak-balik luaran yang diharapkan) dengan sinyal pembawa dengan bentuk gelombang gigi gergaji ( $V_\Delta$ ). Secara praktis, jika  $V_c > V_\Delta$  maka sakelar S+ akan ON dan sakelar S- akan OFF, dan jika  $V_c < V_\Delta$  maka sakelar S+ akan OFF dan sakelar S- akan ON.

Untuk menghasilkan tegangan luaran ( $V_o$ ) satu fasa, terdapat tiga kondisi jika sakelar S+ dan S- dioperasikan sebagaimana ditunjukkan tabel berikut:

Kondisi Ke-	Kondisi	$V_o$	Komponen yang Aktif
1	S+ On dan S- Off	$V_i/2$	$S_+$ jika $i_o > 0$ $D_+$ jika $i_o < 0$
2	S+ Off dan S- On	$-V_i/2$	$D_-$ jika $i_o > 0$ $S_-$ jika $i_o < 0$
3	S+ Off dan S- Off	$-V_i/2$ $V_i/2$	$D_-$ jika $i_o > 0$ $D_+$ jika $i_o < 0$

### Jenis Inverter

Ada beberapa jenis *inverter* yang berkembang hingga saat ini antara lain

a) *Square Sine Wave Inverter*

*Square sine wave inverter* adalah tipe *inverter* yang menghasilkan *output* gelombang persegi, jenis *inverter* ini tidak cocok untuk beban AC tertentu seperti motor induksi atau transformer, selain tidak dapat bekerja, *square sine wave* dapat merusak peralatan tersebut.

b) *Modified Sine Wave Inverter*

*Modified sine wave inverter* adalah tipe *inverter* yang menghasilkan *output* gelombang persegi yang disempurnakan/persegi yang merupakan kombinasi antara *square wave* dan *sine wave*. *Inverter* jenis ini masih dapat menggerakkan perangkat yang menggunakan kumparan, hanya saja tidak maksimal serta faktor *energy-loss* yang masih cukup besar.

c) *Pure Sine Wave Inverter*

*Pure sine wave inverter* adalah jenis *inverter* yang menghasilkan *output* gelombang sinus murni setara PLN. *Inverter* jenis ini diperlukan terutama untuk beban-beban yang menggunakan kumparan induksi agar bekerja lebih mudah, lancar, dan tidak cepat panas.

d) *Grid Tie Inverter*

*Grid tie inverter* adalah jenis spesial *inverter* yang dirancang untuk memasukkan arus listrik ke sistem distribusi tenaga listrik yang sudah ada,

misalkan PLN/Genset. *Inverter* tersebut harus disinkronkan dengan frekuensi grid yang sama, biasanya berisi satu atau lebih fitur *maximum power point tracking* untuk konversi jumlah maksimum daya yang tersedia, dan juga termasuk fitur proteksi keselamatan.

#### 4. Baterai

Baterai adalah alat penyimpan tenaga listrik arus searah (DC). Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk *automotif*, *marine* dan *deep cycle*. *Deep cycle* itu meliputi b baterai yang biasa digunakan untuk PV (*Photovoltaic*) dan *back up power*. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Battery jenis AGM biasanya juga dikenal dgn VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*).

Baterai kering *Deep Cycle* juga dirancang untuk menghasilkan tegangan yang stabil dan konsisten. Penurunan kemampuannya tidak lebih dari 1-2% per bulan tanpa perlu di-charge. Bandingkan dengan baterai konvensional yang bisa mencapai 2% per minggu untuk *self discharge*. Konsekuensinya untuk *charging* pengisian arus ke dalam baterai *Deep Cycle* harus lebih kecil dibandingkan baterai konvensional sehingga butuh waktu yang lebih lama untuk mengisi muatannya. Antara tipe gel dan AGM hampir mirip hanya saja baterai AGM mempunyai semua kelebihan yang dimiliki tipe gel tanpa memiliki kekurangannya. Kekurangan tipe Gel adalah pada waktu *discharge* maka tegangannya harus 20% lebih rendah dari baterai tipe AGM ataupun basah. Bila *overcharge* maka akan timbul rongga di dalam gelnya yg sulit diperbaiki sehingga berkurang kapasitas muatannya.

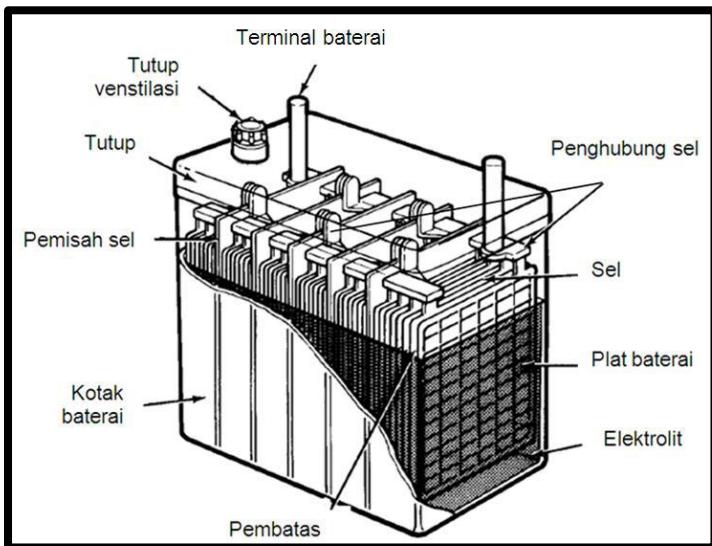
Karena tidak ada cairan yang dapat membeku maupun mengembang, membuat baterai *Deep Cycle* tahan terhadap cuaca ekstrim yang membekukan. Itulah sebabnya mengapa pada cuaca dingin yang ekstrim, kendaraan yang menggunakan baterai konvensional tidak dapat *start* alias mogok.

Ada 2 rating untuk baterai yaitu CCA dan RC.

- CCA (*Cold Cranking Ampere*) menunjukkan seberapa besar arus yang dapat dikeluarkan serentak selama 30 detik pada titik beku air yaitu 0° Celcius.

- RC (*Reserve Capacity*) menunjukkan berapa lama (dalam menit) baterai tersebut dapat menyalurkan arus sebesar 25A sambil tetap menjaga tegangannya di atas 10,5 Volt.

Baterai *Deep Cycle* mempunyai 2-3 kali lipat nilai RC dibandingkan baterai konvensional. Umur baterai AGM rata-rata antara 5-8 tahun. Konstruksi pada baterai dapat dilihat pada Gambar 1.5



**Gambar 1.5 Konstruksi Baterai**  
(Sumber: Datasheet)

### C. Alat dan Bahan

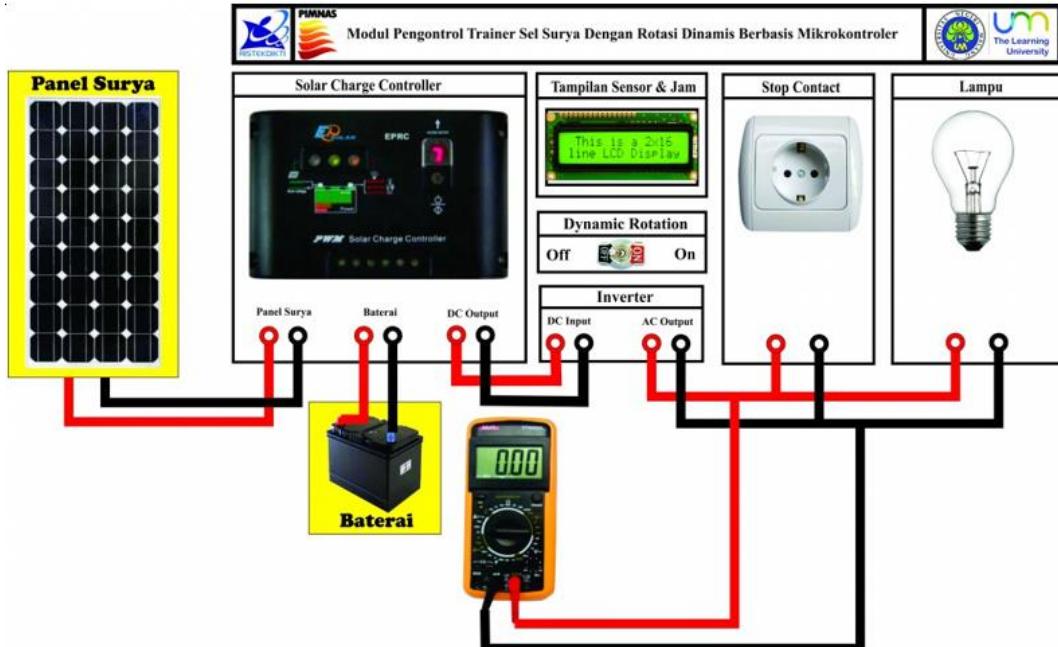
- |  |         |
|--|---------|
| 1. Trainer Sel Surya dengan Rotasi Dinamis | 1 unit  |
| 2. AVO Meter Digital                       | 2 unit  |
| 3. Kabel jumper                            | 10 buah |

