

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

# PEMASANGAN DAN PEMELIHARAAN PLTS

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI SURYA & ANGIN

Program Keahlian : Teknik Energi Terbarukan

KELOMPOK  
KOMPETENSI

7



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
2015

**Style Definition:** Heading 1: Font: 13 pt, Bold, Line spacing: 1,5 lines

**Style Definition:** Heading 2: Font: Bold, Line spacing: 1,5 lines

**Style Definition:** aaaaa: Font: Calibri, 10 pt, Not Bold, Font color: Background 1, Left, Indent: Left: 1,27 cm, Right: 1 cm, Line spacing: single, Pattern: Clear (Gray-65%), Tab stops: 1,49 cm, Left + 3,9 cm, Left + 7 cm, Left

# **PEMASANGAN DAN PEMELIHARAAN PLTS**

**PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI SURYA & ANGIN**

**PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI TERBARUKAN**

**Penyusun:**

**Tim PPPPTK**

**BMTI**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN**

**2015**

## KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikat maupun belum bersertifikat. Untuk melaksanakan PKB bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi objektif guru saat ini dan kebutuhan peningkatan kompetensinya.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama diklat PKB sesuai dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasikan perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada kebijakan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan tentang pengelompokan kompetensi guru sesuai jabatan Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat PKB yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG akan langsung dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategi pencapaian target RPJMN tahun 2015–2019 antara lain adalah meningkatnya kompetensi guru dilihat dari Subject Knowledge dan Pedagogical Knowledge yang diharapkan akan berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Oleh karena itu, materi yang ada di dalam modul ini meliputi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Dengan menyatukan modul kompetensi pedagogik dalam kompetensi profesional diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Selain dalam bentuk hard-copy, modul ini dapat diperoleh juga dalam bentuk digital, sehingga guru dapat lebih mudah mengaksesnya kapan saja dan dimana saja meskipun tidak mengikuti diklat secara tatap muka.

Kepada semua pihak yang telah bekerja keras dalam penyusunan modul diklat PKB ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Jakarta, Desember 2015  
Direktur Jenderal,

**Sumarna Surapranata, Ph.D**  
**NIP: 195908011985031002**

## DAFTAR ISI

|  |     |
|--|-----|
| KATA PENGANTAR.....  | i   |
| DAFTAR ISI.....  | ii  |
| DAFTAR GAMBAR.....   | iv  |
| DAFTAR TABEL .....   | vii |
| PENDAHULUAN.....   | 1   |
| A. Latar Belakang.....   | 1   |
| B. Tujuan .....  | 3   |
| C. Peta Kompetensi.....  | 4   |
| D. Ruang Lingkup.....  | 4   |
| E. Saran Cara Penggunaan Modul.....  | 5   |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN.....   | 6   |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : TEKNIK KOMUNIKASI EFEKTIF DALAM PEMBELAJARAN ...                       | 6   |
| A. Tujuan .....  | 6   |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....  | 6   |
| C. Uraian Materi.....  | 7   |
| D. Aktivitas Pembelajaran .....  | 47  |
| E. Rangkuman .....   | 58  |
| F. Tes Formatif (Per kegiatan pembelajaran. Berupa Tes Lisan, atau Tulisan, dan Perbuatan) ..... | 59  |
| G. Kunci Jawaban.....  | 60  |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : ALAT UKUR PLTS .....   | 61  |
| A. Tujuan .....  | 61  |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....  | 61  |
| C. Uraian Materi.....  | 61  |
| D. Aktivitas Pembelajaran .....  | 86  |
| E. Rangkuman .....   | 101 |
| F. Tes Formatif .....  | 101 |
| G. Kunci Jawaban.....  | 103 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : KOMPONEN PLTS.....   | 104 |
| A. Tujuan .....  | 104 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....  | 104 |

|   |     |
|---|-----|
| C. Uraian Materi.....   | 104 |
| D. Aktivitas Pembelajaran .....                                   | 143 |
| E. Rangkuman .....  | 156 |
| F. Tes Formatif .....   | 157 |
| G. Kunci Jawaban.....   | 159 |
| KEGIATAN PEMEBELAJARAN 4 : PEMASANGAN PLTS SHS DAN POMPA AIR..... | 160 |
| A. Tujuan .....   | 160 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....                           | 160 |
| C. Uraian Materi.....   | 160 |
| D. Aktivitas Pembelajaran .....                                   | 179 |
| E. Rangkuman .....  | 187 |
| F. Tes Formatif .....   | 188 |
| G. Kunci Jawaban.....   | 190 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : PENGOPERASIAN PLTS.....                 | 191 |
| A. Tujuan .....   | 191 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....                           | 191 |
| C. Uraian Materi.....   | 191 |
| D. Aktivitas Pembelajaran .....                                   | 220 |
| E. Rangkuman .....  | 221 |
| F. Tes Formatif .....   | 222 |
| G. Kunci Jawaban.....   | 224 |
| PENUTUP .....   | 225 |
| Uji Kompetensi.....   | 225 |
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 226 |
| GLOSARIUM .....   | 227 |

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 Distribusi radiasi solar global dalam ( $\text{kWh/m}^2\cdot\text{tahun}$ ) ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2 Profil penyinaran matahari di Indonesia.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 Pola waktu radiasi untuk 3 model radiasi sederhana (dua hari di bulan Januari) .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4 Contoh perbandingan model '*Standar Solar Day*' dengan pola harian terukur .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5 Radiasi Ekstraterrestrial (terkalkulasi), global (terukur) dan sebaran/diffusi (terestimasi) pada 15 – 16 Januari di Timbuktu, Mali.... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 6 Geometri Matahari.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7 Multimeter / AVOMeter.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 8 Kedudukan Normal Jarum Penunjuk Meter.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 9 Multimeter untuk Mengukur Arus DC .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 10 Wattmeter.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 11 Diagram Hubungan Wattmeter .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 12 Osiloskop .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 13 Contoh control panel suatu Osiloskop .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 14 Probe pengukuran.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 15 Rangkaian pengujian dan Karakteristik sebuah sel surya ...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 16 Hubungan seri dan karakteristik sel surya .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 17 Hubungan parallel dan karakteristiknya ..... 85
- Gambar 2. 18 Multimeter untuk Mengukur Tegangan AC ...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 19 Multimeter untuk Mengukur Tegangan DC...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 20 Multimeter untuk Mengukur Arus DC .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1 Konversi radiasi sinar matahari menjadi listrik **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 2 Struktur Konstruksi Modul Fotovoltaik .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 3 Sel dan Modul Fotovoltaik Monokristal .....**Error! Bookmark not defined.**

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Gambar 3. 4 Sel dan Modul Fotovoltaik Polikristal.....                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 5 Modul surya amorfous .....                                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 6 Kurva Arus-Tegangan dari sebuah mdul surya.                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 7 Fill-factor .....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 8 Kurva I-V sebagai fungsi radiasi matahari .....                 | 112                                 |
| Gambar 3. 9 Kurva I-V sebagai fungsi temperatur sel .....                   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 10 Koefisien Temperatur.....                                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 11 Rangkaian pengukuran modul fotovoltaik.....                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 12 Skema pengukuran intensitas radiasi matahari.....              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>defined.</b>   |                                     |
| Gambar 3. 13 Proses Pengisian dan Pengurusan Baterai .....                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 14 Baterai Starter .....  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 15 Baterai <i>Deep-Cycle</i> .....                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 16 Hubungan baterai .....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 17 Korelasi tegangan baterai vs laju <i>discharge</i> ...         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 18 Siklus ( <i>cycle life</i> ) vs DOD baterai .....              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 19 Grafik tegangan baterai harian .....                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 20 Square Wave .....  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 21 Modified Sine Wave .....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 22 Pure Sine Wave .....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 23 Gelombang Output Inverter Dengan 2 Terminal .....              | 139                                 |
| Gambar 3. 24 Gelombang Output Pada Inverter Dengan 3 Terminal               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>defined.</b>   |                                     |
| Gambar 3. 25 Contoh Harmonisa Pada Inverter 2 Terminal                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 26 Contoh Harmonisa Pada Inverter 3 Terminal                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 27 Rangkaian Pengujian BCU .....                                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 3. 28 Rangkaian Pemasangan Inverter.....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <br>  |                                     |
| Gambar 4. 1 Sistem penerangan individual atau Solar Home System (SHS) ..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>Bookmark not defined.</b>  |                                     |
| Gambar 4. 2 Skema pemasangan SHS (3 lampu) .....                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |

- Gambar 4. 3 Skema pemasangan modul ke dudukan modul ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 4 Blok diagram Sistem SESF terpusat.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 5 Bentuk gelombang *Pure Sine Wave* .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 6 Setup SESF terpusat .....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 7 Skema umum instalasi pompa air tenaga surya ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 8 Sistem pompa air tenaga air Battery-coupling.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 9 Sistem pompa air tenaga surya tipe direct coupling..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 10 Setup percobaan pompa air tenaga surya .....**Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 2. 1 Penyinaran matahari di 18 lokasi di Indonesia.....                                 | 62  |
| Tabel 2. 2 Berbagai simbol untuk besaran penyinaran matahari .....                            | 65  |
| Tabel 2. 3 Diagram hubungan wattmeter .....   | 79  |
| Tabel 2. 4 Percobaan Mengukur Hambatan ( Range W ) menggunakan Multimeter .....               | 87  |
| Tabel 2. 5 Percobaan Mengukur Tegangan AC ( Range ACV ) dengan menggunakan<br>Multimeter..... | 88  |
| Tabel 2. 6 Percobaan Mengukur Tegangan DC ( Range DCV ) dengan menggunakan<br>Multimeter..... | 89  |
| Tabel 2. 7 Percobaan Mengukur Arus DC ( Range DCmA ) dengan menggunakan<br>Multimeter.....    | 90  |
| <br>  |     |
| Tabel 3. 1 Bulk charging current sesuai kapasitas baterai .....                               | 128 |
| Tabel 3. 2 Tegangan charging berdasarkan tipe baterai.....                                    | 129 |
| <br>  |     |
| Tabel 4. 1 Variasi beban lampu SHS.....   | 165 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Salah satu bentuk energi yang banyak dipergunakan di dunia adalah energi listrik, sehingga dapat dikatakan bahwa listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia. Listrik dapat dibangkitkan melalui berbagai sumber energi yang berbeda baik menggunakan sumber energi fosil (seperti minyak bumi, batubara, dan gas-alam) maupun sumber energi terbarukan (seperti: matahari, hidro, angin, panas bumi dan biomassa).

Oleh karena berbagai dampak negatif yang ditimbulkan, misalnya: dari kecelakaan pusat listrik energi nuklir, polusi lingkungan sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar fosil dan kehabisan bahan bakar diwaktu mendatang, maka penggunaan sumber energi terbarukan sangat didorong pengembangannya.

Matahari, hidro, panas bumi dan biomassa adalah sumber-sumber energi terbarukan yang sangat potensial bagi Indonesia. Sumber energi angin, kendatipun terbatas, tetapi masih dapat dijumpai potensinya di beberapa tempat khususnya dipesisir pantai selatan Indonesia yang membentang dari Pulau Jawa sampai dengan Nusa Tenggara Timur. Pembangkitan listrik sistem energi terbarukan dalam skala menengah dan besar di Indonesia pada umumnya digunakan sumber minihidro, biomassa, PLTA dan panas bumi. Untuk kebutuhan listrik skala kecil dan tersebar, pada umumnya dimanfaatkan teknologi mikrohidro, fotovoltaik dan angin.

Secara ekonomi pemanfaatan listrik fotovoltaik di Indonesia dewasa ini lebih sesuai untuk kebutuhan energi yang kecil pada daerah terpencil dan terisolasi. Meskipun pembangkit fotovoltaik skala sangat besar pernah dibangun di luar negeri yang memberikan energinya langsung kepada jaringan listrik. Namun secara finansial kelihatannya belum layak untuk dibangun di Indonesia.

