



***TRAINER* INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA (PLTS)**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

Oleh

Khonif Nur Fitriyah

NIM: 5301414043

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “*Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya” telah dipertahankan dihadapan panitia ujian skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 27 Desember 2018

Oleh

Nama : Khonif Nur Fitriyah

NIM : 5301414043

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1

Panitia:

Ketua



Dr.-Ing Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.
NIP. 197805312005011002

Sekretaris



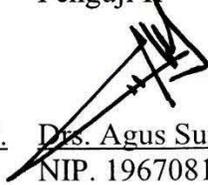
Dr. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji I



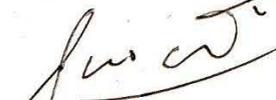
Dr. Djoko Adi Widodo, M.T.
NIP. 195909271986011001

Penguji II



Dr. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji III/ Pembimbing



Dr. Slamet Seno Adi, M.Pd., M.T.
NIP. 195812181985031004



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di universitas negeri semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar putaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 10 Desember 2018

Yang membuat pernyataan,



Khonif Nur Fitriyah
NIM. 5301414043

MOTTO

- Ilmu bagaikan setetes embun di padang pasir, walau hanya sedikit akan menuntunmu menuju arah yang lebih baik
- Jatuh itu biasa, bangkit dari jatuh itu luar biasa.
- Laa Yukallifullahu Nafsan Illa Wus'ahaa. “Allah tidak akan membebani seseorang sesuai dengan kesanggupannya”. (Al-Baqarah: 286)
- *Life is never flat*

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta yang tiada henti memberikan motivasi, semangat, do'a, dan dukungan.
2. Kedua adikku tercinta yang selalu mendo'akan, menghibur, dan penyemangat hidupku untuk segera lulus.
3. Semua anggota keluarga yang telah memberikan do'a dan dukungan.
4. Dosen pembimbing yang telah membimbing, memotivasi dan mengarahkan.
5. Teman-teman seperjuangan PTE 2014 yang menyemangati, menguatkan, dan membagi ilmunya.
6. Mbak-mbak dan adek-adek kos priyangan lokal atas yang selalu memberikan hiburan dan semangat serta menjadi keluarga keduaku di Semarang.
7. Teman-teman Guguslatih Teknik yang saling menyemangati, mendo'akan dan menginspirasi.
8. Teman-teman SMP dan SMA yang menjadi penyemangat dan cambuk motivasi untuk segera menyusul mereka menjadi sarjana.

INTISARI

Khonif Nur Fitriyah. 2018. *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd., M.T. Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Kebutuhan media praktikum untuk mata kuliah Energi Terbarukan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang khususnya untuk praktikum konversi energi matahari masih sangat minim. Atas permasalahan tersebut dibuatlah *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengetahui kelayakan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang digunakan untuk media praktikum mata kuliah Energi Terbarukan tentang konversi energi matahari.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Research and Development* (R&D). Penelitian ini akan menguji kelayakan *trainer* dengan memberikan angket kepada 32 responden dari Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Analisis kelayakan dilakukan dengan cara uji teknis dan uji kinerja *trainer*.

Berdasarkan validasi *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya dari 2 dosen ahli diperoleh informasi (1)Aspek kualitas tampilan 87,5%, (2)Aspek kualitas teknis 87,5%, (3)Aspek kemanfaatan 93,75%. Dari penilaian ketiga aspek tersebut *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya memperoleh nilai rata-rata sebesar 89,58% dengan kategori “sangat baik”. Sedangkan pada bagian lain, penilaian dari 30 mahasiswa diperoleh informasi (1)Aspek kemudahan pengoperasian *trainer* 86,99%, (2)Aspek kemanfaatan 88,05%, (3)Aspek *jobsheet* praktikum 86,38%. Dari ketiga informasi tersebut rata-rata penilaian mahasiswa terhadap *trainer* sebesar 87,12% dengan kategori “sangat baik”.

Kata kunci: *Trainer*, Instalasi, PLTS, Kelayakan

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “*Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya” dapat terselesaikan.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memotivasi dan mengarahkan.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberi izin dalam penyusunan skripsi.
3. Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T, M.T., Ketua Jurusan Teknik Elektro sekaligus Kaprodi Pendidikan Teknik Elektro.
4. Semua dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan bekal pengetahuan yang berharga.
5. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan motivasi untuk karya tulis ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pelaksanaan pembelajaran di Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Januari 2019