### D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

1. Kondisi tangan sebelum praktikum harus dalam kondisi kering!
2. Pastikan belum ada sumber listrik pada *trainer* sebelum memulai praktikum
3. Pastikan bagian-bagian *trainer* terhubung dengan baik dan benar
4. Gunakanlah peralatan praktikum sesuai fungsinya!
5. Dalam menyusun rangkaian, perhatikan letak penempatan blok!
6. Ambil skala terbesar terlebih dahulu pada alat ukur ketika mengukur arus maupun tegangan untuk menghindari kerusakan

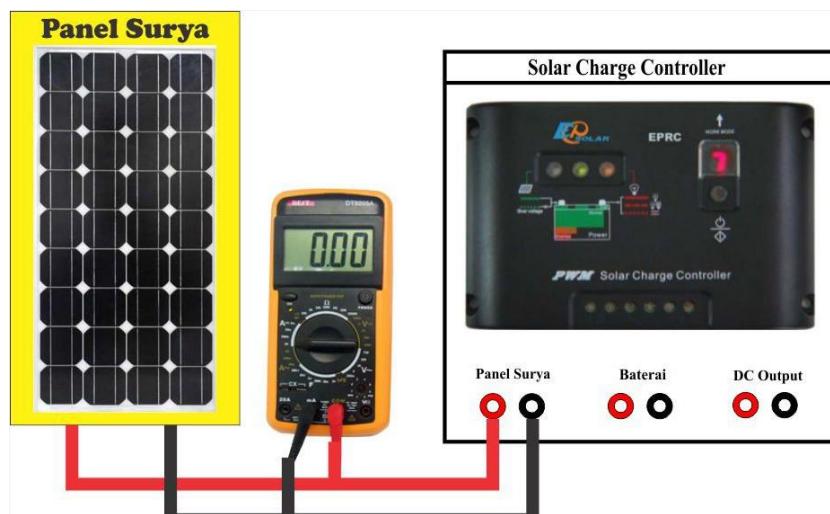
### E. Langkah Percobaan

1. Tempatkan *trainer* di luar ruangan yang terdapat sinar matahari langsung!
2. Siapkan peralatan praktikum yang akan digunakan
3. Pasanglah kabel *jumper* seperti pada Gambar 1.6



Gambar 1.6 Skema Rangkaian

4. Konsultasikan ke dosen atau asisten praktikum terkait pengakabelan, apabila sudah di setujui mulailah praktikum
5. Letakkan *trainer* pada posisi tersinari matahari sekitar ±15 Menit
6. Ukurlah tegangan Sel Surya pada Blok “**Solar Charge Controller**” di port yang bertuliskan **Sel Surya**. Seperti pada Gambar 1.7



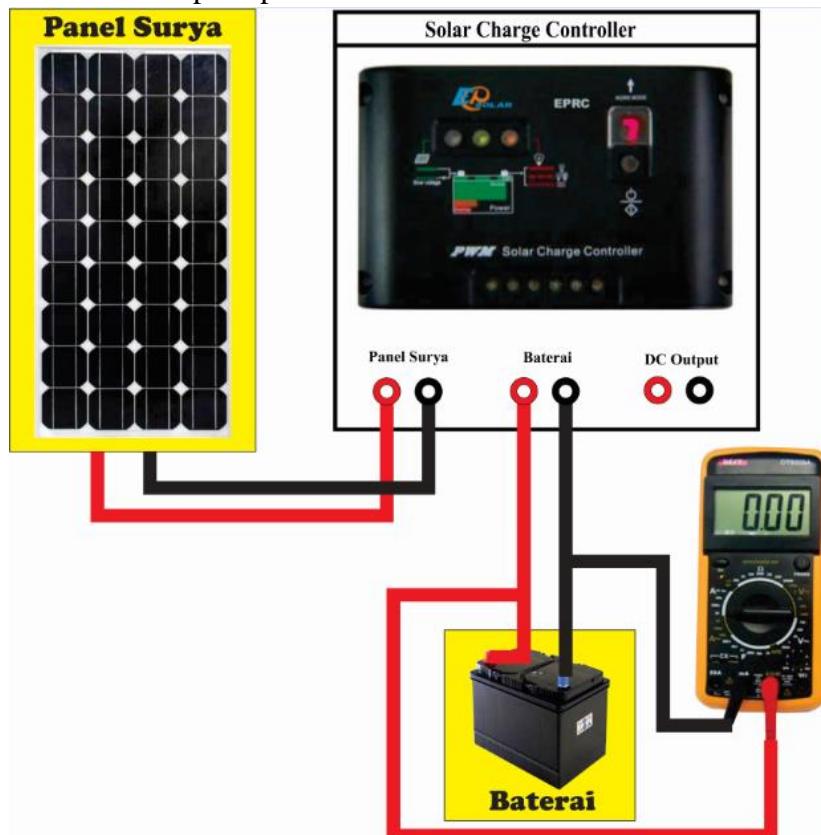
Gambar 1.7 Pengukuran Tegangan Sel Surya

7. Catat hasil pengukuran tegangan sel surya yang diperoleh pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Pengukuran Tegangan Sel Surya

Jam Setiap (15 menit)	Tegangan Sel Surya (Volt)

8. Ukurlah Tegangan Baterai pada Blok “**Solar Charge Controller**” di port yang bertuliskan Baterai. Seperti pada Gambar 1.8.



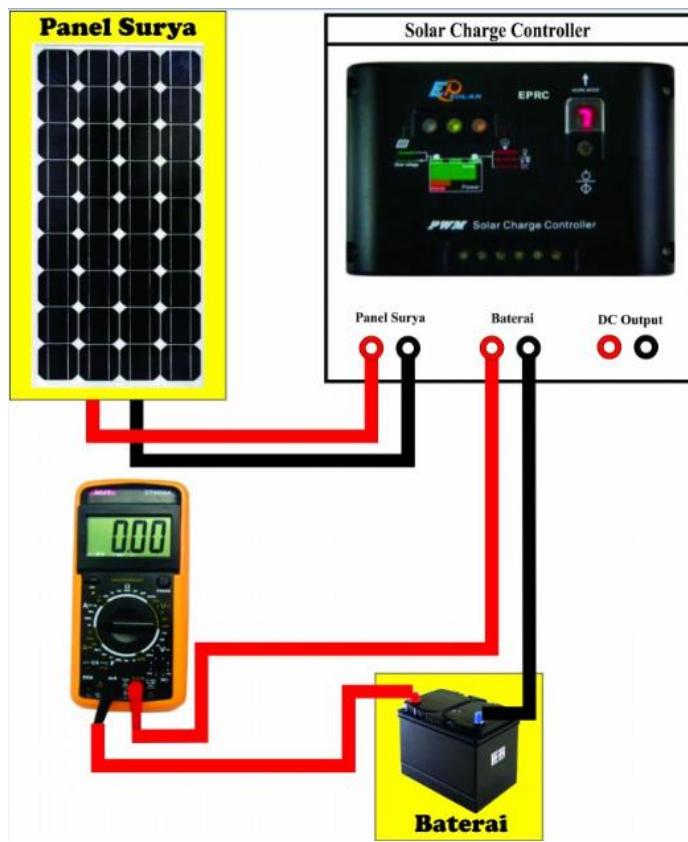
Gambar 1.8 Pengukuran Tegangan pada Baterai

9. Catat data hasil pengukuran tegangan pada baterai dalam Tabel 1.3

Tabel 1.3 Pengukuran Tegangan Pada Baterai

Jam Setiap (15 menit)	Tegangan pada Baterai (Volt)

10. Ukurlah Arus Pengisian Pada Baterai pada Blok “**Solar Charge Controller**” di port yang bertuliskan **Baterai**. Seperti pada Gambar 1.9.



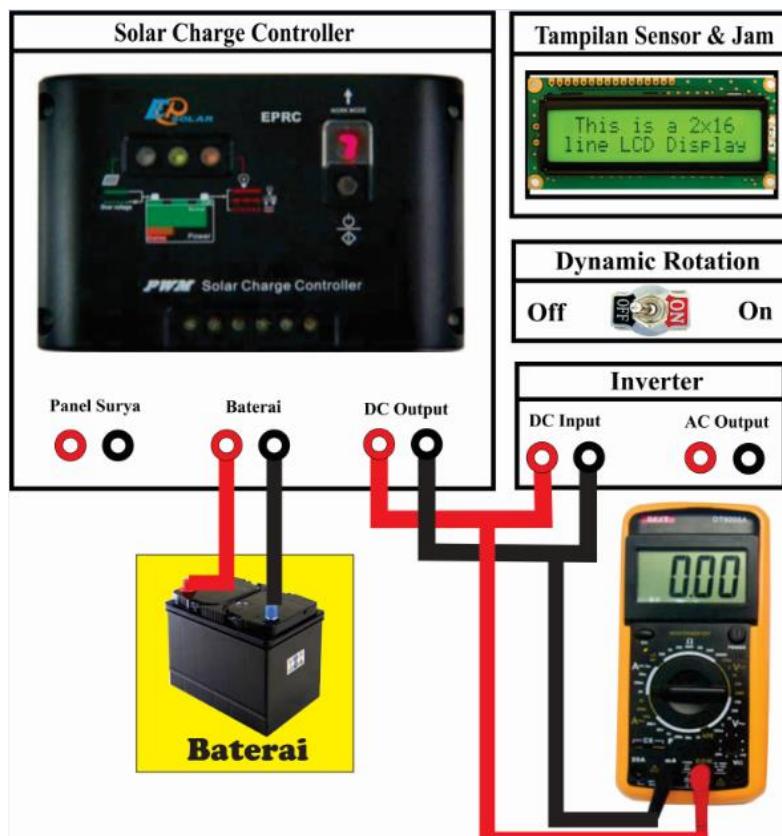
Gambar 1.9 Pengukuran Arus Pengisian pada Baterai

11. Catat data hasil pengukuran arus pengisian pada baterai dalam Tabel 1.4

Tabel 1.4 Pengukuran Arus Pengisian Pada Baterai

Jam Setiap (15 menit)	Arus Pengisian Baterai (Ampere)

12. Ukurlah tegangan keluaran pada Blok “**Solar Charge Controller**” di *port* yang bertuliskan **DC output**. Seperti pada Gambar 1.10. dengan catatan kabel Panel Surya tidak dipasang.