Keuntungan utama yang menarik dari sistem Energi Tenaga Surya Fotovoltaik (SESF) ini adalah:

- Sistem bersifat modular

- Pemasangannya mudah
- Kemungkinan desentralisasi dari sistem
- Tidak diperlukan transportasi dari bahan bakar
- Tidak menimbulkan polusi dan kebisingan suara
- Sistem memerlukan pemeliharaan yang kecil
- Kesederhanaan dari sistem, sehingga tidak perlu pelatihan khusus bagi pemakai/pengelola
- Biaya operasi yang rendah

Sistem Fotovoltaik atau secara baku dinyatakan sebagai Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) adalah suatu sistem yang memanfaatkan energi surya sebagai sumber energinya. Konsep perancangan SESF dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan tergantung pada kebutuhannya, misalnya untuk :

- Catudaya langsung ke beban
- Sistem DC dengan baterai
- Sistem arus bolak-balik (AC) tanpa baterai
- Sistem AC dengan baterai

Secara umum SESF terdiri dari subsistem sebagai berikut :

- Subsistem Pembangkit

Merupakan bagian utama pembangkit listrik yang terdiri dari satu atau lebih rangkaian modul fotovoltaik.

- Subsistem Penyimpan/Baterai

Merupakan bagian SESF yang berfungsi sebagai penyimpan listrik (baterai/accu). Subsistem penyimpanan listrik pada dasarnya diperlukan untuk SESF yang dirancang untuk operasi malam hari atau SESF yang harus memiliki kehandalan tertentu.

- Subsistem Pengaturan & Pengkondisi Daya

Berfungsi untuk memberikan pengaturan, pengkondisian daya (misal: merubah ke arus bolak balik), dan / atau pengamanan sedemikian rupa sehingga SESF dapat bekerja secara efisien, handal dan aman,

- Subsistem Beban

Bagian akhir dari penggunaan SESF yang mengubah listrik menjadi energi akhir, seperti: lampu penerangan, televisi, tape / radio, lemari pendingin dan pompa air.

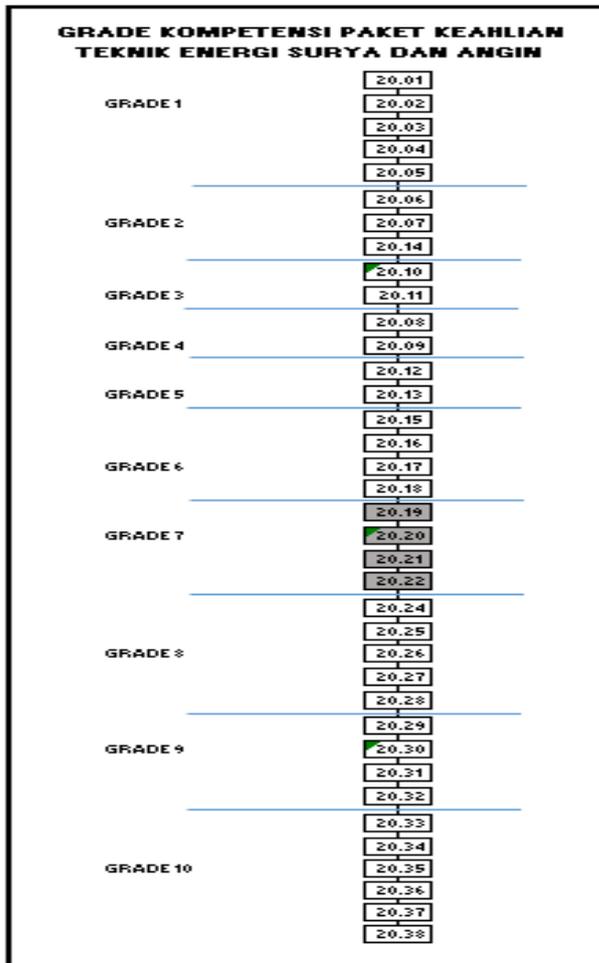
Dalam pemanfaatan dan penggunaan energy terbarukan diperlukan pengetahuan tentang pengoperasian, pemeliharaan PLTS yang mempunyai acuan yang jelas. Buku pemasangan pengoperasian dan pemeliharaan PLTS ini akan memberi wawasan mengenai hal tersebut.

Modul ini memuat mengenai pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS. Dengan demikian pengetahuan yang komprehensif mengenai pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS dapat dicapai. Modul pembelajaran pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS ini dirancang agar siswa mampu memahami pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS yang aman dan ramah lingkungan.

## **B. Tujuan**

Setelah mempelajari modul ini peserta mampu melakukan pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS secara benar

### C. Peta Kompetensi



### D. Ruang Lingkup

Modul pengoperasian dan pemeliharaan pembangkit listrik tenaga surya mempunyai ruang lingkup tentang:

- ✓ Pemasangan komponen PLTS
- ✓ Pemasangan jaringan kelistrikan instalasi PLTS
- ✓ Pengoperasian instalasi PLTS

- ✓ Pemeliharaan instalasi PLTS

#### **E. Saran Cara Penggunaan Modul**

1. Baca semua isi dan petunjuk pembelajaran modul mulai halaman judul hingga akhir modul ini. Ikuti semua petunjuk pembelajaran yang harus diikuti pada setiap Kegiatan Belajar.
2. Belajar dan bekerjalah dengan penuh tanggung jawab dan sepenuh hati, baik secara kelompok maupun individual sesuai dengan tugas yang diberikan.
3. Kerjakan semua tugas yang diberikan dan kumpulkan sebanyak mungkin informasi yang dibutuhkan untuk meningkatkan pemahaman Anda terhadap modul ini.
4. Kompetensi yang dipelajari di dalam modul ini merupakan kompetensi minimal. Oleh karena itu disarankan Anda mampu belajar lebih optimal.
5. Laporkan semua pengalaman belajar yang Anda peroleh kepada pengajar baik tertulis maupun lisan sesuai dengan tugas setiap modul.

## **BAB II**

### **KEGIATAN PEMBELAJARAN**

#### **KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : TEKNIK KOMUNIKASI EFEKTIF DALAM PEMBELAJARAN**

##### **A. Tujuan**

Setelah mempelajari materi ajar dan melakukan latihan serta diskusi, peserta mampu:

1. Mendeskripsikan prinsip dan teknik komunikasi efektif dalam suasana pembelajaran yang menyenangkan dengan baik dan benar;
2. mempraktikkan teknik komunikasi efektif dalam pembelajaran di kelas secara santun dan empatik;
3. Membangun komunikasi dengan siswa dalam konteks materi ajar secara efektif .

##### **B. Indikator Pencapaian Kompetensi**

1. Komunikasi yang efektif, empatik, dan santun dilakukan untuk penyiapan kondisi psikologis peserta didik, agar ambil bagian dalam permainan melalui bujukan dan contoh sesuai dengan mata pelajaran yang diampu.
2. Komunikasi yang efektif, empatik, dan santun dilakukan untuk mengajak peserta didik, agar ambil bagian dalam kegiatan pembelajaran sesuai dengan mata pelajaran yang diampu.
3. Komunikasi yang efektif ,empatik, dan santun dilakukan agar peserta didik merespon ajakan guru dalam kegiatan pembelajaran sesuai dengan mata pelajaran yang diampu.
4. Komunikasi oleh guru yang efektif ,empatik, dan santun dilakukan untuk merespon peserta didik secara lengkap dan relevan sesuai dengan pertanyaan dan perilaku siswa.

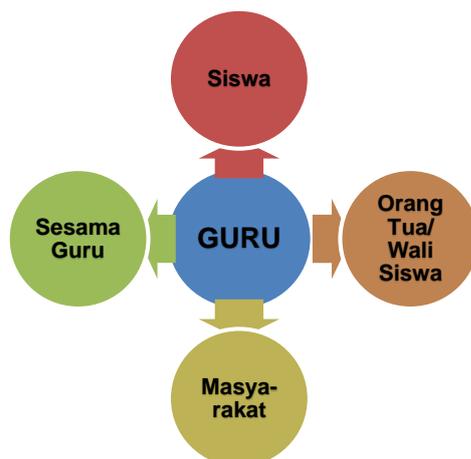
### C. Uraian Materi

#### Bahan Bacaan 1: Pengantar Komunikasi

Salah satu tuntutan kemampuan guru yang tersirat dalam standar kompetensi guru yaitu berkaitan dengan kemampuan guru untuk mengkomunikasikan materi yang akan diajarkan kepada siswa. Sesuai Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru disebutkan dalam salah satu kompetensi yaitu kompetensi sosial, disyaratkan adanya kemampuan guru untuk berkomunikasi dan berinteraksi secara efektif dan efisien dengan siswa, sesama guru, kepala sekolah, orang tua/wali siswa dan masyarakat sekitar.

Gambar 1.1

Interaksi guru



Oleh karena itu, penguasaan kemampuan berkomunikasi merupakan hal yang tidak dapat dielakkan oleh guru.

Mengapa komunikasi begitu penting?

Kualitas sebuah pembelajaran sangat dipengaruhi efektif tidaknya suatu komunikasi yang berlangsung di dalamnya. Komunikasi dapat dikatakan efektif dalam pembelajaran merupakan proses transformasi pesan berupa ilmu pengetahuan dan

teknologi dari pendidik kepada peserta didik, dimana peserta didik mampu memahami maksud pesan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan, sehingga akan berdampak pada bertambahnya wawasan/pengetahuan/keterampilan pada peserta melalui interaksi melalui komunikasi yang produktif antara guru dengan peserta didik, sehingga menghasilkan perubahan perilaku dalam diri siswa secara positif. Gurumemiliki peranan paling penting terhadap kelangsungan komunikasi secara efektif dalam suatu pembelajaran, sehingga sebagai pendidik, guru dituntut memiliki kemampuan berkomunikasi yang baik agar menghasilkan proses pembelajaran yang efektif.

Kegiatan pembelajaran merupakan proses transformasi pesan edukatif berupa materi belajar dari sumber belajar kepada pembelajar. Dalam pembelajaran terjadi proses komunikasi untuk menyampaikan pesan dari pendidik kepada peserta didik dengan tujuan agar pesan dapat diterima dengan baik dan berpengaruh terhadap pemahaman serta perubahan tingkah laku. Dengan demikian keberhasilan kegiatan pembelajaran sangat tergantung kepada efektifitas proses komunikasi yang terjadi dalam pembelajaran tersebut. Berikut beberapa pendapat tentang definisi atau pengertian komunikasi, sebagai berikut:

- **Theodore Herbert:**

Komunikasi merupakan proses yang di dalamnya menunjukkan arti pengetahuan dipindahkan dari seseorang kepada orang lain, biasanya dengan maksud mencapai beberapa tujuan khusus.

- **Evertt M. Rogers:**

Komunikasi sebagai proses yang di dalamnya terdapat suatu gagasan yang dikirimkan dari sumber kepada penerima dengan tujuan untuk merubah perilakunya.

- **Wilbur Schramm:**

Komunikasi merupakan tindakan melaksanakan kontak antara pengirim dan penerima, dengan bantuan pesan; pengirim dan penerima memiliki beberapa pengalaman bersama yang memberi arti pada pesan dan simbol yang dikirim oleh pengirim, dan diterima serta ditafsirkan oleh penerima. (Suranto:2005)

- **Concise Oxford Dictionary**

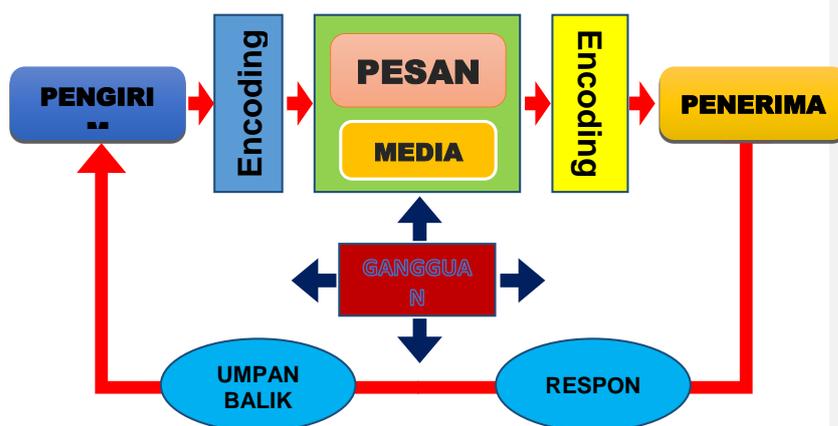
Tindakan menyampaikan, terutama berita, atau ilmu dan praktek transmisi informasi. Definisi ini jelas menunjukkan hubungan antara pengajaran dan guru komunikasi terus-menerus menanamkan pengetahuan baru, atau transmisi informasi.