Peneliti

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PENGESAHAN..... | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH..... | iii |
| MOTTO | iv |
| PERSEMBAHAN..... | v |
| INTISARI | vi |
| PRAKATA..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 3 |
| 1.3 Pembatasan Masalah | 4 |
| 1.4 Perumusan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.6 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| 1.7 Penegasan Istilah Judul | 6 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 8 |
| 2.1 Kajian Pustaka..... | 8 |
| 2.2 Landasan Teori | 11 |
| 2.2.1 Definisi <i>Trainer</i> | 11 |
| 2.2.2 Instalasi PLTS | 12 |
| 2.2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya..... | 12 |
| 2.2.4 Energi Matahari..... | 13 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.5 Panel Surya | 14 |
| 2.2.6 <i>Charge Controller</i> | 26 |
| 2.2.7 Baterai | 27 |
| 2.2.8 <i>Inverter DC to AC</i> | 28 |
| 2.2.9 Voltmeter..... | 28 |
| 2.2.10 Amperemeter..... | 28 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 29 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 29 |
| 3.2 Desain Penelitian | 29 |
| 3.2.1 Model Penelitian | 29 |
| 3.2.2 Prosedur Penelitian..... | 31 |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian | 35 |
| 3.3.1 Bahan <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya | 35 |
| 3.3.2 Alat Pembuatan <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya..... | 35 |
| 3.3.3 Komponen <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya..... | 36 |
| 3.4 Prosedur Pembuatan <i>Trainer</i> | 37 |
| 3.4.1 <i>Wiring</i> Diagram <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya | 37 |
| 3.4.2 Perancangan Desain <i>Trainer</i> | 38 |
| 3.5 Parameter Penelitian..... | 41 |
| 3.6 Teknik Pengumpulan Data | 41 |
| 3.6.1 Pengumpulan Data Utama | 41 |
| 3.6.2 Pengumpulan Data Pelengkap | 42 |
| 3.7 Teknik Analisis Data | 43 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 45 |
| 4.1 Deskripsi Data | 52 |
| 4.2 Analisis Data | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.1 Pembuatan <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik | |
| Tenaga Surya | 46 |
| 4.2.2 Cara Mengoperasikan <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik | |
| Tenaga Surya | 51 |
| 4.2.3 Uji Validasi dan Uji Kelayakan Instalasi Pembangkit Listrik | |
| Tenaga Surya..... | 52 |
| 4.3 Pembahasan | 68 |
| BAB V PENUTUP..... | 72 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 72 |
| 5.2 Saran..... | 73 |
| DAFTAR PUSTAKA | 75 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Hubungan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya..... | 10 |
| Tabel 3.1 Data Responden Dosen Ahli..... | 33 |
| Tabel 3.2 Daftar Bahan <i>Trainer</i> | 35 |
| Tabel 3.3 Daftar Alat <i>Trainer</i> | 35 |
| Tabel 3.4 Daftar Komponen <i>Trainer</i> | 36 |
| Tabel 3.5 Skor Pernyataan..... | 44 |
| Tabel 3.6 Kategori Respon Uji Validasi..... | 44 |
| Tabel 4.1 Daftar Bahan <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik | |
| Tenaga Surya..... | 47 |
| Tabel 4.2 Daftar Komponen <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik | |
| Tenaga Surya..... | 48 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Uji Teknis <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik | |
| Tenaga Surya..... | 57 |
| Tabel 4.4 Rata-rata Hasil Pengujian Arus dan Tegangan Panel Surya..... | 59 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Keluaran Dua Buah Panel Surya yang | |
| Dirangkai Seri dan Paralel..... | 62 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Pengaruh Sudut Tangkap Terhadap Keluaran | |
| Panel Surya..... | 64 |
| Tabel 4.7 Pemberian Beban DC Dirangkai Paralel..... | 66 |
| Tabel 4.8 Pemberian Beban AC Dirangkai Paralel..... | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Panel Surya..... | 15 |
| Gambar 2.2 Penampang Panel Surya..... | 16 |
| Gambar 2.3 Junction Semikonduktor Tipe-P dan Tipe-N | 17 |
| Gambar 2.4 Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya | 18 |
| Gambar 2.5 Kurva I-V | 21 |
| Gambar 2.6 Modul I-V <i>Curve (12V DC Nominal)</i> | 22 |
| Gambar 2.7 Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Daya <i>Solar Cell</i> | 25 |
| Gambar 3.1 Langkah-langkah Penggunaan Metode <i>RnD</i> | 30 |
| Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian | 31 |
| Gambar 3.3 <i>Wiring Diagram Trainer</i> PLTS dengan Beban DC dan AC | 37 |
| Gambar 3.4 Referensi Desain <i>Trainer</i> | 39 |
| Gambar 3.5 Rancangan Desain <i>Trainer</i> | 40 |
| Gambar 4.1 <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya | 45 |
| Gambar 4.2 Grafik Persentase Hasil Validasi..... | 55 |
| Gambar 4.3 Grafik Pengisian Arus | 60 |
| Gambar 4.4 Grafik Tegangan Panel Surya | 61 |
| Gambar 4.5 Grafik Tegangan <i>Charger Controller</i> | 61 |
| Gambar 4.6 Grafik Tegangan dengan Perubahan Sudut Tangkap..... | 64 |
| Gambar 4.7 Grafik Arus dengan Perubahan Sudut Tangkap..... | 65 |
| Gambar 4.8 Grafik Persentase Penilaian Mahasiswa..... | 68 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1. SK Penetapan Dosen Pembimbing | 78 |
| Lampiran 2. Lembar Persetujuan Pembimbing..... | 79 |
| Lampiran 3. RPS Mata Kuliah Energi Terbarukan | 80 |
| Lampiran 4. <i>Jobsheet</i> Praktikum..... | 85 |
| Lampiran 5. Hasil Praktikum Mahasiswa | 102 |
| Lampiran 6. Angket Uji Validasi | 119 |
| Lampiran 7. Analisis Penilaian Uji Validasi..... | 127 |
| Lampiran 8. Angket Penilaian Mahasiswa..... | 129 |
| Lampiran 9. Analisis Penilaian Mahasiswa | 133 |
| Lampiran 10. Dokumentasi..... | 135 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang merupakan salah satu program studi yang menyelenggarakan mata kuliah energi terbarukan (Kurikulum PTE UNNES, 2015). Tujuan adanya mata kuliah tersebut yaitu untuk membekali mahasiswa dengan pengetahuan konsep pada beragam teknik dan teknologi konversi serta konservasi energi yang bersumber dari non-fosil (renewable energy) berdasarkan konsep “*Energy Systems in Sustainable Future*” baik secara individu maupun kelompok. Salah satu kegiatan yang dilakukan sebagai penunjang perkuliahan energi terbarukan yaitu dengan memberikan kesempatan setiap mahasiswa untuk melakukan pengamatan di Laboratorium Teknik Elektro. Pada mata kuliah Energi Terbarukan, yang dipelajari antara lain energi matahari, energi angin, energi air, energi panas bumi, dan energi biomassa (RPS Energi Terbarukan, 2017). Untuk itulah dibutuhkan alat penunjang praktik atau trainer untuk membantu mahasiswa memahami teori yang telah diajarkan.

Energi matahari merupakan energi terbarukan terbesar yang sering dijumpai dan rasakan manfaatnya secara langsung. Indonesia sebagai negara yang dilewati garis khatulistiwa, energi matahari yang dapat ditangkap

melimpah (Ningsih, 2009). Energi matahari dapat dijadikan sebagai sumber energi listrik melalui proses konversi energi. Proses konversi energi matahari menjadi energi listrik secara photovoltaic off grid tergolong mudah dan bisa dilakukan untuk skala kecil maupun besar. *Photovoltaic off grid* adalah sistem yang mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik tanpa terhubung dengan jaringan PLN (Yulistiono et al, 2013:1). Sistem *photovoltaic off grid* antara lain, panel surya, charger controller, baterai, dan inverter DC to AC.

Berdasarkan survei di laboratorium Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang, ketersediaan alat penunjang praktik atau trainer di Laboratorium Teknik Elektro yang berkaitan dengan konversi energi terbarukan khususnya untuk energi matahari masih minim, sehingga menjadi salah satu kekurangan yang dihadapi saat ini. Ketersediaan peralatan tersebut merupakan aspek penting yang harusnya terpenuhi karena dapat dijadikan sebagai media yang memperjelas penyajian pesan atau informasi sehingga memperlancar proses pembelajaran (Arsyad, 2013).

Penelitian yang berkaitan dengan penggunaan *trainer* energi terbarukan sebagai media pembelajaran telah banyak dilakukan. Penggunaan *trainer* panel surya tidak hanya memberikan pengetahuan kepada siswa mengenai konversi sumber energi hijau yang berasal dari matahari, melainkan juga teknologi yang digunakan dan dampak positif yang dihasilkan (Ranjit et al, 2012: 28).

Penelitian menggunakan sebuah *trainer* panel surya sebelumnya sudah pernah dilakukan. Objek penelitian tersebut adalah siswa SMK dengan indikator

penelitian berupa kemampuan siswa dalam menghitung besarnya tegangan dan arus panel surya sesuai jumlah sel yang terpasang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai hasil belajar siswa meningkat 12,27% setelah menggunakan *trainer* sebagai media pembelajaran (Setiawan et al, 2014: 39).