Gambar 1.10 Pengukuran Tegangan Keluaran DC

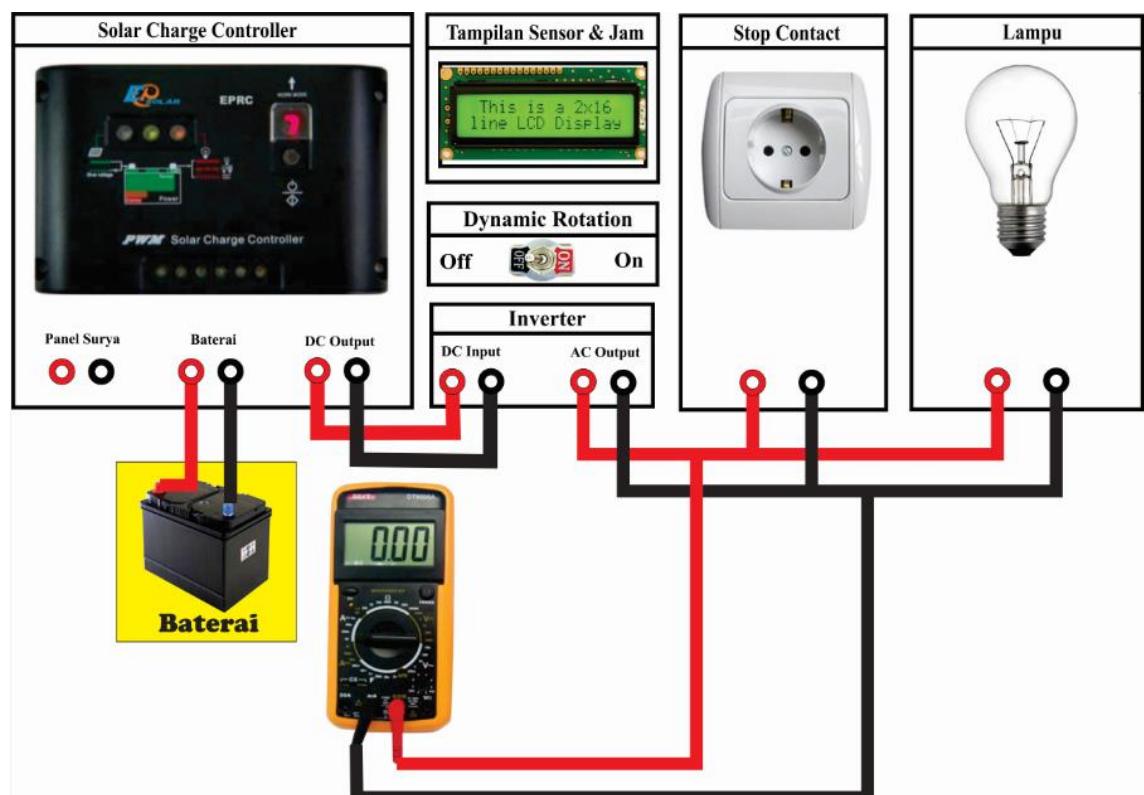
13. Catat data hasil pengukuran Tegangan Keluaran pada Tabel 1.5

Tabel 1.5 Pengukuran Tegangan Keluaran

Jam Setiap (15 menit)	Tegangan DC Output (Volt)

14. Ukurlah tegangan AC pada Blok “**Inverter**” di port yang bertuliskan **AC Output**.

Seperi pada Gambar 1.11. dengan catatan kabel Panel Surya tidak dipasang.



Gambar 1.11 Pengukuran Tegangan AC Inverter

15. Catat data hasil pengukuran Tegangan AC *Inverter* pada Tabel 1.6

Tabel 1.6 Pengukuran Tegangan AC *Inverter*

Jam Setiap (15 menit)	Tegangan AC <i>Inverter</i> (Volt)

16. Setelah semua data pengukuran diperoleh maka masukkan data tersebut ke dalam Tabel 1.7.
17. Ketika ingin menguji lampu apakah menyala, pada *Solar Charge Controller* tekan tombol *power* hingga 5 detik dan pilih opsi kontrol di angka “6.” Karena pada mode tersebut berfungsi sebagai ON/OFF mode. Penjelasan lebih lanjut terkait *Solar Charge Controller* ada pada *manual book Trainer*.
18. Setelah semua selesai Analisa keterkaitan variabel berdasarkan data yang diperoleh selama praktikum. Misal hubungan yang terjadi antara pengaruh waktu dengan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya

**F. Hasil Percobaan**

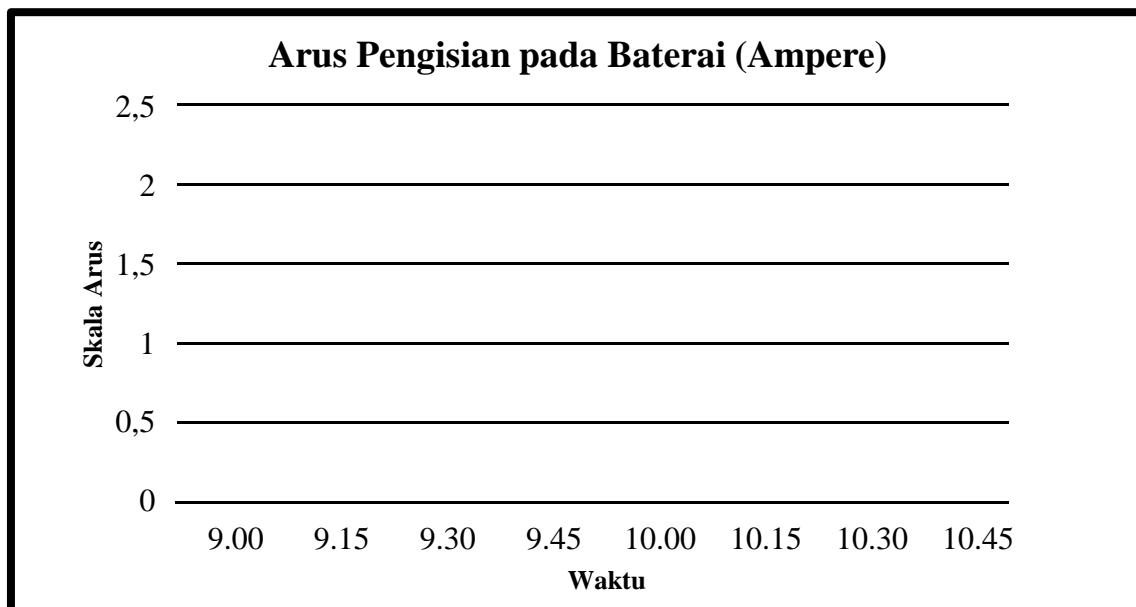
Setelah semua data diperoleh, maka data hasil pengukuran dimasukkan ke dalam Tabel 1.7

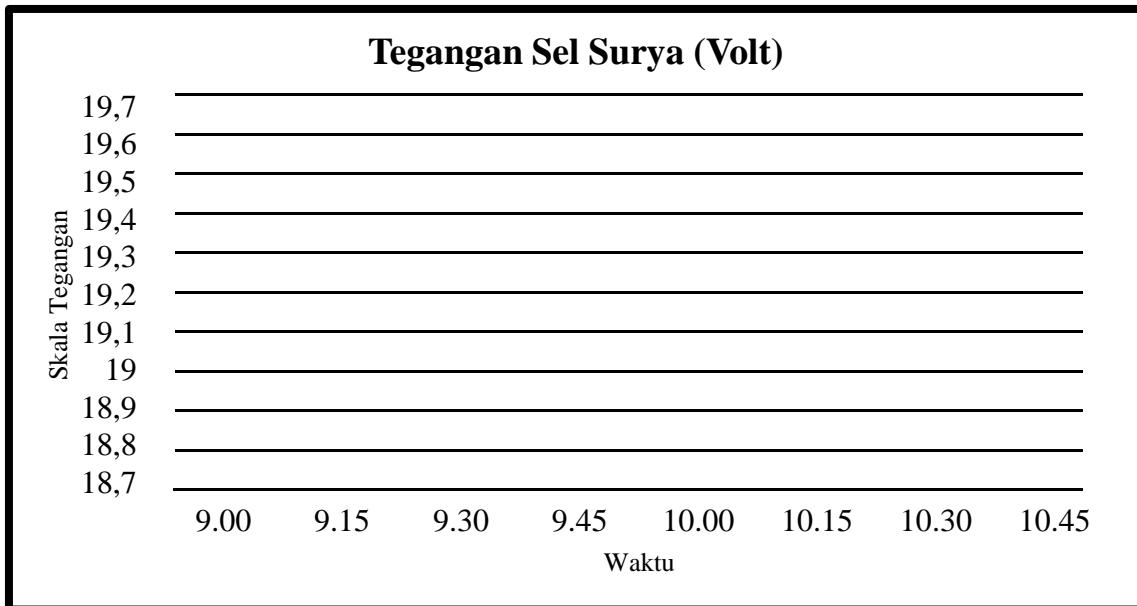
**Tabel 1.7 Data Hasil Praktikum *Trainer Sel Surya Sistem Statis***