#### Bahan Bacaan 2: Proses Terjadinya Komunikasi

Komunikasi yang efektif terjadi, apabila ada transmisi pengertian antara pengirim dan penerima informasi. Transmisi pengertian termaksud terjadi, apabila digunakan simbol-simbol yang sama-sama dimengerti, baik dalam bentuk verbal maupun non verbal.

Gambar 1.2

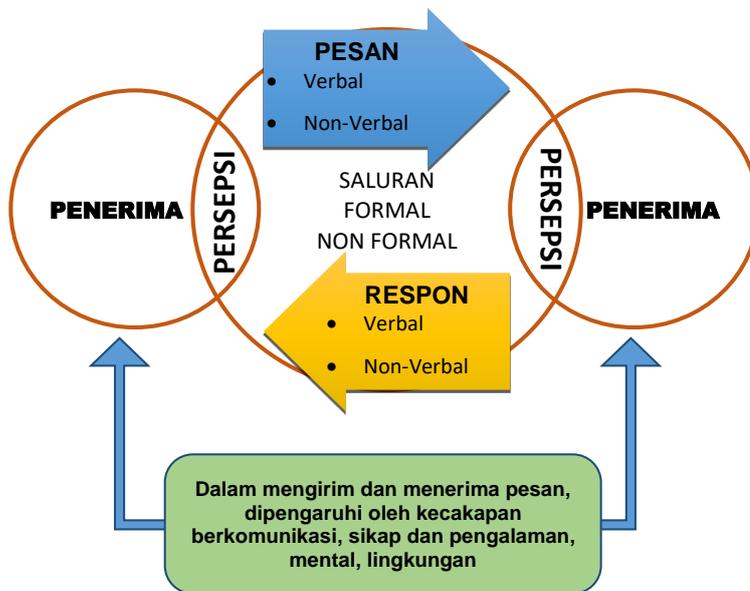
Model Komunikasi



Bila dicermati, berdasarkan diagram model komunikasi tersebut, terdapat beberapa unsur penting, sebagai berikut:

Gambar 1.3

Model Komunikasi Efektif



1. **Pengirim (Sender)** → Pengirim/sumber pesan merupakan pihak atau orang yang mempunyai ide, keinginan, kehendak, pemikiran, informasi, tujuan, dan sebagainya untuk mengkomunikasikannya kepada pihak lain.  
 Sender mencoba untuk memilih tipe pesan dan saluran yang akan digunakan yang dinilai paling efektif. Sebelum terjadinya penyaluran informasi sender *mensandakan (encoding)* pesannya baik verbal maupun non verbal (pesan non verbal dimaksudkan bahwa seseorang tidak berkomunikasi secara lisan ataupun tulisan, melainkan dengan *gesture*). Terdapat beberapa prinsip yang perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan proses *encoding*, yakni: relevansi, kesederhanaan, pengorganisasian, pengulangan, focus.

2. **Penerima Pesan (Receiver)**→ yaitu orang yang menerima dan menginterpretasi pesan atau informasi dari pengirim pesan.
3. **Message (Pesan)**→ merupakan ide-ide, fakta-fakta, atau problem yang dimaksud oleh sender untuk dikomunikasikan kepada receiver. Pesan merupakan harapan pihak yang memberi pesan (source) kepada penerima pesan (receiver) melalui proses encoding.

Suatu pesan yang dikirim dengan pesan yang diterima tidak selalu sama. Proses encoding dan decoding bervariasi antara satu orang dengan orang lain. Hal itu dipengaruhi oleh faktor kecakapan dalam berkomunikasi, sikap, dan pengalamannya, maupun kematangan mental kedua belah pihak, serta perbedaan latar belakang dan pandangannya.

4. **Channel (Saluran)**→ merupakan sarana atau media pembawa pesan. Dalam hal ini berupa telepon, pertemuan kelompok, memo, system penghargaan, pernyataan kebijaksanaan, jadwal dan sebagainya, yang dapat melakukan transmisi (penyampaian) ide anda.
5. **Feedback (Balikan)**→ komunikasi yang efektif akan mengikuti jalur dua arah, maka balikan dari receiver kepada sender adalah penting, sebagai bentuk respon atas pesan yang disampaikan oleh sender kepada receiver. Pentingnya balikan, adalah karena asumsi bahwa tidak semua yang dikatakan atau ditulis pasti dapat dipahami oleh receiver. merupakan informasi yang kembali pada pemberi pesan, yang memberikan pertanda tentang penerimaan pesan yang telah diberikan.
6. **Perspsi (Perception)**→ persepsi terdapat pada kedua belah pihak (pengirim dan penerima pesan) Jadi persepsi pada diri setiap orang pada dasarnya dipengaruhi oleh obyek yang dilihat, cara mengorganisasikan obyek tersebut ke dalam memori, dan arti yang dapat ditangkap dari obyek tersebut.

**Permainan:**

Pilihlah salah satu situasi berikut yang paling anda senangi atau sering anda lakukan pengalaman anda dalam berkomunikasi

1. belanja suatu barang,
2. pesan makanan melalui telepon *delivery service*,
3. memberikan perintah kepada siswa
4. menghadiri suatu rapat.

kemudian isilah unsur-unsur berikut sesuai situasi yang anda pilih (waktu 5 menit): Pengirim : .....

- Pesan : .....
- Penerima : .....
- Media : .....
- Umpan Balik : .....
- Gangguan : .....

**Bahan Bacaan 3: Teknik Mengatasi Hambatan Komunikasi**

Agar dalam berinteraksi dengan orang lain melalui komunikasi efektif, maka perlu adanya penajaman pada aspek kecakapan (menyampaikan dan menerima informasi), menyadari factor penyebab kegagalan komunikasi (Abi Sujak, 1990:105-106).

1. Tingkatkan kejelasan pesan  
Perkembangan teknologi computer dan informatika yang sedemikian pesat, mempermudah setiap orang untuk menyajikan pesan secara jelas.
2. Pengaturan arus informasi  
Informasi yang diterima secara bersamaan/simultan perlu dikelola berdasarkan tingkat kepentingannya dan urgensinya.
3. Mendorong timbulnya balikan (feedback)  
Memastikan bahwa pesan yang telah disampaikan mendapatkan respon sesuai dengan yang dimaksud sangat penting guna memastikan tugas yang didelegasikan atau ditugaskan kepada bawahan atau anggota kelompok sesuai dengan sasaran dan tujuan yang ingin dicapai/disepakati bersama.

4. Menggunakan bahasa yang sederhana

Banyak pimpinan/atasan atau individu tertentu yang menggunakan jargon-jargon dalam proses organisasi yang sukar dipahami.

5. Mendengarkan secara efektif

Pendengar yang baik akan menghargai setiap gagasan atau informasi yang dikemukakan oleh lawan bicara. Pendengar yang baik lebih menekankan pada aspek apa yang dibicarakan bukan siapa yang berbicara atau melihat tata bahasa, serta memperhatikan secara seksama dan memberikan respon secara positif. Memang aktivitas mendengarkan akan lebih membosankan dibanding dengan berbicara.

6. Memahami emosi

Faktor emosi menjadi penyebab terjadinya distorsi pada isi pesan. Suatu pesan akan dapat diterima dengan antusias oleh penerima bila disampaikan dengan rasa akrab, tanpa praduga negatif.

7. Mengembangkan rasa percaya diri

Menanamkan kepercayaan akan mewarnai kejujuran dan keterbukaan dalam penyampaian informasi oleh sender kepada receiver.

**Bahasa Tubuh sebagai Bagian Komunikasi**

Bahasa tubuh terdiri dari perkataan-perkataan kalimat-kalimat, frase-frase dan tanda baca. Tiap gerak isyarat sama seperti sepatah kata dan mungkin memiliki beberapa makna. Ada pendapat yang menyatakan: **“mengusir tamu tidak harus dengan kata-kata tetapi cukup dengan tingkah laku”**. Sekarang hampir semua orang menyadari bahwa mungkin bisa membaca sikap seseorang melalui perilakunya. Inilah hal penting yang perlu dipahami oleh pelaku bisnis dalam memahami dan mempraktekan bahasa tubuh.

Penelitian tentang bahasa tubuh menunjukkan bahwa dalam presentasi-presentasi tatap muka, kuatnya pengaruh pesan anda terhadap para pendengar adalah sebagai berikut (Hinkley:2004:101, terjemahan)

**Perkataan** : 7,0% - 10% dari total pengaruh

**Vokal** : 21 % - 30% dari total pengaruh

**Bahasa tubuh** : 60 % - 80 % dari total pengaruh

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa cara Anda memandang, gerak isyarat, tersenyum, berpakaian dan gerak memiliki pengaruh besar terhadap sikap orang lain kepada Anda. Cara anda berbicara lebih penting tiga kali lipat daripada perkataan yang Anda gunakan. Berdasarkan Hinkley (2004) terhadap tiga kaidah membaca tanda:

1. Membaca Kluster

Gerak isyarat dapat menjadi kalimat yang disebut dengan kluster. Oleh karenanya, jangan menginterpretasi satu gerak isyarat secara terpisah.

2. Mempertimbangkan Konteks

Kluster gerak isyarat harus dievaluasi dimana terjadinya.

3. Memahami perbedaan Kultural

Gerak isyarat yang berarti satu hal di satu tempat dan budaya atau Negara berbeda.

Bahan Bacaan 4 : Komunikasi Efektif

a. Materi Pembelajaran

1) Komunikasi Efektif

**Untuk Apapun, Anda Harus Berbicara.** Apapun jenis pekerjaan yang Anda lakukan, Anda selalu akan melakukan tiga hal berikut ini:

- Memimpin;
- Menjual;
- Mempresentasikan.

Dalam pelaksanaannya atau faktanya, Anda bahkan mungkin melakukan ketiganya sekaligus.

Jika Anda sedang memimpin, maka Anda pasti sedang “menjual” sesuatu agar diikuti oleh orang-orang yang Anda pimpin. Dan dalam melakukannya, Anda akan menyajikan atau mempresentasikan berbagai hal yang relevan agar orang yang Anda pimpin mau mengikuti keinginan Anda.

Jika Anda sedang “menjual” sesuatu, artinya Anda sedang mengupayakan posisi memimpin, agar orang lain mau mengambil keputusan sesuai dengan yang Anda inginkan sebagai pihak yang menjual. Dan sekali lagi, Anda pasti mempresentasikan berbagai hal yang relevan.

Jika Anda sedang berpresentasi, maka Anda bisa dipastikan sedang menjual sesuatu. Dan karena Anda sedang berusaha menjual sesuatu, maka Anda pasti berupaya untuk memimpin *audience*, agar mendengarkan Anda, agar menyimak presentasi Anda, agar memahami maksud dan tujuan Anda, dan agar teryakinkan sesuai tujuan presentasi Anda.

Dalam melakukan semua aktivitas di atas, media paling umum yang akan Anda gunakan adalah komunikasi verbal alias berbicara. Muara dari semua aktivitas itu, atau hasil akhir dari semua aktivitas itu, akan sangat ditentukan oleh kualitas bicara Anda. Sebelum sampai ke persoalan teknis seperti struktur bicara, intonasi, gaya bahasa atau bahkan pilihan kata dan kalimat, aspek mendasar dari kualitas bicara Anda adalah tingkat percaya diri Anda saat melakukannya.

Singkatnya, Anda harus menaburkan aura percaya diri saat berbicara. Karena dari situlah segala hasil akhir akan ditentukan. Jadi, titik awal Anda untuk semua aktivitas itu, adalah meraih rasa percaya diri yang lebih baik. Berkomunikasi dan rasa percaya diri memiliki hubungan yang sangat erat. Percaya diri datang dari kemampuan berkomunikasi secara verbal, dengan berbicara yang efektif, atau sebaliknya.

Dengan berbicara, Anda akan berbicara pada diri sendiri dan berbicara pada orang lain. Berbicara kepada diri sendiri akan menjalankan proses manajemen diri. Adalah orang yang paling tahu harus mengatakan apa pada diri sendiri. Begitu juga dengan berbicara kepada orang lain akan menjalankan proses manajemen diri orang lain. Jadi, mulailah segala keberhasilan Anda dengan percaya diri saat berkomunikasi.