Penelitian selanjutnya adalah mengembangkan *trainer* pembangkit listrik tenaga surya sistem on grid dengan PLN. *Trainer* tersebut digunakan sebagai media penunjang mata kuliah praktikum pembangkit tenaga listrik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Penelitian ini menghasilkan persentase skor dari responden sebesar 91,98%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengembangan *trainer* pembangkit listrik tenaga surya sistem on grid dengan PLN layak sebagai media pembelajaran (Faiz dan Wicaksono, 2014: 67).

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian dengan judul “*Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya” yang ditujukan sebagai media pembelajaran mata kuliah energi terbarukan di Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan tersebut, identifikasi masalah dalam penelitian ini meliputi:

- 1.2.1 Minimnya media pembelajaran dalam bentuk *trainer* mengenai konversi energi matahari di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- 1.2.2 Perlunya menguji kelayakan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *photovoltaic off grid* agar layak digunakan sebagai media pembelajaran mata kuliah Energi Terbarukan.

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

- 1.3.1 *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya digunakan untuk media pembelajaran mata kuliah Energi Terbarukan.
- 1.3.2 Menguji kelayakan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya agar layak digunakan sebagai media pembelajaran mata kuliah Energi Terbarukan.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi:

- 1.4.1 Bagaimana prosedur pembuatan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk media pembelajaran mata kuliah Energi Terbarukan?
- 1.4.2 Bagaimana cara mengoperasikan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya?

1.4.3 Bagaimana kelayakan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya?

1.5 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan tersebut, maka tujuan di dalam penelitian ini meliputi:

1.5.1 Merealisasikan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk media pembelajaran mata kuliah Energi Terbarukan.

1.5.2 Mengoperasikan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

1.5.3 Mengetahui kelayakan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya agar layak digunakan untuk media pembelajaran mata Kuliah Energi Terbarukan.

1.6 Manfaat

Penelitian *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya memiliki manfaat sebagai berikut:

1.6.1 Bagi Mahasiswa/Tenaga Pengajar:

- a. Mendapatkan *trainer* yang valid dan layak digunakan sebagai media pembelajaran mata kuliah Energi Terbarukan.
- b. Membantu tenaga pengajar dalam menyampaikan materi perkuliahan dengan cara praktikum.

1.6.2 Bagi Jurusan/Universitas, mendapatkan tambahan media pembelajaran berupa *trainer* sebagai media penunjang praktikum bagi mahasiswa.

1.6.3 Bagi peneliti, menjadi sarana untuk menambah wawasan pengetahuan dan pengalaman yang dapat diterapkan secara nyata di lapangan.

1.7 Penegasan Istilah Judul

Penegasan istilah digunakan untuk menghindari kesalahan tafsir. Berikut beberapa istilah pokok didalam penelitian ini:

7.1.1 Trainer

Bachtiar (2002) dalam Fitrianto (2014: 71) menjelaskan bahwa *trainer* merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan sebagai media untuk menunjang pembelajaran sehingga dapat memperjelas penyampaian informasi ke peserta didik. Dampak positif dari penggunaan *trainer* yaitu menambah pengetahuan peserta didik karena pembelajaran tidak hanya bersifat teori melainkan juga praktik. Dalam hal ini *trainer* merupakan alat peraga yang merupakan salah satu bagian dari media pembelajaran. Pengertian media pembelajaran adalah perantara yang digunakan untuk menyampaikan informasi dalam pembelajaran di kelas, sehingga dapat mendukung proses belajar mengajar (Sa'diah, 2017).

Perbedaan *trainer* (alat peraga) dengan media pembelajaran terletak pada fungsinya, bukan pada substansinya. Sebuah sumber belajar disebut alat peraga apabila hanya berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran saja, sedangkan sumber belajar disebut media pembelajaran bila merupakan bagian integral dari seluruh proses atau kegiatan baik alat bantu maupun sumber utama ilmu atau informasi.

7.1.2 Instalasi

Instalasi adalah suatu sistem / rangkaian yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik (Samaulah, 2002). Dengan demikian instalasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah cara memasang dan merangkai setiap komponen PLTS berupa panel surya, *charge controller*, baterai, dan *AC inverter* pada posisinya sehingga komponen-komponen tersebut membentuk satu kesatuan dan bekerja sesuai fungsinya masing-masing agar dapat menyalurkan daya listrik dari sumber (panel surya) ke beban.

7.1.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem pembangkit listrik tenaga surya atau sistem *photovoltaic* adalah sistem yang mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik (Yulistiono *et al*, 2013:1). Keuntungan utama pembangkit listrik tenaga surya terletak pada kemudahan dalam pengimplementasiannya dibandingkan pembangkit listrik lainnya yang bersumber dari energi terbarukan (Jose dan Itagi, 2015: 851).

Berdasarkan penegasan istilah tersebut dapat diuraikan secara singkat tentang “*Trainer Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya*” adalah media pembelajaran yang ditujukan untuk praktikum mata kuliah energi terbarukan. *Trainer* ini akan membahas mengenai instalasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), proses perubahan energi matahari menjadi energi listrik secara *photovoltaic* dengan variabel sudut tangkap pada panel surya dan lama waktu penyinaran, serta pemberian beban DC dan AC yang dirangkai secara seri dan parallel.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini adalah:

2.1.1 Penelitian Setiawan *et al* (2014) yang berjudul “ Model *Trainer* Pembangkit

Listrik Tenaga Surya Sebagai Media Pembelajaran Dalam Materi Ajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya di SMK Negeri 1 Magelang”. Indikator penelitian berupa kemampuan siswa dalam menghitung besarnya tegangan dan arus panel surya sesuai jumlah sel yang terpasang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai hasil belajar siswa meningkat 12,27% setelah menggunakan *trainer* sebagai media pembelajaran.

2.1.2 Penelitian Faiz dan Wicaksono (2014) yang berjudul “Pengembangan

Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *On Grid* dengan PLN Untuk Menunjang Mata Kuliah Praktikum Pembangkit Tenaga Listrik”. Penelitian tersebut menghasilkan persentase skor dari responden sebesar 91,98%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengembangan *trainer* pembangkit listrik tenaga surya sistem *on grid* dengan PLN layak sebagai media pembelajaran.

2.1.3 Penelitian Pangestuningtyas *et al* (2013) yang berjudul “Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap”. Sudut azimuth paling tepat untuk pemasangan panel surya tipe *fixed array* di kota Semarang adalah 180° di mana panel dihadapkan ke arah utara. Sudut kemiringan panel surya setiap bulannya bervariasi antara 1° - 34° , sudut kemiringan yang tepat untuk musim hujan adalah 1° dengan radiasi rata-rata yang dapat diterima panel surya sebesar $13,128 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$. Dan sudut kemiringan panel surya saat musim kemarau adalah 24° dengan radiasi matahari maksimal yang diterima panel adalah $15,284 \text{ MJ/m}^2/\text{hari}$.