<b>Jam Setiap (15 menit)</b>	<b>Tegangan Sel Surya (Volt)</b>	<b>Tegangan Pada Baterai (Volt)</b>	<b>Arus Pengisian pada Baterai (Ampere)</b>	<b>Tegangan DC Output (Volt)</b>	<b>Tegangan Inverter (Volt)</b>

**G. Analisa**

Dari data hasil pengukuran yang telah diuji maka dapat dianalisa sebagai berikut:





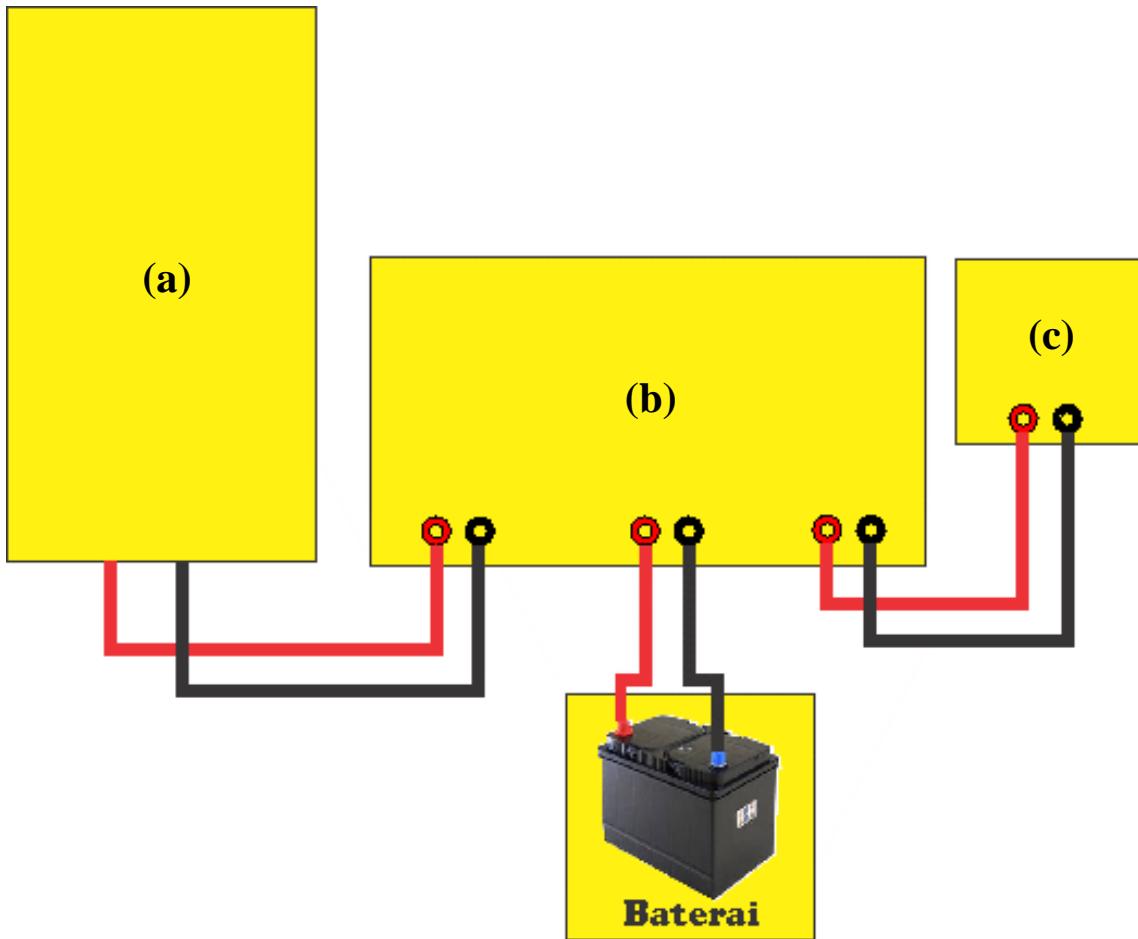
#### H. Kesimpulan

Setelah dilakukan suatu proses pengujian arus dan tegangan sel surya pada sistem statis dapat disimpulkan sebagai berikut:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### I. Latihan Soal

1. Sebut dan jelaskan beberapa karakteristik penting pada sel surya !
2. Sebutkan dan jelaskan fungsi masing-masing bagian komponen dibawah ini



3. Daya listrik yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari adalah sebagai berikut:
  - 1 unit Kulkas 100 Watt dipakai 24 Jam =2400 Wh
  - 1 unit LCD 32" 80 Watt dipakai 5 jam =400 Wh
  - 10 lampu LED 7 Watt dipakai 10 Jam =700 Wh
  - Total 187 Watt/Hour dan 3500 Wh per hari.

Hitung kebutuhan panel surya dan baterai pada penggunaan daya listrik pada kebutuhan tersebut!

## PRAKTIKUM 2

### PENGUJIAN ARUS DAN TEGANGAN *TRAINER SEL SURYA*

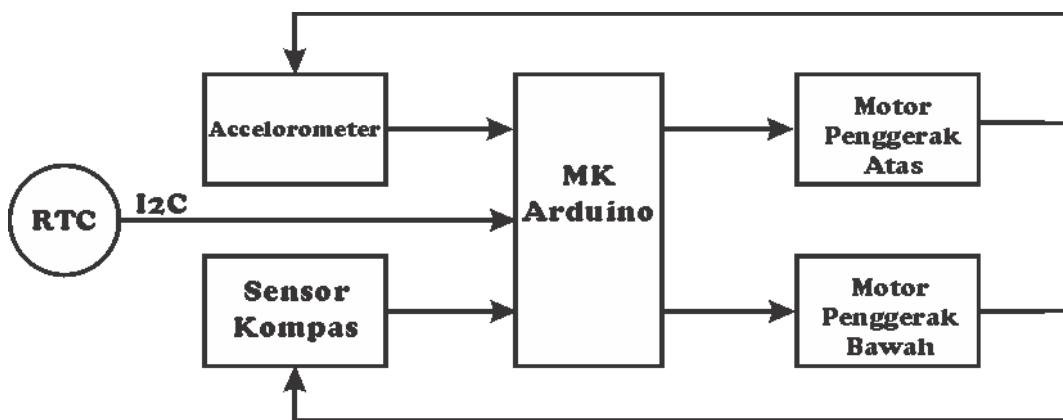
### SISTEM DINAMIS

#### A. Tujuan

1. Mahasiswa mampu mengoperasikan *trainer* sistem dinamis
2. Mahasiswa mampu mengukur arus dan tegangan pada *trainer* sel surya pada sistem dinamis
3. Mahasiswa mampu menganalisa hasil pengukuran sel surya pada sistem dinamis

#### B. Dasar Teori

##### 1. Prinsip Kerja Sistem Dinamis



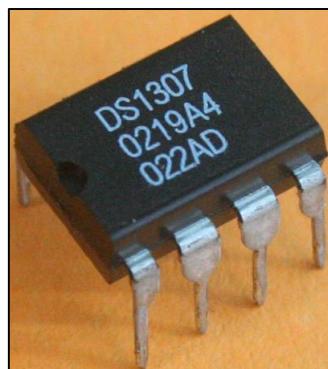
Terlihat pada Gambar 2.1 merupakan prinsip dasar kerja sistem dinamis, I2C menghubungkan antara *Real Time Clock* (RTC) dengan mikrokontroler untuk memberikan data waktu dan tanggal. Selain itu, ditambahkan sensor kompas dan sensor Accelorometer. Accelorometer memberikan data kemiringan *trainer* sehingga mikrokontroler dapat memerintahkan motor penggerak atas bergerak secara vertikal. Motor penggerak atas ini terhubung secara mekanis dengan *trainer*, Accelorometer yang terkoneksi dapat memberikan informasi kemiringan *trainer*, sehingga kemiringan *trainer* sel surya sistem dinamis dapat mencari posisi yang tepat sesuai waktu secara otomatis.

Selain itu, sensor kompas memberikan data pada mikrokontroler agar menggerakkan motor penggerak bawah secara horizontal, kemudian sensor kompas

yang terkoneksi dengan *trainer* dapat memberikan informasi arah *trainer* untuk menentukan arah yang yang dikehendaki.