Kemampuan berkomunikasi merupakan keterampilan yang sangat penting dalam hidup kita. Kita menghabiskan sebagian besar waktu yang ada disaat kita sadar dan bangun untuk berkomunikasi. Sama halnya dengan bernafas, komunikasi bisa dianggap sebagai hal yang otomatis terjadi begitu saja. Sehingga kita tidak memiliki kesadaran untuk melakukannya dengan efektif. Kita pada umumnya tidak pernah mempelajari bagaimana menulis dengan efektif, bagaimana membaca dengan cepat, bagaimana berbicara dengan efektif, apalagi bagaimana menjadi pendengar yang baik.

Komunikasi berasal dari perkataan “*Communicare*” yaitu yang di dalam bahasa latin mempunyai arti “berpartisipasi atau memberitahukan”, sedangkan perkataan “*Comunis*” berarti milik bersama ataupun “berlaku dimana-mana” atau juga berarti sama, sama di sini maksudnya sama makna. Jadi jika dua orang melakukan komunikasi misalnya dalam bentuk percakapan maka komunikasi akan berjalan atau berlangsung dengan baik selama ada kesamaan makna mengenai apa yang dipercakapkan.

Collen Mc. Kenna mendefinisikan komunikasi sebagai proses pengiriman pesan kepada penerima dengan saling pengertian. Proses ini melibatkan beberapa komponen, yaitu pengirim pesan (*sender*), pesan yang dikirimkan (*message*), bagaimana pesan tersebut dikirimkan (*delivery channel* atau *media*), penerima pesan (*receiver*), dan unpan balik (*feedback*) yang diharapkan.

Kemampuan mengembangkan komunikasi yang efektif merupakan salah satu keterampilan yang amat diperlukan untuk pengembangan diri kita baik sebagai personal maupun professional seperti guru, kepala sekolah, pengawas dll, atau sebagai pemimpin maupun sebagai anggota sebuah tim. Paling tidak kita harus menguasai empat jenis keterampilan dasar dalam komunikasi, yaitu menulis, membaca (bahasa tulisan), mendengar, dan berbicara (bahasa lisan). Perhatikan, hampir setiap saat kita menghabiskan waktu untuk mengerjakan setidaknya salah satu dari keempat hal itu. Oleh karena itu, kemampuan untuk menguasai keterampilan dasar komunikasi dengan baik mutlak kita perlukan demi efektifitas dan keberhasilan kita.

Menurut Covey, unsur terpenting pada komunikasi bukan sekedar pada apa yang kita tulis atau kita katakan, tetapi lebih pada karakter kita dan bagaimana kita menyampaikan pesan itu. Jika pesan yang kita sampaikan di bangun dari hubungan manusia yang dangkal, bukan dari diri kita yang paling dalam, orang lain akan melihat dan membaca sikap kita. Jadi syarat utama dalam komunikasi efektif adalah karakter yang kokoh yang dibangun dari fondasi integritas pribadi yang kuat.

Dalam hubungan komunikasi yang efektif, kepercayaan merupakan dasar terciptanya teamwork. Kepercayaan ini hanya bisa muncul kalau kita mempunyai integritas, yang mencakup hal hal yang lebih dari sekedar kejujuran. Kalau

kejujuran mengatakan kebenaran atau menyesuaikan kata kata kita dengan realitas, integritas menyesuaikan realitas dengan kata kata kita. Integritas bersifat aktif, sedangkan kejujuran bersifat pasif.

Ada lima hukum komunikasi efektif, yang oleh Aribowo Prijosaksono dalam bukunya *Make Yourself A Leader* dirangkum dalam satu kata yang mencerminkan esensi dari komunikasi, yaitu REACH, yang berarti merengkuh atau meraih. Pada dasarnya komunikasi adalah upaya kita untuk meraih perhatian, cinta kasih, minat, kepedulian, simpati, tanggapan, maupun respon positif dari orang lain.

Kelima hukum komunikasi efektif tersebut adalah :

- a) *Respect*
- b) *Empathy*
- c) *Audible*
- d) *Clarity*
- e) *Humble*

Jika Anda/kita membangun komunikasi berdasarkan pada lima hukum pokok komunikasi yang efektif ini, Anda dapat menjadi seorang komunikator yang handal yang dapat membangun jaringan hubungan dengan orang lain dengan penuh penghargaan (*respect*), karena hal inilah yang dapat membangun hubungan jangka panjang yang saling menguntungkan dan saling menguatkan. Yang pada akhirnya dapat Anda jadikan sebagai sarana efektif untuk meraih kesuksesan.

## **2) Mendengarkan Orang Lain (*Listening*)**

Menjadi pendengar yang baik merupakan salah satu syarat mutlak bagi seorang pengawas untuk bisa memiliki pengaruh terhadap kepala sekolah, guru, dan staf sekolah lainnya. Dengan memiliki pengaruh, seorang pengawas memiliki bekal yang lebih baik untuk memberdayakan para perangkat sekolah tersebut sehingga tujuan yang diharapkan dapat tercapai.

Apa yang ada pada tubuh kita sebenarnya sudah menggambarkan bagaimana seharusnya kita menggunakannya secara bijak agar bisa memberikan manfaat bagi diri sendiri maupun orang lain. Sebagai contoh, kita memiliki satu mulut dan dua telinga, artinya kita dituntut untuk lebih banyak mendengar daripada berbicara.

Sayangnya, kita tidak terbiasa untuk terampil menggunakan telinga kita untuk mendengar lebih banyak daripada berbicara. Padahal, dengan banyak mendengar, akan makin banyak pula informasi yang kita dapatkan. Dengan banyak informasi, kita pun akan memiliki bekal yang lebih baik lagi guna mempengaruhi orang lain.

Seberapa jauhkah keterampilan mendengar anda selama ini? Coba anda pahami hal-hal di bawah ini.

**a) Mengapa Kita Harus Mendengar**

Mendengar tidak hanya merupakan perilaku yang sopan dan memberikan nilai yang berharga bagi si pendengar. Kita juga bisa mendapatkan banyak hal dari mendengar. Banyak alasan mengapa kita harus mau mendengar yaitu :

- **Membangun kepercayaan.**

Orang-orang yang mau mendengarkan ternyata lebih dipercaya daripada orang-orang yang banyak bicara dan mengobrol. Kepercayaan merupakan pelumas bagi terjadinya perubahan pemikiran, dan mendengarkan adalah kuncinya.

- **Kredibilitas.**

Jika kita mau sungguh-sungguh mendengar terhadap orang lain, maka kredibilitas kita pada mereka akan meningkat. Mereka akan mempersepsikan kita sebagai orang yang memiliki kapabilitas dan akan bisa bekerja bersama mereka, bukan menyerang mereka. Para pemimpin, pelatih, fasilitator yang hebat adalah orang-orang yang mampu menjadi pendengar yang baik, dan sebaliknya, para pendengar yang baik pun memiliki potensi untuk bisa menjadi pemimpin yang besar.

- **Dukungan**

Pada umumnya orang mengakui bahwa mereka merasa memperoleh dukungan bila didengar, khususnya saat mereka merasa marah atau gelisah. Dengan didengar, mereka merasa dihargai dan dipahami. Jadi, jika kita mau mendengar seseorang, sama artinya dengan kita mengirimkan pesan yang menyatakan “Anda penting bagi saya. Saya menghargai anda”.

- **Menjadikan sesuatu terlaksana**

Sebagaimana membangun kepercayaan, mendengar juga memungkinkan kita mencapai tujuan, karena orang yang didengar akan mau bekerja sama dengan kita

- **Informasi**

Mendengar memberikan kita banyak informasi yang berguna, baik untuk saat ini maupun masa yang akan datang. Dengan memiliki banyak informasi, maka kita akan dapat mengarahkan apa yang dikatakan orang.

- **Pertukaran**

Jika kita mendengarkan orang lain, maka mereka akan lebih mendengarkan kita. Sesuai dengan prinsip pertukaran, dukungan kita kepada orang lain akan membuat mereka juga mendukung kita sehingga akhirnya kita akan bisa mencapai tujuan.

**b) Kebiasaan Mendengar Yang Buruk**

Mendengar secara buruk sudah menjadi hal yang umum, namun jarang diperhatikan. Menurut Robertson (1994), ada sepuluh kebiasaan mendengar yang buruk yang paling umum dilakukan orang. Kesepuluh kebiasaan tersebut adalah:

- Kurang perhatian pada masalah yang dibicarakan
- Perhatian dipusatkan pada orangnya, bukan pada isi pembicaraan.
- Melakukan interupsi.
- Memusatkan perhatian pada detail dan mengabaikan gambaran umum.
- Memaksakan mencocokkan ide pembicara kedalam model mental sendiri.
- Menunjukkan bahasa tubuh yang menandakan ketidaktertarikan
- Menciptakan atau membiarkan terjadinya kebingungan
- Mengabaikan apa yang tidak dipahami
- Membiarkan emosi menghalangi pemahaman materi yang dibicarakan
- Mengkhayal, sehingga tidak bisa mendengar pembicaraan secara utuh.

**c) Kebiasaan Mendengar Yang Baik**

Meskipun kebiasaan mendengar yang baik sudah merupakan hal umum, namun ada beberapa pola kebiasaan mendengar yang bisa dilakukan untuk

membantu orang lain, termasuk pada akhirnya membantu diri sendiri.

Kebiasaan mendengar yang baik tersebut adalah:

- **Memberikan perhatian penuh.**

Berikan perhatian terhadap orang yang sedang berbicara. Berikan mereka perhatian penuh, tidak hanya dengan telinga, tapi dengan seluruh badan; menghadaplah pada orang yang sedang berbicara dan tataplah. Lakukan hal ini dengan sepenuh hati, bukan hanya secara fisik. Jika hati kita benar-benar terarah untuk memperhatikan, secara otomatis tubuh pun akan mengikuti.

- **Membantu orang lain untuk bicara.**

Kadang-kadang orang yang berbicara mengalami kesulitan mengemukakan apa yang ingin ia bicarakan. Mungkin mereka bukan pembicara yang baik, atau memang sedang mencari cara untuk menjelaskan sesuatu yang kompleks. Kita bisa membantu mereka dan diri kita sendiri dengan dorongan yang positif (*positive encouragement*). Jika mereka kurang yakin, doronglah mereka dengan anggukan, senyuman, dan suara yang positif (misalnya *ya...ya, hmm*). Perhatikan bahwa kita tertarik pada mereka dan jangan pikirkan bahwa mereka tidak cukup terpelajar/pandai. Jika mereka susah payah dalam mengemukakan suatu konsep, cobalah bantu mereka mengemukakan apa yang mereka maksudkan dengan menggunakan kalimat lain. Mengajukan pertanyaan yang positif merupakan suatu pendekatan yang bagus, baik untuk menguji pemahaman kita sendiri maupun menunjukkan ketertarikan kita kepada mereka.

- **Memberi orang lain dukungan (*support*).**

Mendengar yang baik juga mencakup tindakan yang menunjukkan bahwa kita penuh perhatian kepada orang lain. Sebagai bagian dari mendengar, kita seharusnya berusaha untuk membantu orang lain merasa nyaman dengan diri mereka sendiri. Sikap mendasar untuk memberikan dukungan adalah menghargai dan menerima semua orang, bahkan saat kita tidak setuju dengan apa yang mereka katakan atau cara

mereka mengatakan sesuatu. Jika kita tidak setuju, maka ketidaksetujuan kita adalah terhadap argumennya, bukan terhadap orangnya. Perhatikan penerimaan kita atas hak mereka untuk berbeda dengan kita.

- **Mengelola reaksi kita.**

Hati-hatilah dengan reaksi kita terhadap apa yang orang lain katakan. Mudah saja bagi seseorang yang menjadi pendengar untuk menunjukkan ketidaktertarikannya, menunjukkan bahwa mereka tidak mau mendengarkan kita, atau menunjukkan bahwa mereka lebih tertarik untuk mengkritik kita. Sebelum kita berkomentar dan memberikan respons tentang apa yang orang lain katakan, berhentilah sejenak untuk merenungkan kesimpulan dan prasangka yang ada dalam diri kita. Pikirkan tentang apa yang akan kita katakan dan efek yang mungkin ditimbulkannya. Pertimbangkan apakah hal tersebut yang memang ingin kita capai.

**d) Gaya Mendengar**

Menurut Barker (1971) dan Watson (1995), ada empat gaya mendengarkan yang biasanya digunakan orang, tergantung pada kesukaan dan tujuannya. Keempat gaya mendengar tersebut adalah sebagai berikut:

- **Gaya Orientasi Orang (People-Oriented)**

Orang-orang yang *people oriented* menunjukkan perhatian yang kuat pada orang lain dan perasaannya. Mereka tergolong external focus, mendapatkan energinya dari orang lain dan mendapatkan banyak makna dalam hubungan/relasi, lebih banyak berbicara tentang “kita” daripada “anda” atau “mereka”.