2.1.4 Penelitian Yuliananda *et al* (2015) yang berjudul “Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya”. Dalam penelitian tersebut diketahui intensitas matahari rata-rata tinggi terjadi sekitar pukul 11.00 sampai dengan 14.00 dengan luminasai cahaya sekitar 92300-115200 lumen. Intensitas matahari mempengaruhi daya, besarnya intensitas matahari berbanding lurus dengan daya yang dikeluarkan oleh panel surya.

Hubungan dengan hasil penelitian sebelumnya dengan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Hubungan Penelitian Sebelumnya dengan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya

| No. | Penelitian Sebelumnya | Hubungan <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya |
|-----|---|---|
| 1. | Penelitian Setiawan <i>et al</i> (2014) | Sebagai referensi untuk praktikum pengukuran tegangan dan arus pada panel surya yang dirangkai seri dan parallel. |
| 2. | Penelitian Faiz dan Wicaksono (2014) | Sebagai referensi ntuk mengetahui persentase penilaian sikap responden terhadap <i>Trainer</i> Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. |
| 3. | Penelitian Pangestuningtyas <i>et al</i> (2013) | Sebagai referensi untuk menentukan sudut tangkap panel surya agar menghasilkan daya maksimal pada <i>trainer</i> . |
| 4. | Penelitian Yuliananda <i>et al</i> (2015) | Sebagai referensi untuk mengetahui waktu penyinaran dengan intensitas cahaya matahari yang tinggi pada <i>trainer</i> . |

Pada tabel 2.1 *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya memiliki rujukan penelitian sebelumnya yang relevan. Penelitian sebelumnya dijadikan referensi untuk jenis praktikum pada *trainer* dan uji kelayakan *trainer*. Praktikum pengukuran tegangan dan arus pada rangkaian seri-parallel panel surya dan pengaruh sudut tangkap terhadap keluaran panel surya diperoleh dari referensi penelitian sebelumnya. Sedangkan pemberian beban DC dan AC pada *trainer* merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya. Uji kelayakan *Trainer*

Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya diperoleh dari uji teknis dan uji kinerja *trainer*. Sedangkan Referensi penilaian responden terhadap *trainer* juga diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai data pelengkap untuk uji kelayakan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Definisi *Trainer*

Trainer merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan sebagai media untuk menunjang pembelajaran sehingga dapat memperjelas penyampaian informasi ke peserta didik (Fitrianto, 2014: 71) menjelaskan bahwa. Dampak positif dari penggunaan *trainer* yaitu menambah pengetahuan peserta didik karena pembelajaran tidak hanya bersifat teori melainkan juga praktik.

Dengan media sebagai acuan dasar, maka perlu diketahui apa itu media. Kata media berasal dari bahasa latin *medius* yang secara harfiah berarti tengah, perantara, atau pengantar.

Dari pengertian di atas dapat dipahami bahwa peserta didik menggunakan media atau *trainer* sebagai perantara , untuk membangun kondisi pembelajaran sehingga dapat tercapai perubahan pengetahuan, keterampilan, dan sikap peserta didik.

Dalam kegiatan belajar mengajar, sering juga pemakaian kata media pembelajaran digantikan dengan istilah-istilah seperti alat pandang dengan bahan pengajaran (*instructional material*), komunikasi pandang (*audio-visual*

communication), teknologi pendidikan (educational technology), alat peraga, dan media penjas.

Media sebagai pembelajaran berfungsi sebagai alat bantu untuk menyampaikan informasi kepada peserta didik. Alat bantu yang dimaksud penulis adalah alat bantu praktik atau alat peraga praktik, yaitu: Trainer Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

2.2.2 Instalasi PLTS

Instalasi adalah suatu sistem / rangkaian yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik (Samaulah, 2002:1). Dengan demikian instalasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah cara memasang dan merangkai setiap komponen PLTS berupa panel surya, charge controller, baterai, dan AC inverter pada posisinya sehingga komponen-komponen tersebut membentuk satu kesatuan dan bekerja sesuai fungsinya masing-masing agar dapat menyalurkn daya listrik dari sumber (panel surya) ke beban.

2.2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi matahari. Keuntungan utama pembangkit listrik tenaga surya terletak pada kemudahan dalam pengimplementasiannya dibandingkan pembangkit listrik lainnya yang bersumber dari energi terbarukan (Jose dan Itagi, 2015: 851).

Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Pada penelitian ini hanya akan membahas pembangkitan energi listrik dari matahari menggunakan cara fotovoltaik. Proses fotovoltaik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik yang terjadi pada sel surya. Efek fotoelektrik adalah pengeluaran elektron dari suatu permukaan (biasanya logam) ketika dikenai, dan menyerap, radiasi elektromagnetik (seperti cahaya tampak dan radiasi ultraungu) yang berada di atas frekuensi ambang tergantung pada jenis permukaan.

2.2.4 Energi Matahari

Matahari merupakan sumber energi terbesar bagi bumi. Setiap hari matahari memancarkan sinarnya ke bumi dan juga planet-planet lain yang ada pada tata surya. pemancaran energi matahari yang sampai ke bumi telah berlangsung secara terus-menerus sejak kurang lebih 5.000.000.000 tahun yang lalu dan akan terus berlangsung sampai waktu yang tidak diketahui. Energi matahari yang seakan-akan tak akan pernah habis tersebut, ternyata berasal dari reaksi thermonuklir yang sangat dahsyat dan menghasilkan panas dalam orde jutaan derajat celcius. Oleh karena sumber energi matahari berasal dari reaksi thermonuklir, berarti energinya berarti energinya bisa berkurang dan pada akhirnya akan habis. Manakala reaktan yang terlibat dalam reaksi thermonuklir telah habis bereaksi (Ningsih, 2009: 21).

Pemanfaatan energi matahari dipermukaan bumi sebagai sumber energi listrik diperkirakan hanya mampu menyumbang kurang dari 1 triliun KWH saja. Hal ini terjadi karena adanya kondisi siang dan malam, serta pendeknya periode iluminasi sinar matahari yang hanya sekitar 6-8 jam saja setiap harinya.

Berdasarkan teori Maxwell tentang energi radiasi matahari dengan rumus $E=hc/l$

Dengan:

E = energi radiasi matahari (Joule)

h = konstanta plank ($6,626 \times 10^{-34}$ Js)

c = kecepatan cahaya ($2,99 \times 10^8$ m/s)

l = panjang gelombang (cahaya tampak, 300-800 nm)

Dari rumus diatas dapat diketahui bahwa besarnya energi radiasi matahari dipengaruhi oleh panjang gelombang karena konstanta planck dan kecepatan cahaya merupakan suatu ketetapan, sedangkan besarnya panjang gelombang dapat berubah-ubah. Radiasi matahari terbesar terjadi pada gelombang cahaya tampak yaitu dengan panjang gelombang 300-800 nm. Energi radiasi matahari berbanding terbalik dengan panjang gelombang, semakin besar panjang gelombangnya maka energi radiasi yang dihasilkan semakin kecil, begitu pula sebaliknya.