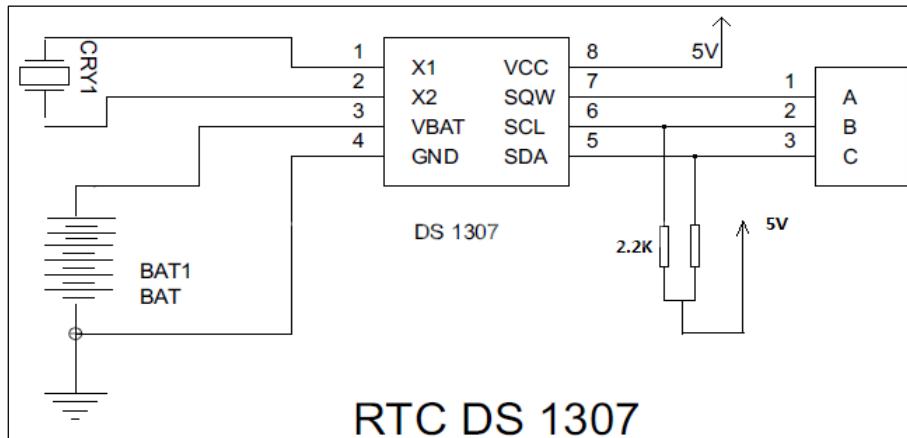
## 2. RTC DS1307

Sebuah *Real Time Clock* (RTC) dasarnya seperti sebuah jam digital yang dapat memberikan informasi detik, menit, jam, tanggal, hari, bulan, & tahun. RTC bekerja menggunakan sumber daya dari baterai dan menyimpan waktu saat listrik pada. Dengan menggunakan RTC, waktu dapat diset walaupun mikrokontroler direset atau dicabut dari sumber daya. Tampilan RTC DS1307 dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2 Tampilan RTC DS1307**  
(Sumber: [www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com))

RTC DS1307 ini menggunakan sistem *full binary-coded decimal* (BCD) untuk jam dan kalendernya serta mempunyai 56 *Bytes Non-Volatile* SRAM untuk penyimpanan data. Alamat dan data ditransmisikan secara serial menggunakan I2C. RTC memberikan informasi Jam dan kalender yang dapat memberikan informasi, detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun. Jam pada IC ini dapat beroperasi dalam 24 jam atau 12 jam dengan format AM/PM. DS1307 ini mempunyai *powersense circuit* yang mendekripsi kegagalan sumber daya dan otomatis berpindah ke daya baterai. Untuk skema dapat dilihat pada Gambar 2.3.

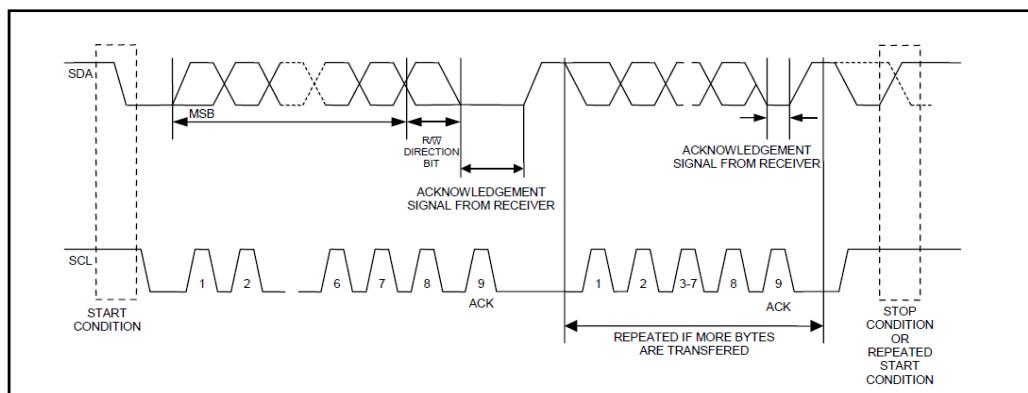


**Gambar 2.3 Skema Rangkaian RTC DS1307**  
(Sumber: Datasheet)

Proses transfer data pada bus Serial I2C DS 1307 bergantung pada kondisi R/W bit, dua model transfer data yang mungkin dilakukan adalah:

1. Transfer data dari master transmitter ke *slave receiver*. *Byte* pertama ditransmisikan oleh master adalah alamat *slave*. Selanjutnya diikuti satu atau beberapa data *byte*. *Slave* merespon dengan memberikan *acknowledge* bit setelah setiap *byte* diterima. Data ditransmisikan MSB terlebih dahulu.
2. Transfer data dari *slave transmitter* ke *master receiver*. *Byte* pertama yang merupakan alamat *slave* ditransmisikan oleh master. *Slave* kemudian merespon dengan *acknowledge* bit. Lalu diikuti dengan *slave* mengirimkan satu atau beberapa data *byte* ke *master*. *Master* memberikan *acknowledge* bit setelah semua *byte* diterima. Di akhir *byte* terakhir yang diterima, ACK diberikan oleh master ke slave

Proses Transfer data pada bus serial I2C dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4 Transfer Data pada Bus Serial I2C**  
(Sumber: Datasheet)

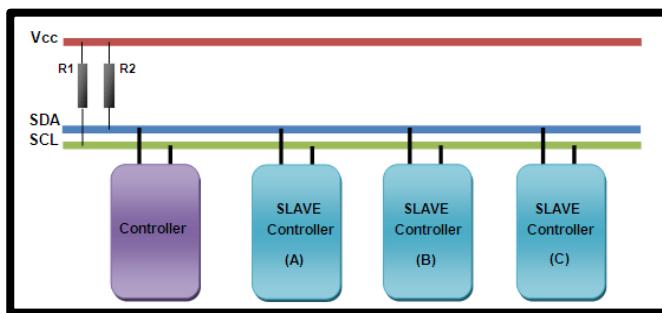
### 3. Pengertian I2C

I2C adalah komunikasi serial *half duplex* dan karenanya aliran data hanya dapat berlangsung satu arah pada satu waktu. Di I2C, transmisi data serial dilakukan dalam mode *asynchronous*. Protokol ini hanya menggunakan dua kabel untuk berkomunikasi antara dua atau lebih IC.

I2C adalah protokol multi-point di mana maksimum 128 perangkat periferal dapat dihubungkan untuk berkomunikasi sepanjang antarmuka serial yang terdiri dari jalur bi-directional (SDA) dan bi-directional serial clock (SCL). Dua baris saluran terbuka dua arah bernama Serial Data (SDA) dan *Serial Clock* (SCL) dengan *pull up* resistor.

Bus terdiri dari dua kabel, yaitu satu untuk clock dan yang lainnya untuk data, dengan resistor pull-up pada setiap kawat bus. Salah satu dari dua perangkat, yang mengendalikan seluruh proses, dikenal sebagai Master dan yang lain yang merespon permintaan dari master dikenal sebagai perangkat Slave. ACK sinyal (pengakuan) dikirim / diterima dari kedua belah pihak setelah setiap transfer untuk mengurangi kesalahan. SCL adalah jalur bus clock yang digunakan untuk sinkronisasi dan dikendalikan oleh master. SDA dikenal sebagai bus transfer data.

Mikrokontroler umumnya bertindak sebagai master, konfigurasi umum komunikasi I2C dapat dilihat pada Gambar 2.5

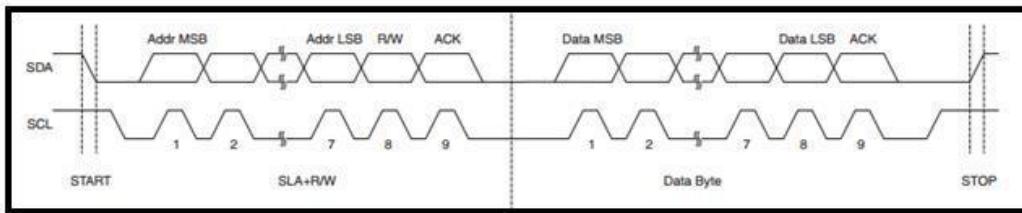


**Gambar 2.5 Konfigurasi Komunikasi I2C**  
(Sumber: Datasheet)

Pertama, MCU akan memberikan kondisi START. Kondisi ini bertindak sebagai sinyal “Attention” kepada semua alat yang terhubung. Semua IC yang ada di bus akan mendengarkan bus untuk data yang akan masuk. Selanjutnya MCU mengirim ADDRESS alat yang ingin diakses bersama dengan indikasi apakah akses ini adalah operasi Read atau Write (disini dicontohkan operasi write). Setelah menerima ADDRESS, semua IC akan membandingkan dengan alamatnya. Jika alamatnya tidak cocok, alat-alat menunggu sampai bus dilepaskan dengan kondisi STOP. Jika

alamatnya cocok, IC Slave akan memberikan respin yang dinamakan sinyal ACKNOWLEDGE.