Orang-orang tipe ini berusaha memahami sejarah kehidupan orang lain dan menggunakan teknik “penceritaan diri mereka sendiri” sebagai makna pemahaman. Mereka memusatkan perhatian pada emosi, berempati, dan melibatkan emosi dalam argumen-argumennya. Mereka

bisa menampilkan diri sebagai orang yang mudah dikritik dan akan menggunakannya untuk menunjukkan bahwa mereka tidak berbahaya. Orang dengan tipe ini bisa mendapat masalah bila mereka terlibat terlalu mendalam dengan orang lain. Hal ini bisa mengganggu kepekaan mereka dalam membuat keputusan maupun kemampuan untuk membedakan. Mereka bisa berhubungan sangat erat dengan orang lain yang mengakibatkan mereka tidak dapat melihat secara objektif keterbatasan dan kesalahannya, dan bisa jatuh kedalam hubungan yang tidak bijaksana. Mereka juga akan tampak sebagai orang yang turut campur saat berusaha menjalin hubungan dengan orang lain yang tidak begitu berorientasi pada hubungan.

- **Gaya Orientasi Isi (Content-Oriented)**

Orang dengan gaya orientasi isi lebih tertarik dengan apa yang dikatakan daripada siapa yang berkata atau apa yang mereka rasakan. Mereka menilai orang lain berdasarkan pada seberapa kredibel mereka dan akan berusaha menguji keahlian dan keadaan yang sebenarnya dari orang tersebut.

Orang tipe ini memusatkan perhatian pada fakta dan bukti dan senang menyelidiki detail. Mereka berhati-hati dalam melakukan asesmen, berusaha mencari tahu hubungan sebab akibat, dan mencari bukti sebelum menerima apa pun sebagai hal yang benar. Orang-orang ini bisa menghadapi masalah bila mereka menolak ide-ide dan harapan-harapan orang lain serta menolak informasi karena belum memiliki cukup bukti yang mendukung.

- **Gaya Orientasi Tindakan (Action-Oriented)**

Pendengar yang berorientasi tindakan memusatkan perhatian pada apa yang akan dilakukan, tindakan apa yang akan terjadi, kapan, dan siapa yang akan melakukannya. Mereka mencari jawaban atas pertanyaan “lalu apa?” dan mencari tahu rencana tindakan. Mereka menyukai

penjelasan yang gamblang, ringan, dan jawaban yang didasarkan pada bukti nyata/konkret.

Orang dengan tipe ini bisa tidak sabar dan meminta pembicara agar segera menyampaikan kesimpulan. Mereka juga bisa mengkritik orang yang berbicara tentang gambaran besar sesuatu atau berbicara tentang ide-ide dan konsep-konsep. Hal ini bisa menyebabkan mereka untuk terlalu memusatkan perhatian pada pengendalian dan kurang memperhatikan kesejahteraan/kenyamanan orang lain.

- **Gaya Orientasi Waktu (Time-Oriented)**

Orang dengan gaya ini “mempunyai mata yang terus terpaku pada jam”. Mereka mengatur hari-hari mereka kedalam bagian-bagian yang rapi dan mengalokasikan waktunya untuk mendengar, dan akan sangat memperlmasalahkan bila sesinya melewati batas waktu.

Orang tipe ini mengelola waktunya dengan berbicara tentang ketersediaan waktu dan mencari jawaban-jawaban singkat terhadap permasalahan yang ada. Hal ini bisa menjengkelkan orang lain yang memusatkan perhatian pada elemen orang dan ingin bersama-sama selama mungkin.

## Bahan Bacaan 5 : Komunikasi Interpersonal

Sejak manusia dilahirkan komunikasi telah menjadi bagian dari kehidupannya. Salah satu bentuk komunikasi yang kita alami pada awal permata kehidupan adalah komunikasi interpersonal. Sebagai contoh adalah tangisan seorang bayi yang baru dilahirkan. Tangisan tersebut merupakan bentuk komunikasi non-verbal yang memberikan informasi kepada kita bahwa ia telah lahir dengan selamat. Dalam bab ini akan dibahas tipe komunikasi interpersonal, model komunikasi interpersonal, hubungan komunikasi antar manusia, konflik yang terjadi, bagaimana bersikap terbuka atau membuka diri. Dan bagaimana menyampaikan sebuah tegesan tanpa melukai orang lain.

### A. Pengertian Komunikasi Interpersonal

Istilah komunikasi interpersonal biasanya dipergunakan pada komunikasi antara dua orang atau lebih, dalam kondisi tatap muka. Untuk mendapatkan

memperoleh komunikasi interpersonal yang efektif, perlu kiranya dipahami proses komunikasi interpersonal, metode, komponen pendukung sebuah komunikasi yang efektif. Beragamnya pola kehidupan manusia, cara berpikir, sifat-sifat, dan budayanya, telah menyebabkan beragamnya tipe atau jenis komunikasi interpersonal

### **1. Definisi**

Komunikasi interpersonal berbeda dengan jenis komunikasi yang lain, karena komunikasi interpersonal hanya melibatkan beberapa orang saja. Secara fisik jarak mereka berdekatan; banyak sensor yang dapat dipergunakan, dan umpan balik yang diharapkan dari komunikate dapat diperoleh secara langsung

Secara sederhana komunikasi interpersonal dapat didefinisikan sebagai pertukaran informasi antar manusia secara verbal atau non-verbal dengan tujuan berbagi informasi danmendapatkan umpan balik.

### **2. Fungsi Komunikasi Interpersonal**

Maksud dan tujuan orang berkomunikasi sebenarnya adalah menyampaikan informasi atau pesan, dan sebaliknya untuk memperoleh informasi. Beberapa fungsi komunikasi interpersonal adalah

#### **a. Untuk Menambah Informasi (Gaining Information);**

Teori penetrasi social mengatakan bahwa seseorang berusaha untuk mendapatkan informasi tentang orang lain. Dengan mengenal seseorang lebih dekat maka kita akan dapat memperoleh informasi lebih banyak tentang orang tersebut, baik secara (1) pasif yaitu dengan mengamati orang tersebut; secara (2) aktif yaitu dengan bantuan orang lain; secara (3) interaktif yaitu keterbukaan diri orang tersebut.

#### **b. Membangun Sebuah Pengertian (building a context of understanding)**

Dalam situasi dan kaitan masalah yang berbeda, sebuah 'kata' yang diucapkan dapat memiliki banyak arti atau makna. Dengan menggunakan komunikasi interpersonal kita akan lebih dapat memahami apa yang disampaikan oleh seseorang.

'Kata' atau informasi yang diucapkan mengandung 'isi pesan' (content messages) yang menunjukkan tingkat pengertian sebuah pesan, dan

disamping itu mengandung 'hubungan pesan' (relationship messages) yang terkait dengan "bagaimana pesan itu diucapkan". Isi pesan dan hubungan pesan terkirim secara bersamaan, namun masing-masing mempengaruhi arti yang dimaksudkan dalam komunikasi. Komunikasi interpersonal membantu kita untuk dapat saling memahami lebih baik.

c. Membentuk Identitas (establishing identity)

Peran dalam sebuah komunikasi interpersonal akan membentuk identitas diri kita. Termasuk didalamnya wajah atau penampilan kita yang menunjukkan citra diri kita. Sebenarnya 'peran' dan penampilan seseorang terbentuk karena pergaulan di lingkungan sekeliling kita. Sebagai contoh : seseorang yang menjadi direktur haruslah bertindak dan berperampilan sebagaimana layaknya seorang pimpinan (walaupun sebenarnya ia tidak layak dan tidak mampu menjadi direktur.

d. Memperoleh Kebutuhan Pribadi (interpersonal needs). Seseorang terlibat dalam komunikasi interpersonal, sebenarnya lebih didorong oleh keinginannya untuk memekpresikan diri dan mendapatkan pemenuhan kebutuhan individunya.

Berdasarkan pengamaan William Schultz sebagai individu manusia memiliki tiga kebutuhan, yaitu:

- Pencantuman Diri (*inclusion*), yaitu kebutuhan untuk membentuk identitas diri bersama dengan orang lain. Sebagai contoh: tredaftar dan menjadi bagian dari sebuah komunitas.
- Pengawasan (*control*), yaitu suatu kebutuhan seseorang untuk dapat mempraktikkan kemampuannya memimpin, dan kemudain mendapatkan pengakuan atas kemampuan tersebut Sebuah kelompok merupakan wadah yang baik utuk mewujudkan kebutuhan ini.
- Persahabatan, kesenangan/kenyamanan (*affection*), yaitu kebutuhan untuk mengembangkan hubungan dengan orang lain atau bermasyarakat. Sebuah kelompok atau komunitas.

**B. Tipe Pesan Interpersonal**

Albert Mehrabain (1972) seorang profesor di bidang komunikasi menyatakan berdasarkan penelitian yang dilakukannya, hanya 7% dari pesan atau informasi terkomunikasikan melalui saluran/cara verbal; 38% melalui *paralanguage* yang umumnya melalui penggunaan suara, sedangkan sebanyak 55% tersampaikan melalui non-verbal. Terdapat dua tipe pesan yaitu pesan verbal dan pesan non-verbal.

### 1. Pesan Verbal

Untuk melakukan komunikasi verbal diperlukan sebuah “bahasa” (*language*). Secara semantik “bahasa” didefinisikan sebagai sekelompok label yang dipergunakan untuk menyatukan pikira, waktu, dan ruang. Label ini dapat disampaikan dari sari kesatuan (*entity*) ke yang lainnya melalui berbagai sarana termasuk suara, tulisan, dan sebagainya.

Untuk dapat melakukan komunikasi verbal dengan baik, diperlukan penguasaan minimal lima keterampilan, yaitu:

#### a. Cara pengenalan pribadi

- Dalam perkenalan pendahuluan kita harus berbicara secara jelas dan efektif.
- Perkenalkan terlebih dahulu orang yang dituakan, dan kemudian perkenalkan yang muda kepada yang dituakan.
- Sebutkan nama para wanita terlebih dahulu sebelum menyebutkan nama-nama para pria.
- Perkenalkan dan sebut nama-nama dari orang yang memiliki posisi atau para pejabat pemerintahan.

#### b. Cara menangani percakapan melalui Telepon:

- Hindari pertengkaran atau cekcok dengan pelanggan dalam telepon. Mintalah kepada orang yang lebih tinggi posisi atau kedudukannya, yang menangani masalah tersebut.
- Dalam hal percakapan yang berhubungan dengan kantor, sebutkan nama dan posisi anda serta nama kantor di mana anda bekerja dengan sopan.
- Akhiri pembicaraan di telepon dengan ucapan terima kasih.

#### c. Cara memberikan penjelasan:

- Berikan deskripsi yang jelas untuk menghemat waktu dan menghindari kekesalan lawan bicara.
  - Buat langkah-langkah dalam memberi deskripsi, dan pada akhir percakapan jangan lupa untuk menanyakan apakah penjelasan atau deskripsi yang diberikan telah dapat dipahami dengan jelas.
- d. Cara menyampaikan pertanyaan
- Diperlukan keterampilan untuk mengajukan pertanyaan yang cerdas, berbobot secara efektif.
  - Semakin spesifik pertanyaan yang diajukan, semakin besar peluang untuk mendapatkan informasi yang diharapkan.
- e. Cara menyampaikan cerita
- Cara yang paling mudah untuk menyampaikan informasi adalah dengan cara bercerita.
  - Sampaikan permasalahan secara umum, jelas, dan yang diperkirakan dapat menambah informasi untuk pendengarnya. Sampaikan kebenaran, jangan membesar-besarkan masalah.

Komunikasi verbal bukanlah satu-satunya sarana untuk melakukan komunikasi. Satu hal yang pasti adalah, bahwa apapun alat yang dipergunakan dalam komunikasi verbal, ia harus berkaitan dengan indera (*sense*) para pelaku komunikasi.