2.2.5 Panel Surya

Panel surya atau modul surya adalah kumpulan sel-sel surya yang dirangkai sedemikian rupa (seri atau paralel) sesuai dengan keperluan yang berfungsi

merubah cahaya matahari menjadi listrik arus searah (DC). Bentuk moduler dari modul surya memberikan kemudahan pemenuhan kebutuhan listrik untuk berbagai skala kebutuhan. Kebutuhan kecil dapat dicukupi dengan satu atau dua modul, dan kebutuhan besar dapat dicatu oleh bahkan ribuan modul surya yang dirangkai menjadi satu. satu buah modul surya umumnya terdiri dari 36 buah solar cell.



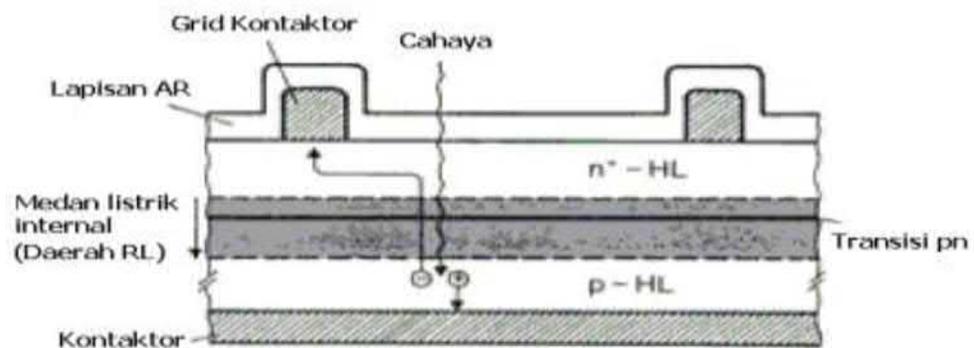
Gambar 2.1 Panel Surya

(Sumber: Hilmansyah (2017:91))

Ada 5 hal yang akan dibahas berkaitan dengan panel surya, antara lain struktur sel surya, cara kerja sel surya, jenis-jenis sel surya, karakteristik sel surya, dan faktor-faktor yang mempengaruhi sel surya. Berikut ini penjelasan mengenai kelima hal tersebut:

a) Struktur Sel Surya

Sel surya tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung atau biasa disebut dengan istilah photovoltaic (Mudhofiroh dan Noor, 2014:13). Sesuai dengan perkembangan sains & teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula. Sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon)



Gambar 2.2 Penampang Panel Surya

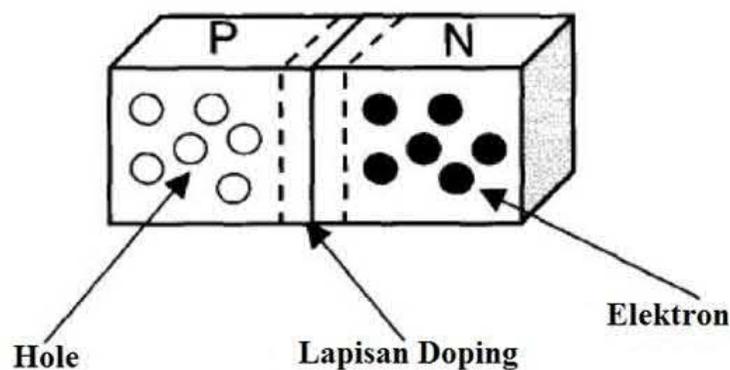
(Sumber: Alfiyanti (2016:82))

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari material semikonduktor. Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai

beberapa ratus mikrometer. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-n dan tipe-p yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya.

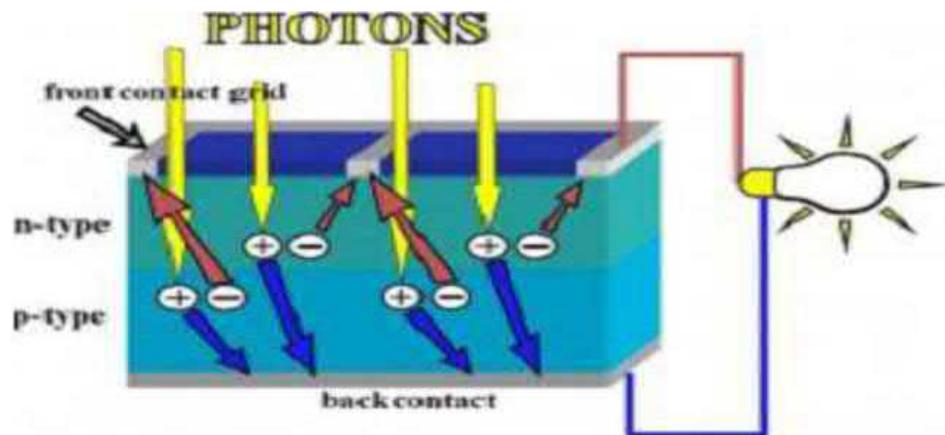
b) Cara Kerja Sel Surya

Dasar dari prinsip kerja sel surya adalah p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. 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.



Gambar 2.3 Junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n

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 dibawah.



Gambar 2.4 Ilustrasi cara kerja sel surya
(Sumber: Alfiyanti (2016:82))

c) Jenis-Jenis Sel Surya

Jenis-jenis sel surya digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu *monocrystalline*, *polycrystalline*, dan *thin film solar cell (TFSC)*. Berikut ini penjelasan dari ketiga jenis sel surya tersebut:

1) *Monocrystalline*

Pada penelitian ini, jenis sel surya yang digunakan adalah *Monocrystalline*. Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Dengan teknologi seperti ini, akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, sekitar 15% - 20%. Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan mahalnya harga jenis sel surya ini dibandingkan jenis sel surya yang lain di pasaran.

Kelemahannya, sel surya jenis ini jika disusun membentuk solar modul (panel surya) akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya.

2) *Polycrystalline*

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur / dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak semurni pada sel surya *monocrystalline*, karenanya sel surya

yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16% .

Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya *monocrystalline*. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding *monocrystalline*, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini.