Setelah MCU menerima sinyal ACK, MCU dapat memulai mengirim atau menerima DATA. Pada contoh ini, MCU akan mengirimkan data. Saat semua selesai, MCU memberikan kondisi STOP. Ini adalah sebuah sinyal yang menunjukkan bahwa bus telah dilepaskan dan bahwa IC yang terhubung bisa menunggu transmisi lain dimulai kapanpun. Proses diatas dapat diilustrasikan dengan Gambar 2.6



**Gambar 2.6 Sinyal Proses Transmisi MCU**  
(Sumber: Datasheet)

#### 4. I2C Bus Event (Kondisi Start dan Stop)

Sebelum terjadi transaksi di bus, kondisi START harus diberikan pada bus. Kondisi start bertindak sebagai sinyal untuk semua IC yang terhubung serta menunjukkan bahwa akan ada data yang ditransmisikan ke bus. Sebagai hasilnya, semua IC yang terhubung akan mendengarkan bus. Setelah sebuah pesan selesai, kondisi STOP dikirim. Ini adalah sinyal untuk semua alat yang ada di bus yang menunjukkan bahwa bus tersedia kembali (*idle*)

##### Kondisi Start dan Stop I2C Bus

Start		Chip memberikan kondisi Start dengan tahap : Pertama dengan menarik jalur SDA menjadi LOW dan selanjutnya menarik jalur SCL menjadi LOW
Stop		Pada kondisi stop, Master melepas SCL baru kemudian melepas jalur SDA

Catatan :

- Sebuah pesan dapat mengandung beberapa kondisi START. Hal ini umumnya disebut kondisi “*Repeated Start*”
- Kondisi Stop selalu menandakan berakhirnya komunikasi, meskipun kondisi ini diberikan ditengah transaksi atau ditengah sebuah byte.

## 5. Sensor Kompas HMC5883L

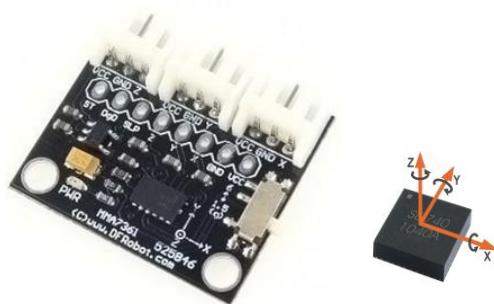
Pada Gambar 2.7 HMC5883L adalah sensor magnet terkemas dan tersusun atas sensor resistif magnet beresolusi tinggi dengan demagnetisasi otomatis, penghilang offset dan ADC 12-bit untuk pengukuran medan magnet bumi dengan resolusi tinggi. Juga menyediakan kepresision lebih pada sensitifitas dan linieritas sumbu dan dirancang untuk mengukur kedua arah dan medan magnet bumi. Perangkat ini menggunakan komunikasi I2C. Output yang dikeluarkan adalah 0-359 derajat. Perhitungan ini diperoleh dari titik referensi arah utara.



Gambar 2.7 Modul Sensor Kompas  
(Sumber: [www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com))

## 6. Sensor Accelerometer MMA7361

Pada Gambar 2.8 adalah sensor MMA7361 yang berfungsi untuk membaca posisi kemiringan sudut terhadap gravitasi Bumi. Sensor ini membaca 3 jenis sumbu kemiringan, yaitu: sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Perangkat ini menggunakan komunikasi I2C. Output yang dikeluarkan adalah -180 hingga 180 derajat. Perhitungan ini diperoleh dari titik referensi sumbu y dalam kondisi datar.



Gambar 2.8 Sensor Accelorometer Dan Sumbu Kemiringan  
(Sumber: [www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com))

### C. Alat dan Bahan

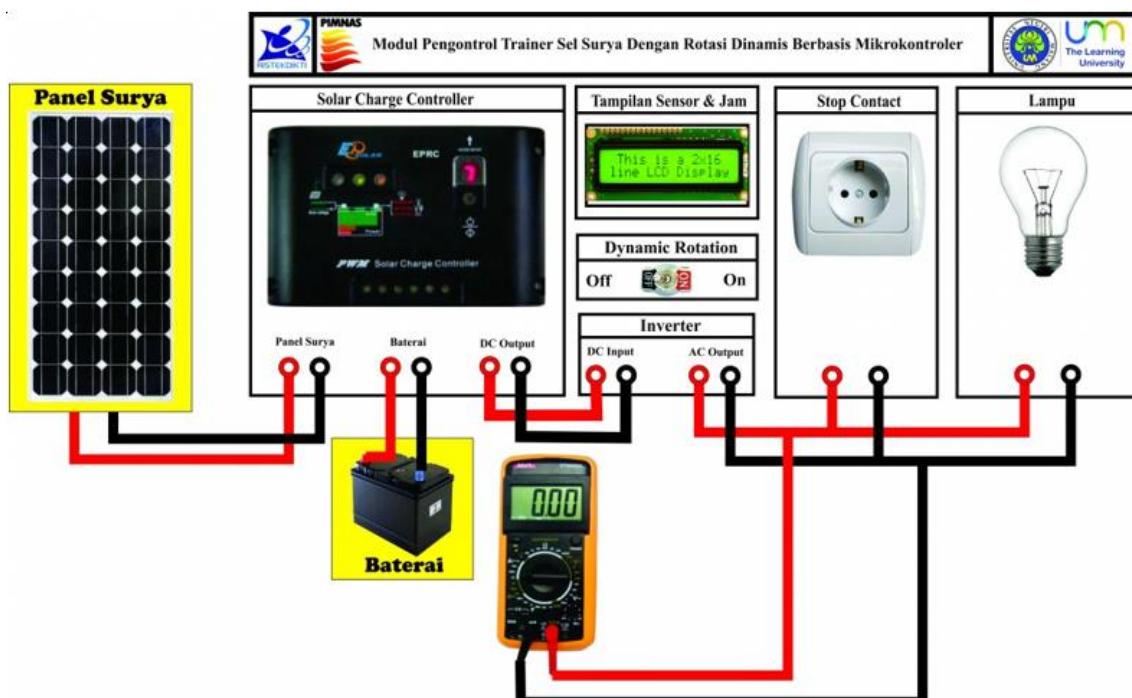
- |  |         |
|--|---------|
| 1. Trainer Sel Surya dengan Rotasi Dinamis | 1 unit  |
| 2. AVO Meter Digital                       | 2 unit  |
| 3. Kabel <i>jumper</i>                     | 10 buah |

### D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

1. Kondisi tangan sebelum praktikum harus dalam kondisi kering!
2. Pastikan belum ada sumber listrik pada *trainer* sebelum memulai praktikum
3. Pastikan bagian-bagian *trainer* terhubung dengan baik dan benar
4. Gunakanlah peralatan praktikum sesuai fungsinya!
5. Dalam menyusun rangkaian, perhatikan letak penempatan blok!
6. Ambil skala terbesar terlebih dahulu pada alat ukur ketika mengukur arus maupun tegangan untuk menghindari kerusakan

### E. Langkah Percobaan

1. Tempatkan *trainer* di luar ruangan yang terdapat sinar matahari langsung!
2. Siapkan peralatan praktikum yang akan digunakan
3. Pasanglah kabel *jumper* seperti pada Gambar 2.9



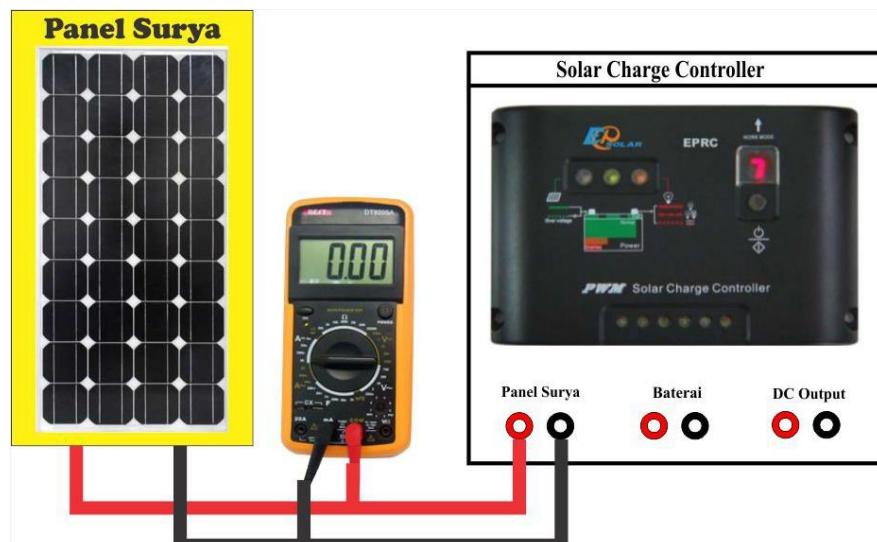
Gambar 2.9 Skema Rangkaian

4. Konsultasikan ke dosen atau asisten praktikum terkait pengakabelan, apabila sudah di setujui mulailah praktikum
5. Letakkan *trainer* pada posisi tersinari matahari sekitar ±15 Menit
6. Setelah *trainer* tersinari matahari hidupkan saklar *toggle Dynamic Rotation* seperti pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Tampian Saklar Toogle Dynamic Rotation

7. Setelah dihidupkan maka *trainer* akan otomatis menyesuaikan dengan kedatangan arah matahari.
8. Ukurlah tegangan Sel Surya pada Blok “**Solar Charge Controller**” di port yang bertuliskan **Sel Surya**. Seperti pada Gambar 2.11