## 2. Pesan Non Verbal

Komunikasi non verbal adalah berbentuk komunikasi yang dilakukan tanpa mempergunakan bahasa (language). Yang termasuk dalam komunikasi non-verbal adalah ekspresi wajah, tatapan mata, nada suara, gerakan dan sikap tubuh, dan cara memposisikan diri dalam kelompok. Secara sederhana komunikasi non-verbal dapat diumpamakan sebagai pengiriman dan penerimaan pesan dalam berbagai cara, tanpa menggunakan kode-kode verbal atau kata-kata

Menurut Mark Knapp (1978) penggunaan kode non-verbal dalam berkomunikasi memiliki fungsi untuk : meyakinkan apa yang diucapkan

(repetition); diungkapkan dengan kata-kata (substitution); menunjukan jati diri sehingga orang dapat mengenalnya (identity); menambah atau melengkapi ucapan-ucapan yang dirasakan belum sempurna. G.W. Porter membagi komunikasi non-verbal dalam empat katagori

- a. *Physical* : katagori komunikasi ini menggunakan bagian tubuh kita antara lain ekpresi wajah, nada sura, gerakan tubuh gambar 9 adalah gambar yang direkam setelah terjadinya gempa bumi di Bantul, Yogyakarta. Seorang bocah yang sedang jongkok dengan tatapan menompang dagu. Ekpresi tubuhnya mengirimkan 'pesan' yang kita pahami bahwa anak tersebut sedang dalam duka, karena sesuatu telah terjadi pada dirinya ( dalam hal ini hancurnya rumah tinggalnya akibat gempa bumi di Bantul, Yogyakarta)

Gambar 10 menggambarkan seorang bayi berumur empat bulan dalam pelukan ibunya. Bayi tersebut membelekkan mata karena pengaruh cahaya lampu kamera. Di lain pihak bibir bundanya mengembangkan senyum bahagia karena akan segera memiliki gambar dirinya dengan sang buah hati.

- b. *Aesthetic*; Komunikasi yang dapat dilakukan melalui ekpresi yang kreatif dan menarik. Contoh gambar 11 menunjukan seorang pemain gitar terkenal yang sedang memainkan gitarnya dengan penuh perasaan.
- c. *Signs*; Komunikasi katagori mekanik, antara lain penggunaan bendera isyarat pada gambar 'semaphore", yang dipergunakan untuk mengirim berita. Setiap posisi bendera menggambarkan symbol tertentu (dalam hal ini huruf dan angka), dan apabila dirangkaikan akan membentuk satu pesan.
- d. *Symbolic*; Komunikasi yang menggunakan symbol keagamaan, status, tempat. Gambar 13 adalah gambah ka'bah yang merupakan salah satu symbol agalam islam, sebagai penunju arah bagi umat Islam diseluruh dunia saat mereka akan melakukan sholat lima waktu. Cara non-verbal merupakan cara komunikasi yang tidak terikat oleh bahasa dan konsep.

### C. Jenis Hubungan Komunikasi Interpersonal

Dalam sebuah organisasi, sebuah rapat, diskusi tentang proyek, review tentang kinerja pegawai dapat dianggap sebagai komunikasi interpersonal.

Komunikasi interpersonal tidak lagi bersifat interpersonal apabila terlalu banyak orang yang terlibat di dalamnya.

Komunikasi ini akan berubah sifat menjadi komunikasi kelompok atau komunikasi public. Untuk itulah maka komunikasi interpersonal dapat dipilah-pilah berdasarkan jumlah orang yang terlinat dalam komunikasi tersebut

**1. Komunikasi dengan diri sendiri (*intrapersonal Communication*)**

Komunikasi interpersonal adalah komunikasi yang terjadi dalam diri kita masing-masing. Komunikasi terjadi lebih kepada mendengarkan hati nurani diri kita.

**2. Komunikasi antar manusia (*Interpersonal Communication*)**

Komunikasi ini adalah komunikasi yang dilakukan anatara dua orang atau lebih dapat dilakukan secara langsung dan umpan balik terhadap pesan dapat langsung diterima pada saat itu juga.

a. Sikap Pasif atau non-assertif (*passive*):

Sikap pasif berkaitan dengan ketidak-mampuan atau ketidakmauan seseorang untuk mengemukakan pendapat, pikiran atau perasaannya. Orang yang pasif cenderung akan melaksanakan sesuatu yang tidak mereka kehendaki berbagai alasan (*excuses*) daripada menyampaikan apa yang mereka inginkan.

Dalam komunikasi ini pengirim pesan akan menyimpan atau memendam pikiran dan pendiriannya, dan lebih mengutamakan pendapat orang lain.

b. Sikap Tegas (*Assertive*)

Orang dengan perilaku asertif akan menyatakan dengan gamblang pendirian mereka, apa yang mereka pikir, dan teguh pada keyakinannya, tanpa melukai orang lain.

c. Sikap Agresif (*Agressive*)

Agresif berkaitan dengan perilaku seseorang yang reaktif secara berlebihan, mengeritik dan menyalahkan orang lain. Untuk dapat memperoleh apa yang dikehendakinya orang dengan sifat ini akan menempuh jalan apa saja untuk dapat menguasai lawan komunikasinya, memaksakan kehendaknya, tanpa memperhatikan hak orang lain.

Mereka tidak segan-segan melakukan intimidasi, bahkan melakukan perkelahian.

### 3. Komunikasi Kelompok (*Group Communication*)

Komunikasi jenis kelompok dilakukan oleh lebih dari dua orang. Kelompok ini dapat berbentuk dalam kelompok besar dan kelompok kecil. Mereka dikatakan 'kelompok' karena mereka berada dalam ruang yang sama, pada saat yang bersamaan, dan pada satu orang yang berfungsi sebagai komunikator utama. Kadang-kadang apabila jumlah orang dalam kelompok tersebut terlalu besar, diperlukan media untuk membantu kelancaran komunikasi (contoh : *Microphone, Proyektor*)

Bateman dan Zeithami membedakan komunikasi interpersonal yang dipergunakan dalam perkantoran atau bisnis dalam enam gaya:

a. *The Controlling Style:*

Berbentuk komunikasi satu-arah yang dipergunakan untuk memberikan perintah atau instruksi pada orang lain. Pemimpin yang mempergunakan gaya ini biasanya tidak menginginkan adanya umpan balik. Mereka bertendensi lebih mempergunakan kekuasaan agar apa yang diinginkan dapat tercapai.

b. *The Egalitaria Style:*

Berbentuk komunikasi dua arah yang menyertakan para pelaku komunikasi untuk berbagi informasi. Gaya ini dipergunakan untuk memberikan stimulant pada orang lain agar mau menyatakan pendapat dan pemikirannya, sehingga diperoleh pengertian atau pemahaman yang sama. Pada umumnya dalam berbagai situasi gaya ini akan lebih efektif dibandingkan dengan gaya mengontrol, khususnya bila dibutuhkan adanya kerjasama

c. *The Structuring Style:*

Pimpinan yang menggunakan gaya ini lebih menonjolkan standard an aturan-aturan yang berlaku di kantor. Ia cenderung memaikan posisi 'aman' dengan hanya menjelaskan procedure-prosedur yang harus ditempuh oleh sebuah kelompok dalam melaksanakan tugasnya.

d. *The Dynamic Style:*

Sebuah gaya yang membutuhkan tenaga dan pikiran untuk memotivasi anak buah agar berani mengambil tindakan atau bertindak, misalnya pada saat kritis. Gaya ini akan efektif apabila anak buah memiliki pengetahuan yang memadai. Namun gaya ini menjadi tidak efektif apabila orang yang ditugaskan tidak memiliki kemampuan untuk melaksanakannya.

e. *The Relinquishing Style:*

Gaya yang bersifatnya lebih diferensial daripada intruksional. Pimpinan yang menerapkan gaya ini menghagai ide orang lain, dan siap mendelegasikan tanggung jawab pada orang tersebut. Gaya ini akan efektif apabila anak buah memiliki cukup pengetahuan untuk melaksanakannya, berpengalaman dan mau mengambil tanggung jawab.

f. *The Withdrawal Style:*

Merupakan suatu gaya yang mengarah pada kurangnya komunikasi. Pimpinan yang menggunakan gaya ini berusaha untuk menghindari keterlibatannya dan kemungkinan memberikan indikasi bahwa ia tidak tertarik atau tidak mau berpartisipasi dalam diskusi

**4. Komunikasi Massa (*Mass Communication*)**

Komunikasi ini berbeda dengan komunikasi kelompok karena pengirim pesan yang berfungsi sebagai komunikator utama, secara fisik tidak berada dalam satu ruang yang sama atau tidak berdekatan secara fisik dengan penerima pesan. Jumlah penerima atau pengirim pesan tidaklah penting, tetapi sampainya pesan ke sasaran merupakan hal yang lebih penting. Karena secara fisik mereka tidak saling melihat, maka adu argumentasi atau pendapat secara langsung tidak akan terjadi.

**D. Model Hubungan Komunikasi Interpersonal**

Banyak peneliti mempelajari tentang 'hubungan' (*relationship*) antar manusia. Penelitian ini dilakukan untuk dapat memahami bagaimana perkembangan sebuah hubungan interpersonal. Dalam buku ini akan diberikan model yang dibuat oleh Mak Knapp dan model yang dibuat oleh Duck.

Knapp mengembangkan 2 model 'Eskalasi Hubungan' (*Knapp Relationship Escalation Model*) dan model 'Pemutusan Hubungan. (*Knapp's Relationship Termination Model*);

#### 1. Model "Eskalasi":

Dalam model ini proses hubungan terbagi dalam 5 tahapan yang bertingkat, yaitu:

- a. Tahap Perkenalan (*initiation*)  
Hanya membutuhkan waktu pendek saja, antara 5-10 menit pada tahap ini kedua belah pihak hanya memberikan gambaran tentang diri masing-masing, dan umumnya dalam bentuk salam perkenalan yang bersifat sangat umum.
- b. Tahap Penjajagan (*experimenting*)  
Masing-masing pihak mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang teratur dan terstruktur, untuk dapat memperoleh informasi atau gambaran keadaan masing-masing pihak. Tahap ini biasanya merupakan tahap penentuan apakah hubungan akan berlanjut atau dihentikan.
- c. Tahapan pendalaman (*intensifying*):  
Hubungan menjadi tidak begitu formal dan bersifat lebih mendalam. Pada tahap ini keterbukaan diri (*self-disclosure*) menjadi penting, karena pada tahap ini masing-masing pihak akan melihat secara utuh keprobadian masing-masing, dan membangun kesepakatan dan komitmen pada tahap hubungan yang dibina.
- d. Tahap Penyatuan (*integrating*):  
Masing-masing pihak bergabung dan menyatu. Mereka mulai melakukan kegiatan-kegiatan secara bersama-sama, selalu mengatasnamakan kedua belah pihak dengan menyebut 'kami' (*we*). Pada tahap ini mulai terbentuk identitas kebersamaan (*shared relational identity*) antara keduabelah pihak.
- e. Tahap Penguhan (*bonding*)  
Hubungan yang telah terbina diumumkan, bahkan kadang-kadang disahkan secara hukum.

#### 2. Model "Pemutusan" Hubungan (*Knapp's relationship termination model*)

Model ini terbagi dalam 5 jenjang pula, yaitu

- a. **Pembedaan (*Defferentiating*):**

Pada tahap ini para pihak mulai menonjolkan keakuannya. Mereka tidak lagi mempergunakan kata kamu sebagai tanda kebersamaan tetapi lebih memilih kata saya. Tanpa didsdari pada pihak ining menunjukan bahwa mereka memiliki kebebasan dan berhak untuk bertindak sendiri. Keadaan ini memberikan dua arti yang bertolak belakang, yaitu bahwa mereka saling mempercayai sehingga tidak perlu selalu bersama; atau merupakan peringatan tentang hubungan kedua belah pihak yang perlu ditinjau kembali.
- b. **Pembatasan (*Circumcribing*):**

Pada tahap ini komunikasi antara kedua belah pihak muali berkurang. Walaupun secara kenampakan dari luar hubungan mereka adalah wajar dan normal, namun pada kenyataannya mereka condong untuk menghindari diskusi atau pembicaraan dengan topic-topik tertentu. Pada tahap ini masih dapat dilakukan usaha-usaha untu memulihkan hubungan kea rah yang positif.
- c. **Kemacetan (*Stagnanting*):**

Merupakan tahap dimana telah terjadi kemacetan komunikasi. Kedua belah pidak berusaha untuk menghindari pembicaraan tentang hubungan mereka, karena mereka sudah dapat memperkirakan apa yang akan dikatakan oleh pihak lain. Pada thap inilah orang mulai sabar bahwa telah terjadi sesuatu dengan hubungan mereka.
- d. **Penghindaran (*Avoiding*):**

Tahap ini dimana kedua belah pihak secar fisik memisahkan diri. Mereka berusaha menghindari peluang-peluang untuk bersama muapun untuk berdiskusi.
- e. **Pemutusan (*terminating*):**

Tahap ini merupakan akhir dari sebuah hubunganinterpersonal. Hunbungan dapat berakhir secara wajar atau tidak wajar, dan pemutusan hubungan ini pun berakhir dengan baik atau tidak baik.