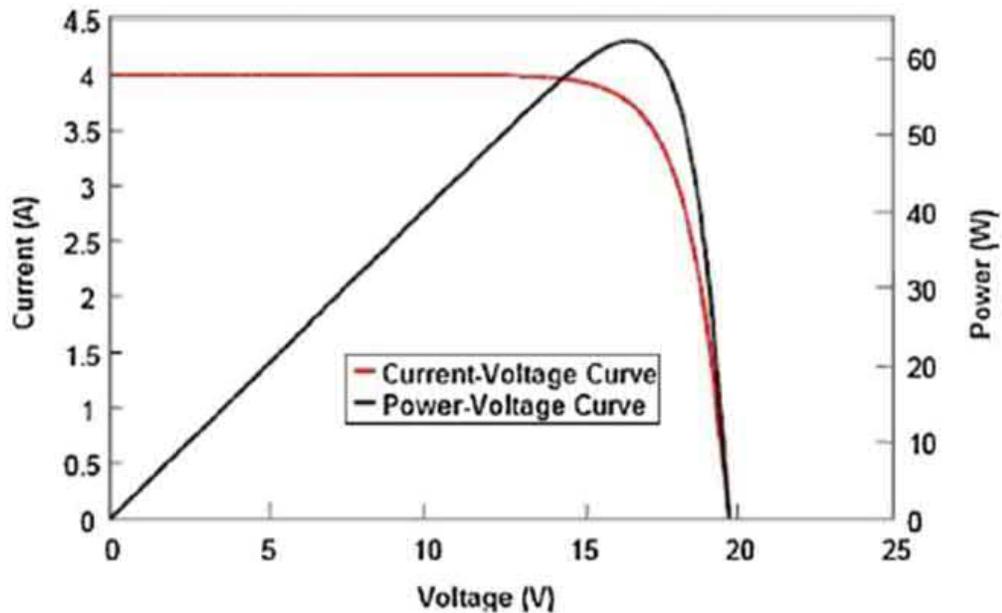
3) *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*).

d) Karakteristik Sel Surya

Total pengeluaran listrik (wattage) dari solar cell panel adalah sebanding dengan voltase/tegangan operasi dikalikan dengan arus operasi saat ini. Solar cell panel dapat menghasilkan arus dari voltase yang berbeda-beda. Hal ini berbeda dengan baterai, yang menghasilkan arus dari voltase yang relatif konstan.

Karakteristik output dari solar cell panel dapat dilihat dari kurva performansi, disebut I-V curve, I-V curve menunjukkan antara arus dan voltase.



Gambar 2.5 Kurva I-V

(Sumber: Meral (2011:2178))

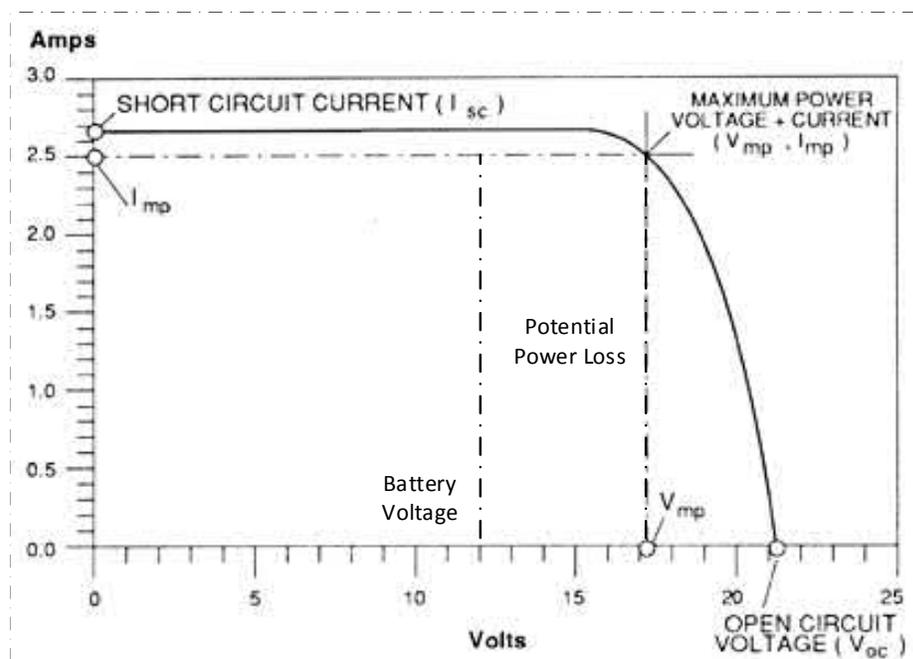
Gambar di atas menunjukkan tipikal kurva I-V. Voltase (V) adalah sumbu horizontal. Arus (I) adalah sumbu vertikal. Kebanyakan kurva I-V diberikan dalam Standard Test Conditions (STC) 1000 watt per meter persegi radiasi (atau disebut satu matahari puncak/ one peak sun hour) dan 25 derajat Celcius/ 77 derajat Fahrenheit suhu solar cell panel. Sebagai informasi STC mewakili kondisi optimal dalam lingkungan laboratorium.

Kurva I-V terdiri dari 3 hal penting yaitu *Maximum Power Point* (V_{mp} & I_{mp}), *Open Circuit Voltage* (V_{oc}), dan *Short Circuit Current* (I_{sc}). Berikut ini penjelasan mengenai ketiganya:

1) Maximum Power Point (V_{mp} & I_{mp})

Pada kurva I-V Maximum Power Point V_{mp} dan I_{mp} , adalah titik operasi, di mana maksimum pengeluaran / output yang dihasilkan oleh solar cell panel saat kondisi operasional. Dengan kata lain, V_{mp} dan I_{mp} dapat diukur pada saat solar cell panel diberi beban pada 25 derajat Celcius dan radiasi 1000 watt per meter persegi. Pada kurva di atas voltase 17 volts adalah V_{mp} , dan I_{mp} adalah 2,5 ampere. Jumlah watt pada batas masimum ditentukan dengan mengalikan V_{mp} dan I_{mp} , maksimum jumlah watt pada STC adalah 43 watt.

Output berkurang sebagaimana voltase menurun. Arus dan daya output dari kebanyakan modul solar cell panel menurun sebagaimana tegangan/ voltase meningkat melebihi maximum power point.



Gambar 2.6 Modul I-V curve (12V DC nominal)

2) *Open Circuit Voltage*

Open Circuit Voltage (Voc), adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus (current). Pada kurva I-V, Voc adalah 21 volts. Daya pada saat Voc adalah 0 watt.

Voc solar cell panel dapat diukur di lapangan dalam berbagai macam keadaan. Saat membeli modul, sangat direkomendasikan untuk menguji voltase agar mengetahui apakah cocok dengan spesifikasi pabrik. Saat menguji voltase dengan multimeter digital dari terminal positif ke terminal negatif. *Open Circuit Voltage* (Voc) dapat diukur pada pagi hari dan sore hari.