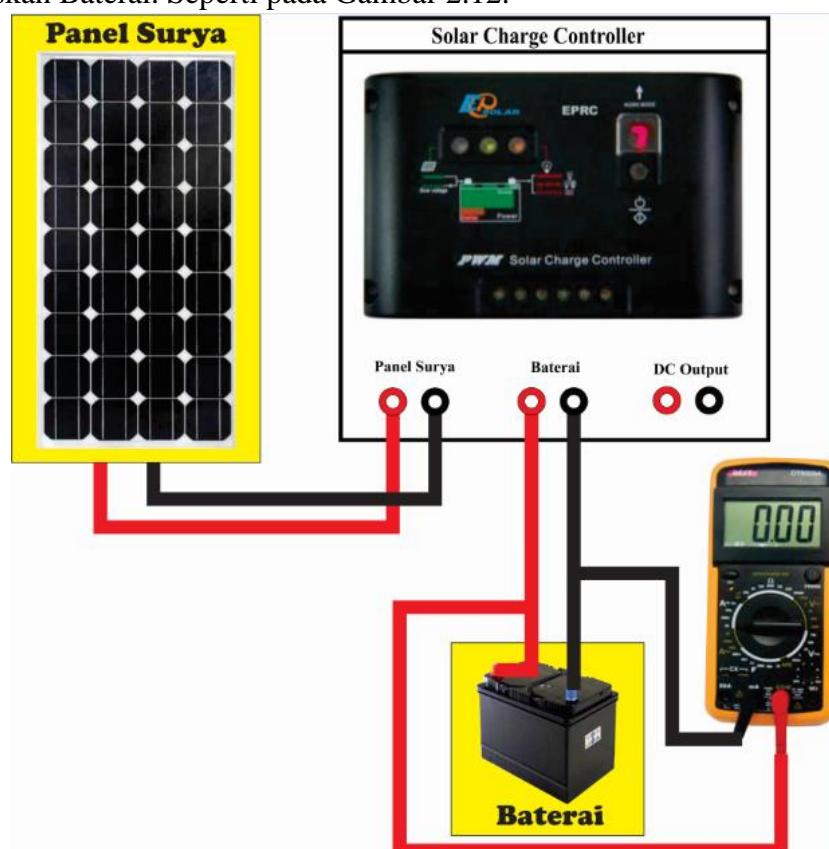
Gambar 2.11 Pengukuran Tegangan Sel Surya

9. Catat data hasil pengukuran tegangan sel surya yang diperoleh pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Pengukuran Tegangan Sel Surya

Jam Setiap (15 menit)	Tegangan Sel Surya (Volt)

10. Ukurlah Tegangan Baterai pada Blok “**Solar Charge Controller**” di port yang bertuliskan Baterai. Seperti pada Gambar 2.12.



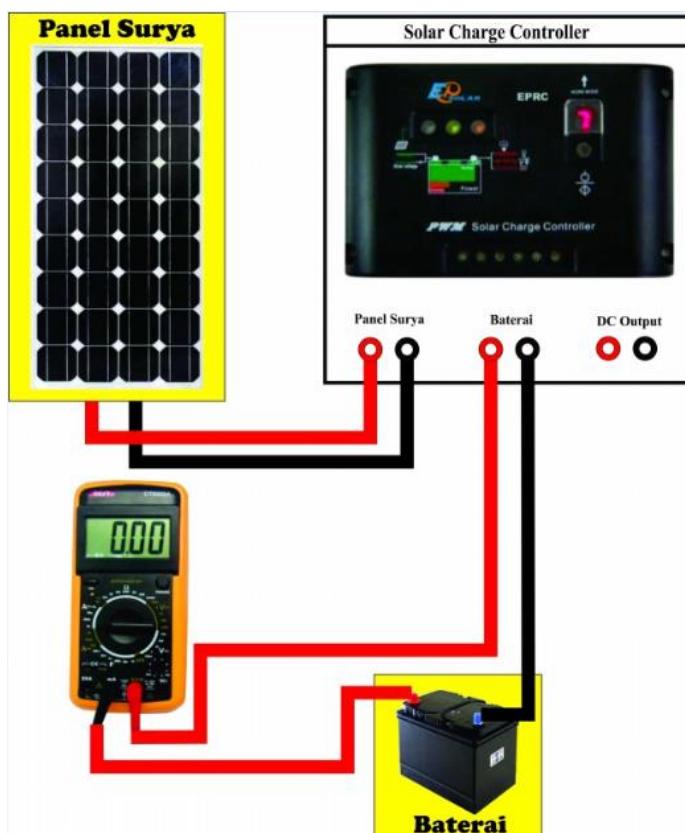
Gambar 2.12 Pengukuran Tegangan pada Baterai

11. Catat data hasil pengukuran tegangan pada baterai dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Pengukuran Tegangan Pada Baterai

Jam Setiap (15 menit)	Tegangan pada Baterai (Volt)

12. Ukurlah Arus Pengisian pada Baterai pada Blok “**Solar Charge Controller**” di *port* yang bertuliskan **Baterai**. Seperti pada Gambar 2.13.



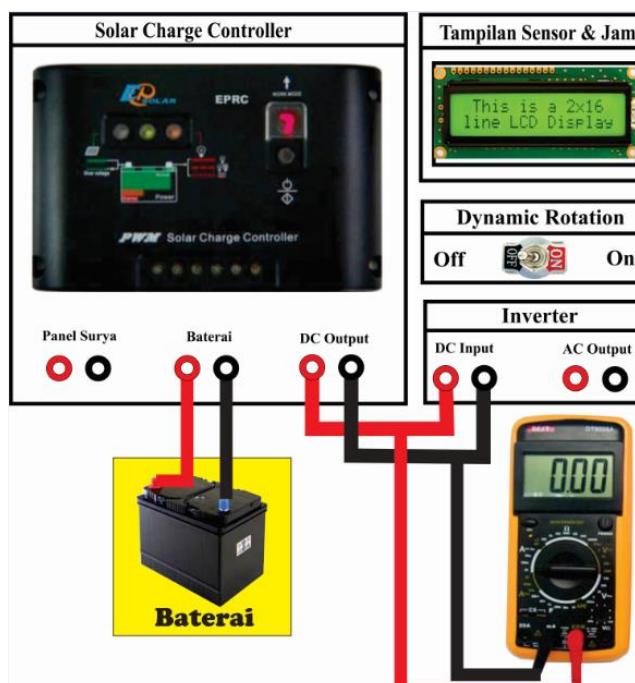
Gambar 2.13 Pengukuran Arus Pengisian pada Baterai

13. Catat data hasil pengukuran arus pengisian pada baterai dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Pengukuran Arus Pengisian Pada Baterai

Jam Setiap (15 menit)	Arus Pengisian Baterai (Ampere)

14. Ukurlah tegangan keluaran pada Blok “**Solar Charge Controller**” di *port* yang bertuliskan **DC output**. Seperti pada Gambar 2.14. dengan catatan kabel Panel Surya tidak dipasang.



Gambar 2.14 Pengukuran Tegangan Keluaran DC

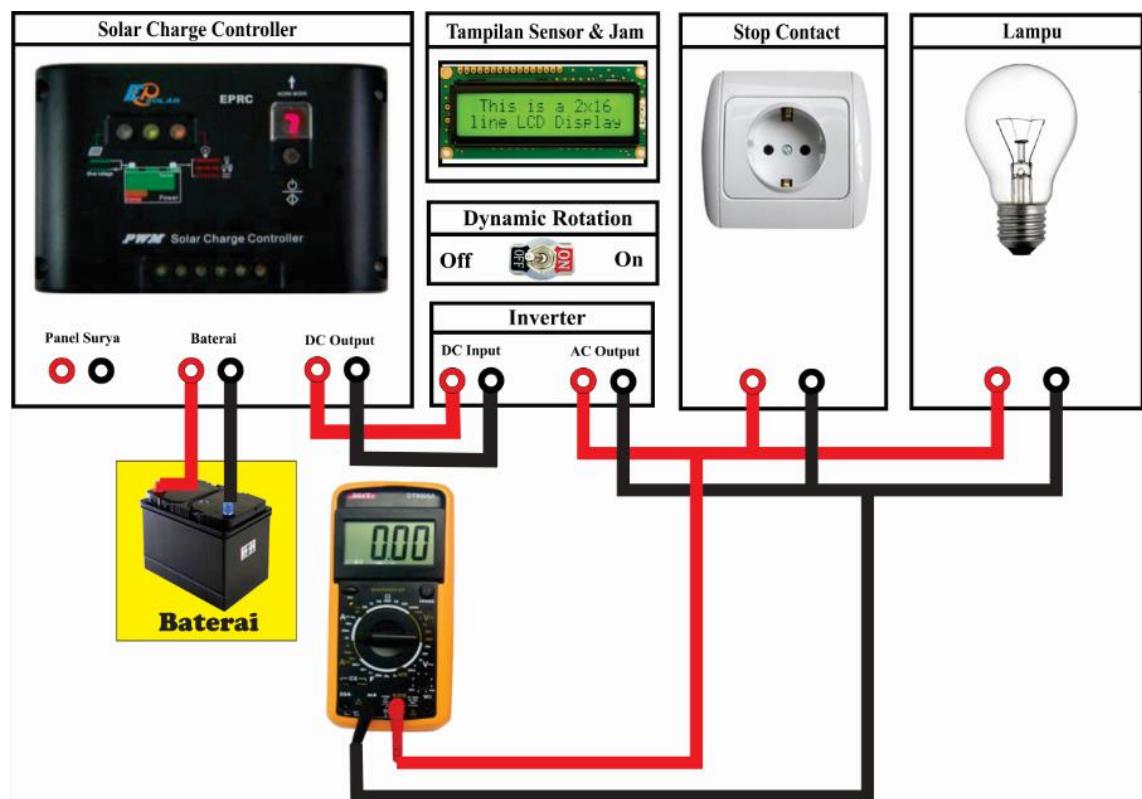
15. Catat data hasil pengukuran Tegangan Keluaran pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Pengukuran Tegangan Keluaran

Jam Setiap (15 menit)	Tegangan DC <i>Output</i> (Volt)

16. Ukurlah tegangan AC pada Blok “**Inverter**” di *port* yang bertuliskan **AC Output**.

Seperi pada Gambar 2.15. dengan catatan kabel Panel Surya tidak dipasang.