Proses hubungan interpersonal Knapp dapat dijelaskan dengan gambar 14 yang berbentuk tiga kolom tangga. Tangga pertama adalah tangga yang menunjukkan tahapan dimulainya proses pembinaan sebuah hubungan interpersonal. Tangga ini diawali dengan anak tangga yang paling bawah, yaitu pengenalan, dan berakhir pada anak tangga yang paling atas, yaitu pengukuhan. Pengukuhan hubungan interpersonal ini merupakan titik tertinggi dari sebuah hubungan.

Tangga kolom ketiga adalah tangga yang menunjukkan suatu tahap pemutusan hubungan yang berawal dari munculnya ras 'perbedaan' antara kedua belah pihak. Secara sadar atau tidak, masing-masing pihak akan memunculkan 'edo'nya.

Tangga kolom tengah merupakan tangga yang menunjukkan bahwa pada setiap tahapan selalu ada usaha penyesuaian atau pengendalian. Namun apabila pengendalian atau penyesuaian itu tidak berhasil, maka hubungan interpersonal akan sampai pada anak tangga yang paling bawah, yaitu pemutusan hubungan.

### 3. Model "Penyaringan Hubungan" (*Duck's Relationship Filtering Model*):

Model yang dikembangkan oleh Duck ini mengandalkan saringan (*filters*) yang dipergunakan untuk memilih tahap hubungan yang ingin dibangun dengan orang lain. Model penyaringan dilakukan melalui 4 isyarat:

a. *Sociological/ Incidental Cues*;

Saringan pertama ini menggambarkan kendala-kendala yang akan terjadi dalam pertemuan kita dengan orang lain, sebagai akibat lokasi tempat tinggal atau tempat kerjanya.

b. *Preinteraction Cues*;

Adanya informasi awal yang kita peroleh tentang seseorang yang belum pernah kita temui, kadang-kadang sudah dapat memberikan masukan, apakah kita akan menjalin hubungan dengan orang tersebut atau tidak.

c. *Interact Cues*;

Setelah kita mulai berinteraksi dengan orang lain, kita dapat menentukan apakah kita akan melanjutkan hubungan dengan orang tersebut.

d. *Cognitive Cues*;

Merupakan tahapan yang lebih dalam dari hubungan yang dirintis. Pada tahap ini saatnya kita menentukan pilihan, atas dasar kepribadian dan tingkat di mana keserasian dua pihak akan terjadi

e. Keterampilan Dalam Komunikasi Interpersonal

Komunikasi interpersonal yang efektif lebih dari hanya sekedar berbicara dan mendengarkan. Komunikasi ini berkaitan dengan pembinaan hubungan antar manusia yang ditandai dengan kerjasama, kejujuran, ketepatan, keterbukaan dan saling menghargai. Banyak aspek yang mempengaruhi pembentuk sebuah hubungan interpersonal, namun dalam buku ini hanya akan membahas beberapa aspek dasar saja, yaitu ; keterbukaan (self-disclosure, ketegasan seseorang (*assertiveness*), dan mengenali konflik.

1. Membuka diri (*Self Disclosure*)

Membuka diri merupakan strategi yang berguna untuk berbagi informasi dengan orang lain. Dengan berbagi informasi maka kedekatan individu dan hubungan interpersonal akan lebih dekat semakin kuat. Membuka diri biasanya dilakukan pada saat kita pertama kali bertemu dengan orang lain.

- Ensiklopedia online Wikipedia menuliskan bahwa Self-disclosure atau membuka diri adalah “ suatu tindakan yang dilakukan secara sadar maupun tidak untuk mengungkapkan tentang diri kita kepada orang lain”. Self-disclosure termasuk di dalamnya pemikiran, perasaan, aspirasi, tujuan, kesalahan, sukses, impian, senang atau ketidak-senangan seseorang.
- Rebecca Perillo dari universitas Southern Maine mendefinisikan bahwa “ membuka diri adalah sebuah proses penyediaan informasi untuk individu lain;. Informasi yang dibuka termasuk pendapat seseorang, perasaan, pengalaman masa lalu, dan rencana kedepan. Membuka diri memegang peranan kunci dalam pengembangan hubungan dan digambarkan sebagai komponen yang dapat menyelaraskan dan membangun sebuah hubungan.

- Membuka diri merupakan karakteristik pribadi. Fisher dan Adams menyatakan bahwa semua pengetahuan tentang diri kita dapat diklasifikasikan dalam dua katagori yaitu 'pengetahuan publik' (apa yang boleh diketahui oleh public tentang kita), dan 'pengetahuan pribadi' (yang diketahui oleh kita sendiri). Jadi apabila seseorang membuat diri kepada orang lain, berarti ia memberikan informasi pribadinya untuk dapat diketahui oleh umum

Salah satu cara untuk melihat proses dan fungsi seseorang membuka diri adalah dengan mempergunakan Johari Window.

## 2. Jendela Johari (Johari Window)

Luft dan Harry Ingham adalah dua orang peneliti yang menyatakan bahwa dalam diri manusia terdapat aspek-aspek dari kepribadiannya yang terbuka dan diketahui umum, namun ada pula yang hanya diketahui oleh dirinya sendiri. Pada saat yang sama ada pula hal-hal mengenai dirinya yang diketahui oleh orang lain, namun dirinya sedniri tidak mengetahui.

Ada pula sisi atau bagian dari seseorang yang diketahui siapapun, baik oleh dirinya sendiri maupun oleh orang lain.

Jendela Johari adalah salah satu model yang dapat dipergunakan untuk menggambarkan proses interaksi antar manusia. Model yang dikenal sebagai Jendela Johari (Johari Window) mempergunakan empat kotak atau jendela, untuk menggambarkan dua sumber informasi yaitu "diri sendiri" dan "orang lain". Kotak segiempat dibayangkan sebagai "ruang interpersonal" atau kawasan interpersonal. Model ini membantu kita untuk memahami proses hubungan interpersonal termasuk hambatan-hambatan dan peluang yang ada dalam sebuah kelompok. Jendela Johari memberikan kepada kita sebuah cara untuk melihat bagaimana kepribadian seseorang dinyatakan.

### a. Kawasan Terbuka ( The Public Area)

Jendela ini menggambarkan kawasan di mana orang dapat memperoleh informasi tentang diri kita atau seseorang. Informasi yang ada pada kawasan ini bukan saja berupa hal-hal yang sifatnya factual, tetapi juga perasaan, keinginan, harapan dan lain mengetahui kekuatan dan kelemahan seseorang atau diri kita.

b. Kawasan Buta ( The Blind Area)

Kawasan ini berisikan hal-hal tentang diri kita sendiri yang diketahui oleh orang lain tetapi kita sendiri tidak mengetahuinya. Hal-hal ini dapat bersifat negative atau positif, dan mempengaruhi penilaian orang terhadap diri kita.

c. Kawasan Tak Dikenal ( The Unknown Area)

Kawasan ini berisikan hal-hal tentang diri kita yang tidak diketahui oleh siapapun., baik oleh diri kita sendiri maupun oleh orang lain. Salah satu penyebabnya, kemungkinan karena kita belum pernah memunculkannya di depan umum, atau kemungkinan terkubur jauh dalam diri kita.

d. Kawasan Privat ( The Hidden Area)

Kawasan ini berisi hal-hal yang hanya diketahui oleh diri kita sendiri dan bersifat pribadi., bukan merupakan konsumsi umum atau orang lain atau konsumsi public.

Proses pemindahan informasi dari wilayah tersembunyi yang bersifat pribadi ke jendela umum untuk memperbesar wilayah umum disebut sebagai membuka diri atau “ self-disclosure”.

Harus dipahami bahwa membuka diri merupakan proses yang rumit. Diperlukan adanya keberanian dan niatan yang cukup besar untuk membuka diri lebih banyak.

Untuk dapat meningkatkan hubungan interpersonal diperlukan keberanian untuk membuka diri oleh kedua belah pihak. Membuka diri oleh memberikan lebih banyak informasi tentang siapa diri kita kepada pihak lain. Pada gambar 16 terlihat bahwa dengan mendorong garis vertical ke sebelah kiri, kawasan umum akan menjadi lebih besar dan kawasan privat akan lebih menjadi kecil. Disamping itu dengan bekal umpan balik dari pihak lain kita akan lebih mengetahui informasi yang tentang diri kita, yang tidak diketahui.

Satu hal yang perlu kita sadari terlalu membuka diri dapat membawa dampak yang kurang baik, bagi diri kita pribadi maupun bagi hubungan interpersonal yang kita bangun.

3. Keterampilan Asertif (Assertiveness Skill)

Keterampilan asertif adalah kemampuan seseorang untuk menyampaikan pemikiran-pemikiran dan perasaan yang bersifat positif maupun negative, dengan cara terbuka, jujur, dan langsung. Kita bertanggung jawab terhadap diri sendiri kita dan tindakan kita, tanpa menghakimi atau menyalahkan orang lain. Hal ini memberikan kemampuan kepada kita untuk berdebat secara konstruktif dan mencari solusi yang dapat diterima oleh dua belah pihak.

Ketegasan dalam komunikasi dan hubungan social menyangkut keterbukaan, kejujuran, dan ketetapan, teguh(firm) pada tempatnya dan fleksibel.

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan komunikasi asertif, antara lain: memberikan kenyamanan pada kita dan juga orang lain; mengarahkan pada perkembangan untuk saling menghargai; meningkatkan harga diri; membantu pencapaian sasaran yang kita harapkan; memperkecil kemungkinan menyakiti orang lain.

Di lain pihak apabila ketegasan terlalu jauh sampai kepada pengambilan keuntungan dari orang lain, ini akan berubah menjadi hak orang lain dan membuat mereka merasa dibawah.

Di samping keuntungan terdapat pula kerugian-kerugian dalam penggunaan komunikasi asertif. Ia berisiko bahwa kemungkinan orang lain tidak memahaminya, sehingga tidak dapat menerima gaya komunikasi asertif ini.

Terdapat enam karakteristik utama dalam komunikasi asertif, yaitu: tapan mata (eye contact), bentuk tubuh (body posture), isyarat (gesture), suara (voice), waktu(timing), isi (content) pembicaraan.

Satu hal yang pasti adalah komunikasi asertif bukanlah merupakan tindakan yang agresif (*NOT Being Aggressive*), namun merupakan sebuah pilihan (choice)

#### 4. *I-Message* dan *You-Message*

"I-Message" adalah cara yang baik untuk memberitahukan kepada orang lain apa yang anda pikirkan. I-message terdiri dari tiga bagian, yaitu 'perilaku' (*behavior*) yang ditunjukkan oleh orang lain; 'dampak' (*effect*) yang terjadi sebagai akibat perilaku yang ditunjukkannya; dan 'perasaan' (*feeling*) dari orang yang terkena perilaku tersebut. Dengan menggunakan pesan-pesan

yang memperhatikan tiga kata tersebut di atas, berarti kita telah memberikan informasi yang lengkap, tanpa celah yang dapat mengakibatkan interpretasi lain atau keragu-raguan dari pihak lain. Sebagai contoh: manakala seorang anak buah terlambat hadir rapat, anda mengatakan :” Apabila anda datang terlambat(perilaku), saya merasa kesal (perasaan) karena ini berarti bahwa saya harus mengulangi informasi yang telah didengarkan oleh rekan-rekan anda sebelumnya(dampak)”. Pernyataan anda tersebut akan lebih jauh lebih baik dan cukup tegas, daripada mengabaikan permasalahan atau menunjukan kemarahan anda.

“I” statement merupakan bagian dari komunikasi asertif, karena menjadi asertif termasuk kemampuan kita untuk menyatakan perasaan dan apa yang kita butuhkan secara pada tempatnya.