3) *Short Circuit Current (Isc)*

Short Circuit Current (Isc) adalah maksimum output arus dari solar cell panel yang dapat dikeluarkan (output) di bawah kondisi dengan tidak ada resistansi atau short circuit. Pada kurva I-V di atas menunjukkan perkiraan arus 2,65 ampere. Daya pada Isc adalah 0 watt. *Short circuit current* dapat diukur hanya pada saat membuat koneksi langsung terminal positif dan negatif dari modul solar cell panel.

e) **Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sel Surya**

Tiga hal yang mempengaruhi unjuk kerja / performansi dari modul *solar cell* panel yaitu resistansi beban, intensitas cahaya matahari, dan sudut tangkap. Berikut ini penjelasan mengenai tiga hal tersebut :

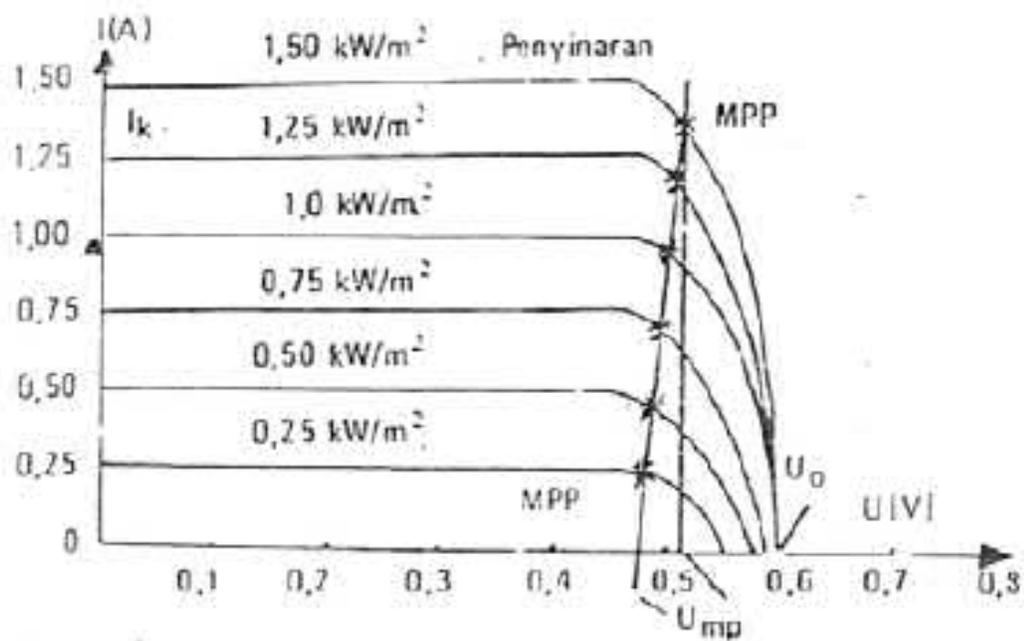
1) Resistansi Beban

Tegangan baterai adalah tegangan operasi dari solar cell panel modul, apabila baterai dihubungkan langsung dengan solar cell panel modul. Sebagai contoh, umumnya baterai 12 volt, voltase/ tegangan baterai biasanya antara 11,5 sampai 15 volts. Untuk dapat mencharge baterai, solar cell panel harus beroperasi pada voltase yang lebih tinggi daripada voltase baterai bank.

Efisiensi paling tinggi adalah saat solar cell panel beroperasi dekat pada maximum power point. Pada contoh diatas, tegangan baterai harus mendekati tegangan V_{mp} . Apabila tegangan baterai menurun di bawah V_{mp} , ataupun meningkat di atas V_{mp} , maka efisiensinya berkurang.

2) Intensitas Cahaya Matahari

Semakin besar intensitas cahaya matahari secara proporsional akan menghasilkan arus yang besar. Seperti pada gambar berikut, tingkatan cahaya matahari menurun, bentuk dari kurva I-V menunjukkan hal yang sama, tetapi bergerak ke bawah yang mengindikasikan menurunnya arus dan daya. Sedangkan voltasenya tidak berubah dengan berbagai macam intensitas matahari.



Gambar 2.7 Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Daya *Solar Cell*
(Sumber: Syafaruddin (2010:7))

3) Sudut Tangkap

Besarnya sudut tangkap pada panel surya mempengaruhi kinerja dari sel surya. Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel surya secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$. Jika tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang sel surya maka bidang panel surya diletakkan pada equator (latitude 0°), yang diletakkan mendatar (tilt = 0) akan menghasilkan energi maksimum. Sedangkan untuk lokasi dengan latitude berbeda harus dicarikan “tilt angle” yang optimum (Yuliananda et al, 2015 : 195).

2.2.6 Charger Controller

Charger Controller dalam sistem PLTS berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk pada panel surya maupun arus beban keluar / digunakan. Pada penelitian ini spesifikasi *charger controller* yang digunakan adalah 12/24 V 20A. Berikut ini fungsi, cara kerja dan *mode charging charger controller*:

a. Fungsi *charger controller*:

- 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) Memonitoring temperatur baterai.

b. Cara kerja *charger controller*:

- 1) *Charging mode*: yaitu mode mengisi baterai meliputi waktu pengisian baterai dan menghentikan pengisian jika baterai penuh.
- 2) *Operation mode*: yaitu mode penggunaan baterai ke beban, pelayanan baterai ke beban akan diputus jika baterai sudah mulai kosong.

c. *Mode charging charger controller*:

- 1) *Fase bulk* : fase pengisian tegangan baterai, pada fase ini baterai diisi dengan setup tegangan antara 14.4-14.6 Volt agar tidak terjadi drop tegangan dan arus diambil secara maksimum dari panel surya.

- 2) *Fase absorption* : fase penyerapan tegangan dari fase bulk, pada fase ini tegangan dan arus baterai akan menurun secara bertahap ketika baterai sudah mencapai kapasitasnya.
- 3) *Fase float* : fase pelepasan arus ke beban. Pada fase ini 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/*solar cell*.

2.2.7 Baterai

Aki (Battery) adalah alat penyimpan energi yang diisi oleh aliran DC dari panel surya. Pada penelitian ini, baterai yang digunakan adalah jenis aki kering 12V 7Ah.

7Ah artinya akkumulator mampu mengalirkan arus listrik 1 Ampere dan dapat bertahan selama 7 jam tanpa pengisian kembali. Proses pengisian arus pada baterai terjadi jika ada beda potensial. Untuk melakukan pengisian diperlukan sumber tenaga listrik arus searah (dari panel surya) yang memiliki beda potensial sedikit lebih besar. Karena baterai yang digunakan 12V, maka harus diisi dengan sumber arus yang lebih besar dari 12V.

2.2.8 Inverter DC to AC

Inverter adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, 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. Pada penelitian ini, inverter yang digunakan adalah 150 watt, hal ini disesuaikan dengan beban yang digunakan. Input pada inverter berasal dari baterai 12V DC, yang kemudian akan diubah menjadi 220V AC.

2.2.9 Voltmeter

Voltmeter adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengukur tegangan listrik. Pada penelitian ini digunakan 3 buah voltmeter, yaitu 1 buah voltmeter DC analog dengan batas ukur 0-50V DC, 1 buah voltmeter DC digital dengan batas ukur 100 V DC, dan 1 buah voltmeter AC analog dengan batas ukur 0-300V AC.