Gambar 2.15 Pengukuran Tegangan AC Inverter

17. Catat data hasil pengukuran Tegangan AC *Inverter* pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Pengukuran Tegangan AC *Inverter*

Jam Setiap (15 menit)	Tegangan AC <i>Inverter</i> (Volt)

18. Setelah semua data pengukuran diperoleh maka masukkan data tersebut ke dalam Tabel 2.6.
19. Ketika ingin menguji lampu apakah menyala, pada *Solar Charge Controller* tekan tombol *power* hingga 5 detik dan pilih opsi kontrol di angka “6.” Karena pada mode tersebut berfungsi sebagai ON/OFF mode. Penjelasan lebih lanjut terkait *Solar Charge Controller* ada pada *manual book Trainer*.
20. Setelah semua selesai Analisa keterkaitan variabel berdasarkan data yang diperoleh selama praktikum. Misal hubungan yang terjadi antara pengaruh waktu dengan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya.

**F. Hasil Percobaan**

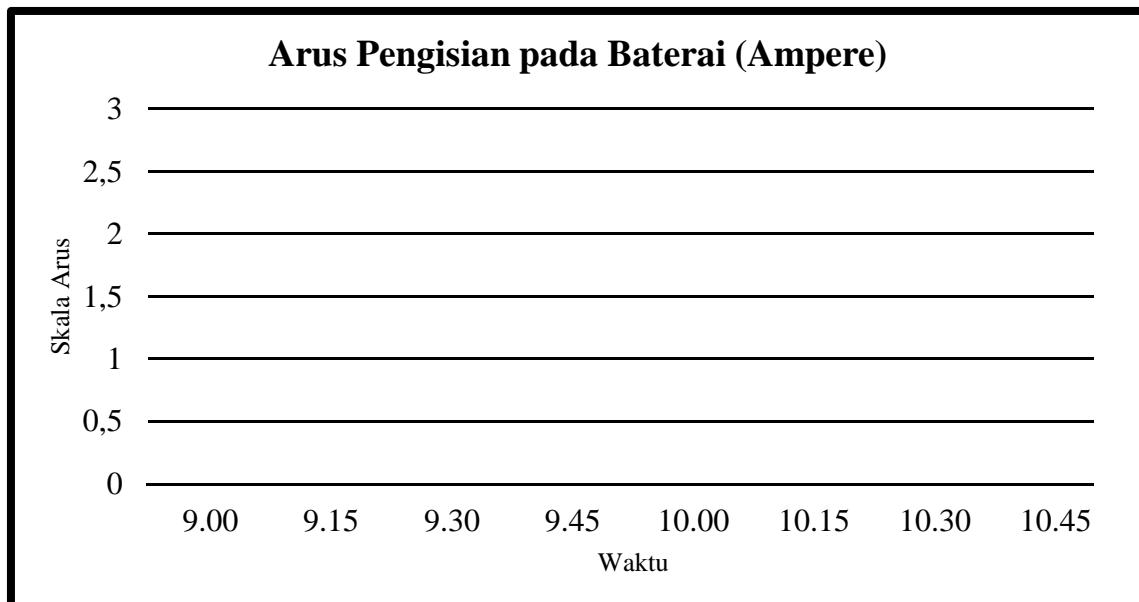
Setelah semua data diperoleh, maka data hasil pengukuran dimasukkan ke dalam Tabel 2.6

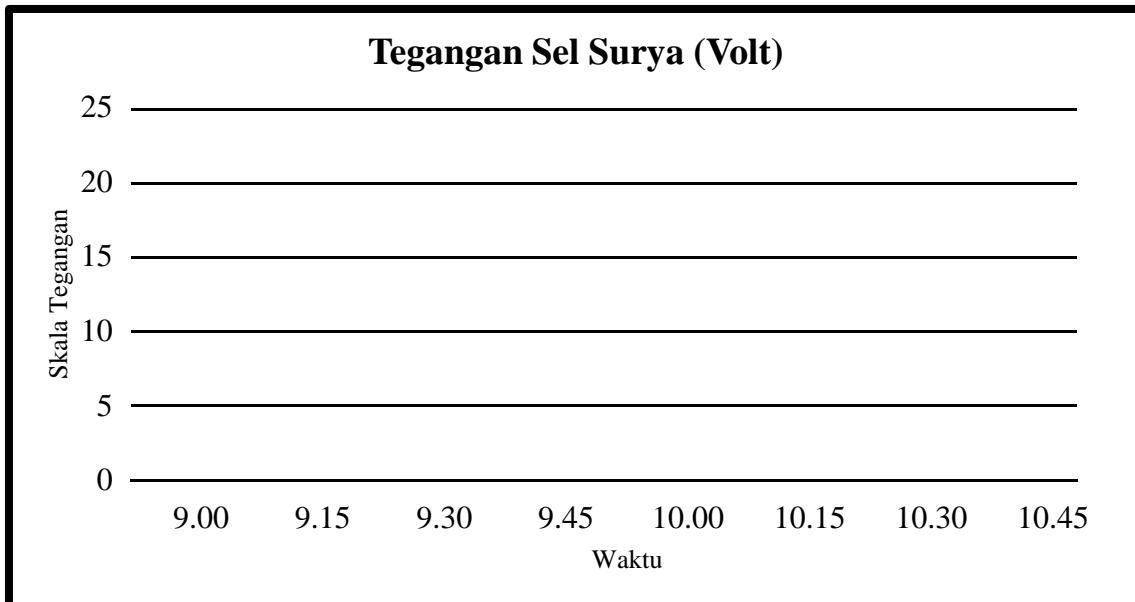
**Tabel 2.6 Data Hasil Praktikum *Trainer Sel Surya Sistem Dinamis***

<b>Jam Setiap (15 menit)</b>	<b>Tegangan Sel Surya (Volt)</b>	<b>Tegangan Pada Baterai (Volt)</b>	<b>Arus Pengisian pada Baterai (Ampere)</b>	<b>Tegangan DC Output (Volt)</b>	<b>Tegangan Inverter (Volt)</b>

**G. Analisa**

Dari data hasil pengukuran yang telah diuji maka dapat dianalisa sebagai berikut:





## H. Kesimpulan

Setelah dilakukan suatu proses pengujian arus dan tegangan sel surya pada sistem dinamis dapat disimpulkan sebagai berikut:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## I. Latihan Soal

1. Apa yang anda ketahui tentang RTC DS1307 dan I2C?
2. Jelaskan secara singkat prinsip kerja *Trainer Sel Surya Sistem Dinamis!*
3. Kenapa pada sistem dinamis Arus pengisian dan tegangan menjadi 0 Ampere ketika pukul 10.00 WIB?

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bruce, J. W., Gray, M. A., & Follett, R. F. (2003). Personal digital assistant (PDA) based I2C bus analysis. *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, 49(4), 1482-1487.
- Gafurov, D., Helkala, K., & Søndrol, T. (2006). Biometric gait authentication using accelerometer sensor. *Journal of computers*, 1(7), 51-59.
- Peng, F. Z., Shen, M., & Qian, Z. (2005). Maximum boost control of the Z-source inverter. *IEEE Transactions on power electronics*, 20(4), 833-838.
- Rashid, M. 2001. *Power Electronic Handbook*. San Diego: Academic Press.
- Riawan, D. C., & Nayar, C. V. (2007, December). Analysis and design of a solar charge Controller using Cuk Converter. In *Power Engineering Conference, 2007. AUPEC 2007. Australasian Universities* (pp. 1-6). IEEE.
- Satwiko, S. 2012. Uji Karakteristik Sel Surya pada Sistem 24 Volt DC sebagai Catudaya pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid. , (April), pp.208–212.
- Tri Retno, A. (2013). *Kompas Penunjuk Arah Hadap Untuk Tunanetra Dengan Output Suara Berbasis Mikrokontroller Atmega8* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Yogyakarta).