2.2.10 Amperemeter

Amperemeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik. Amperemeter yang digunakan pada penelitian ini ada 3 buah, yaitu 1 buah amperemeter DC analog dengan batas ukur 0-3A, 1 buah amperemeter DC digital dengan batas ukur 10A, dan 1 buah amperemeter AC analog dengan batas ukur 0-5A.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

5.1.1 Pembuatan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya terdiri dari

tiga tahapan yaitu pembuatan desain *trainer*, pemilihan bahan dan komponen *trainer*, dan proses perakitan bahan dan komponen *trainer* yang disesuaikan dengan desain yang telah dibuat.

5.1.2 Cara pengoperasian *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya

adalah dengan menghubungkan masing-masing komponen pada *trainer* menggunakan kabel penghubung dengan menyesuaikan jenis praktikum yang dilakukan. Ada tiga jenis praktikum yang telah disediakan pada *jobsheet* praktikum yaitu rangkaian seri dan parallel pada panel surya, pengaruh sudut tangkap matahari terhadap perubahan tegangan dan arus keluaran panel surya, dan pemberian beban DC dan AC pada *trainer* PLTS. Untuk setiap praktikum cara pengoperasian *trainer* berbeda-beda sesuai dengan langkah kerja pada *jobsheet* praktikum Energi Terbarukan.

5.1.3 Hasil uji validasi *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya oleh

dua dosen ahli diperoleh dari hasil analisis ketiga aspek yang dinilai yaitu aspek kualitas tampilan memperoleh nilai rata-rata 87,49% dengan kategori “sangat baik”, aspek kualitas teknis memperoleh nilai rata-rata 87,5%

dengan kategori “sangat baik”, dan aspek kemanfaatan memperoleh nilai rata-rata 93,75% dengan kategori “sangat baik”. Sehingga jumlah persentase ketiga aspek dari hasil uji validasi memperoleh nilai rata-rata 89,58% dengan kategori “sangat baik”

5.1.4 Hasil uji kelayakan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya diperoleh dari uji teknis *trainer*, uji kinerja *trainer*, dan penilaian oleh 30 mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro tahun angkatan 2016 diperoleh hasil penilaian aspek kemudahan pengoperasian *trainer* memperoleh nilai rata-rata 86,99% dengan kategori “sangat baik”, aspek kemanfaatan memperoleh nilai rata-rata 88,05% dengan kategori “sangat baik”, dan aspek *jobsheet* praktikum memperoleh nilai rata-rata 86,38% dengan kategori “sangat baik”. Hasil rata-rata jumlah persentase tiga aspek penilaian mahasiswa diperoleh nilai 87,12% dengan kategori “sangat baik”.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, saran yang diharapkan sebagai berikut:

5.2.1 Adanya pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang lebih baik. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah variasi berupa *tracking* otomatis panel surya serta penambahan data logger dengan tujuan menambah pengetahuan dan wawasan mahasiswa.

5.2.2 *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya digunakan untuk mengoptimalkan kegiatan praktikum proses konversi energi matahari menjadi energi listrik, disarankan *trainer* dapat digunakan pada pembelajaran mata kuliah Energi Terbarukan agar mahasiswa memperoleh kemudahan dalam melaksanakan praktikum.

5.2.3 *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat digunakan untuk mengetahui perbedaan keluaran tegangan dan arus jika panel surya dirangkai secara seri atau parallel, menentukan sudut tangkap terbaik antara panel surya dan cahaya matahari agar mendapat menghasilkan daya yang lebih besar, serta pemberian beban DC dan AC pada *trainer*, diharapkan penelitian selanjutnya dapat menambah variasi praktikum pada *Trainer* Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiyanti, Dian Furqani. 2016. *Pengaturan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1000 Watt. Jurnal Kajian Teknik Elektro* 1(1): 79-95.
- Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- _____. 2013. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- _____. 2016. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Arsyad, A. 2013. *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Anto, Budhi., Edy Hamdani, dan Rizki Abdullah. 2014. *Portable Battery Charger Berbasis Sel Surya. Jurnal Rekayasa Elektrika* 11(1):19-24.
- Faiz, M. R. dan P. N. Wicaksono. 2014. Pengembangan Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem on Grid dengan PLN untuk Menunjang Matakuliah Praktikum Pembangkit Tenaga Listrik. *TEKNO* 22: 64-68.
- Fajri, Sa'diah. 2017. *Troubleshooting Sistem Audio Mobil Sebagai Media Pembelajaran Teknik Audio Video Di Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Skripsi*. Program S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Fitrianto, R. D. 2014. Trainer Digital Register dan Counter Sebagai Media Pembelajaran untuk Mahasiswa Elektronika Komunikasi di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro* 3(1): 69-75.
- Hilmansyah dan Ramli. 2017. Optimalisasi Intensitas Cahaya pada Luas Pemukaan Solar Cell. *Jurnal Teknologi Terpadu* 5(1): 90-95.
- Jose, S. dan R. L. Itagi. 2015. Smart Solar Power Plant. *International Conference on Communications and Signal Processing*. Melmaruvathur, India. 850-854.
- Meral, Mehmet Emin dan Furkan Dincer. 2011. A review of factors affecting operating and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems. *Elsevier Journal* 15: 2176-2184.

- Mudhofiroh, Novi dan M. Fathuddin Noor. 2014. *Karakteristik Solar Cell 10-Wp Pada Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan. Jurnal Energy* 4(2): 12-19.
- Ningsih, Murni Irian. 2009. *Energi Alternatif*. Bandung: CV Alfarisi Putra.
- Pangestuningtyas, Hermawan dan Karnoto. 2013. Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap. *TRANSEIN* 2(4): 930-937.
- Putra, Rachmat Guntur Dwi. 2012. Perancangan Trainer Pembelajaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Mata Kuliah Pembangkit Energi Listrik. *Skripsi*. Program S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta. Jakarta.
- Ranjit, S. S. S., S. A. Anas, S. K. Subramaniam, C. F. Tan, dan S. H. Chuah. 2012. Development of Solar Educational Training Kit. *International Journal of Engineering and Innovative Technology* 2(3): 25-29.
- Setiawan, M. E. 2014. Model Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Media Pembelajaran Dalam Materi Ajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya di SMK Negeri 1 Magelang. *Edu Elekrika Journal* 3(1): 35-41.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- _____. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- _____. 2016. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Syafaruddin. 2010. Perbandingan Unjuk Kerja Panel Sel Surya Berpenjejak dengan Panel Sel Surya Diam. *Jurnal Teknologi Elektro* 9(1): 6-11.
- Yuliananda, S., Gede Sarya dan R.A Retno Hastijanti. 2015. Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya* 1(2): 193-202.
- Yulistiono, Irwan., Teguh Utomo dan Unggul Wibawa. 2013. Perancangan Hybrid Sistem Photovoltaic di Gardu Induk Blimbing-Malang. *Jurnal Mahasiswa TEUB* 1(5): 1-6.