Salah satu cara untuk menghindari konflik interpersonal adalah menghindari melakukan penuduhan atau menuduh. Salah satu cara adalah dengan mempergunakan pernyataan-pernyataan tentang diri kita sendiri (*I-messages*) dari pada penggunaan (*you-messages*) bernada menyalahkan orang lain. ‘*you-message*’ bernada menyalahkan sedangkan ‘*i-message*’ lebih berorientasi membeberkan permasalahan tanpa menyalahkan siapapun atas kejadian tersebut. Namun demikian perlu dipahami bahwa penggunaan *I-message* kadang-kadang dapat menyulitkan, karena orang tidak terbiasa untuk berbicara tentang dirinya sendiri atau mengungkapkan perasaan mereka.

Salah satu tantangan terbesar dalam berkomunikasi adalah kemampuan mendengarkan(*listening*). Kemampuan ini sangat penting agar kita dapat menyerap informasi, dan belajar memahaminya dari sudut pandang pemberi pesan.

#### 5. Konflik Interpersonal

Secara sederhana konflik dapat dinyatakan sebagai sebuah “ekspresi perjuangan” antara dua orang atau kelompok atau lebih, yang saling berkaitan satu dengan lainnya. Mereka kemudian yang menyadari bahwa mereka lebih lagi sejalan, dan tak mungkin lagi untuk tampil bersama.

Ciri-ciri terjadinya konflik interpersonal adalah:

- Adanya ekspresi perjuangan; apabila gejala ini sudah terlihat, maka kedua belah pihak harus melakukan komunikasi untuk hal-hal yang dapat menimbulkan konflik.
- Adanya gejala saling menyalahkan antara kedua belah pihak; konflik terjadi karena mulai terjadi adanya perbedaan persepsi, sudut pandang.
- Memiliki mentalitas “win-lose”; berusaha untuk memenangkan posisinya tanpa memperhatikan posisi pihak lainnya.

Adanya ketiga gejala tadi telah nampak, maka perlu adanya tindakan untuk mengatasi konflik tersebut, karena hubungan interpersonal yang dibangun tentunya diharapkan dapat terjalin selama mungkin.

Konflik harus di kelola dan dikendalikan dengan cara:

- Mengevaluasi dan mempertimbangkan pendapat para pihak yang sedang konflik.
- Mengendalikan agar pihak-pihak yang sedang konflik mau mendengarkan dan mungkin menerima pendapat pihak lain, walaupun tidak menyenangkan.
- Bertindak netral dan berusaha untuk tidak berpihak.
- Masing-masing pihak harus berusaha untuk bertindak dan membuat strategi yang pada situasi “win-win solution”.

Konflik merupakan bagian dari hubungan interpersonal. Oleh karenanya mengelola konflik merupakan sesuatu yang terpenting jika diinginkan hubungan itu akan dapat bertahan lama.

#### 6. Keberhasilan Komunikasi Interpersonal

Keberhasilan sebuah komunikasi dapat dilihat tiga komponen, yaitu:

##### a. *Outcome:*

Hasil komunikasi harus diketahui oleh semua pihak sehingga dapat ditentukan apa yang diinginkan, kapan, serta sumber daya yang diperlukan untuk mencapainya.

##### b. *Sensory Awareness:*

Penggunaan indera dan kepekaan kita untuk mengetahui apakah kita bergerak menuju hasil yang kita harapkan.

##### c. *Flexibility:*

Kemampuan untuk merubah hasil dan respon unutm dapat mencapai hasil yang kita inginkan.

Bahan Bacaan 6 : Macam-macam Metode mengajar untuk Membangun Komunikasi efektif dengan peserta didik

**a. Pengertian Metoda**

Metode berasal dari kata *meta* berarti melalui, dan *hodos* jalan. Jadi metode adalah jalan yang harus dilalui untuk mencapai suatu tujuan. Metode bisa berarti cara kerja yang bersistem untuk memudahkan pelaksanaan suatu kegiatan guna mencapai tujuan yang ditentukan. Menurut WJS. Poerwadarminta dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, (1999:767) Metode adalah cara yang telah teratur dan terpikir baik-baik untuk mencapai suatu maksud. Berdasarkan definisi di atas, penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa metode merupakan jalan atau cara yang ditempuh seseorang untuk mencapai tujuan yang diharapkan.

Metode mengajar adalah suatu pengetahuan tentang cara-cara mengajar yang dipergunakan oleh guru atau instruktur. Dalam pengertian lain metode adalah teknik penyajian yang digunakan oleh guru untuk mengajar atau menyajikan bahan pelajaran kepada siswa di dalam kelas agar pelajaran tersebut dapat ditangkap, dipahami dan digunakan oleh siswa dengan baik.

Mengajar sebagai bagian penting dari upaya mencapai tujuan pendidikan tidak dapat dipisahkan dari hakikat pendidikan itu sendiri sebagai suatu bentuk usaha untuk memanusiakan manusia. Jika dihubungkan dengan pengertian pendidikan diarahkan untuk meningkatkan kecerdasan serta dapat memenuhi kebutuhan pembangunan nasional dan bertanggung jawab atas pembangunan bangsa sehingga alam lingkungan sekolah dimaksudkan sebagai lembaga untuk mewujudkan tujuan pendidikan nasional sebagaimana yang ditegaskan dalam UU Republik Indonesia No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional yaitu mengembangkan potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.

Siswa sebagai sasaran pembelajaran, dituntut untuk meningkatkan kemampuan belajarnya sehingga dapat memiliki hasil belajar yang baik agar tujuan pendidikan dapat tercapai. Dalam upaya meningkatkan hasil belajar siswa, maka salah satu komponen yang perlu mendapat perhatian adalah penggunaan metode mengajar yang tepat agar siswa dapat menguasai dan memahami konsep-konsep materi pembelajaran dan keterampilan.

Metode mengajar merupakan salah satu aspek yang sangat penting oleh guru dalam proses belajar mengajar di sekolah. Dengan menggunakan metode mengajar yang tepat diharapkan siswa dapat memahami secara optimal materi pelajaran yang diajarkan oleh guru. Menurut Djayadisastra (1985:13) mengemukakan bahwa “berhasil tidaknya siswa dalam pembelajaran sangat tergantung pada tepat atau tidaknya metode mengajar yang dipergunakan oleh guru”.

Salah satu usaha yang tidak pernah guru tinggalkan adalah bagaimana memahami kedudukan metode sebagai salah satu komponen yang ikut ambil bagian bagi keberhasilan kegiatan belajar mengajar.

Menurut Winarno yang dikutip oleh Suryosubroto (2002:148) metode pengajaran adalah cara-cara pelaksanaan daripada proses pengajaran, atau soal bagaimana teknisnya sesuatu bahan pelajaran diberikan kepada siswa di sekolah.

#### **b. Ragam Metoda Mengajar**

Metode mengajar banyak macam dan jenisnya, setiap jenis metode mengajar mempunyai kelemahan dan kelebihan masing-masing, tidak menggunakan satu macam metode saja, mengkombinasikan penggunaan beberapa metode yang sampai saat ini masih banyak digunakan dalam proses belajar mengajar. Menurut Nana Sudjana (dalam buku *Dasar-dasar Proses Belajar Mengajar*, 1989:78 – 86), terdapat bermacam-macam metode dalam mengajar, yaitu Metode ceramah, Metode Tanya Jawab, Metode Diskusi, Metode Resitasi, Metode Kerja Kelompok, Metode Demonstrasi dan Eksperimen, Metode sosiodrama (*role-playing*), Metode *problem solving*, Metode sistem regu (*team teaching*), Metode latihan (*drill*), Metode karyawisata (*Field-trip*), Metode survai masyarakat, dan Metode simulasi. Untuk lebih jelasnya, penulis uraikan sebagai berikut:

- 1) Metode ceramah adalah penuturan bahan pelajaran secara lisan. Metode ini tidak senantiasa jelek bila penggunaannya betul-betul disiapkan dengan baik, didukung dengan alat dan media, serta memperhatikan batas-batas kemungkinan penggunaannya. Metode ini seringkali digunakan guru dalam menyampaikan pelajaran apabila menghadapi sejumlah siswa yang cukup banyak, namun perlu diperhatikan juga bahwa metode ini akan berhasil baik apabila didukung oleh metode-metode yang lain, misalnya metode tanya jawab, latihan dan lain-lain. Guru harus benar-benar siap dalam hal ini, karena jika disampaikan hanya ceramah saja dari awal pelajaran sampai selesai, siswa akan bosan dan kurang berminat dalam mengikuti pelajaran, bahkan bisa-bisa siswa tidak mengerti apa yang dibicarakan oleh gurunya.
- 2) Metode Tanya Jawab adalah metode mengajar yang memungkinkan terjadinya komunikasi langsung yang bersifat *who way traffic*, sebab pada saat yang sama terjadi dialog antara guru dan siswa. Guru bertanya siswa menjawab atau siswa bertanya guru menjawab. Dalam komunikasi ini terlihat adanya hubungan timbal balik secara langsung antara guru dengan siswa.
- 3) Metode Diskusi adalah tukar menukar informasi, pendapat dan unsur-unsur pengalaman secara teratur dengan maksud untuk mendapat pengertian yang sama, lebih jelas dan lebih teliti tentang sesuatu atau untuk mempersiapkan dan merampungkan keputusan bersama. Oleh karena itu diskusi bukanlah debat, karena debat adalah perang mulut orang beradu argumentasi, beradu paham dan kemampuan persuasi untuk memenangkan pahamnya sendiri. Dalam diskusi tiap orang diharapkan memberikan sumbangan sehingga seluruh kelompok kembali dengan paham yang dibina bersama.
- 4) Metode Resitasi, tugas tidak sama dengan pekerjaan rumah, tetapi jauh lebih luas dari itu. Tugas dapat dilaksanakan di rumah, di perpustakaan, di sekolah atau di tempat lainnya. Tugas merangsang anak untuk aktif belajar baik secara individu maupun secara kelompok.
- 5) Metode kerja kelompok adalah siswa dalam satu kelas dipandang dalam satu kesatuan (kelompok) sendiri atau pun dibagi atas kelompok-kelompok kecil (sub-sub kelompok).

- 6) Metode demonstrasi dan eksperimen adalah metode mengajar yang sangat efektif, sebab membantu para siswa untuk mencari jawaban dengan usaha sendiri berdasarkan fakta yang benar. Demonstrasi yang dimaksud ialah suatu metode mengajar yang memperlihatkan bagaimana proses terjadinya sesuatu.
- 7) Metode sosiodrama (role-playing), sosiodrama pada dasarnya mendramatisasikan tingkah laku dan hubungannya dengan masalah sosial.
- 8) Metode problem solving, metode ini bukan sekedar metode mengajar tetapi juga merupakan satu metode berfikir, sebab dalam solving dapat menggunakan metode lainnya dimulai dari menarik data sampai menarik kesimpulan.
- 9) Metode sistem regu (team teaching), merupakan metode mengajar dua orang guru atau lebih bekerjasama mengajar sebuah kelompok siswa, jadi kelas dihadapi beberapa guru. Sistem regu banyak macamnya, sebab untuk satu regu tidak senantiasa guru secara formal saja, tetapi dapat melibatkan orang-orang luar yang dianggap perlu sesuai dengan keahlian yang kita butuhkan.
- 10) Metode simulasi, simulasi berasal dari kata simulate yang artinya pura-pura atau berbuat seolah-olah. Kata simulation artinya tiruan atau perbuatan yang pura-pura. Dengan demikian, simulasi dalam metode mengajar dimaksud sebagai cara untuk menjelaskan sesuatu (bahan pelajaran) melalui proses tingkah laku imitasi atau bermain peran mengenai suatu tingkah laku yang dilakukan seolah-olah dalam keadaan yang sebenarnya. Penggunaan simulasi sangat populer di kalangan masyarakat terutama simulasi. Contoh dalam PEMILU. Dalam belajar juga ini penting agar siswa tahu tentang kondisi ril dilapangan yang terkait dengan pembelajar konsep, masalah, dan fakta.
- 11) Pembelajaran Langsung (DL=Direct Learning). Pengetahuan yang bersifat informasi dan prosedural yang menjurus pada ketrampilan dasar akan lebih efektif jika disampaikan dengan cara pembelajaran langsung. Sintaknya adalah menyiapkan siswa, sajian informasi dan prosedur, latihan terbimbing, refleksi, latihan mandiri, dan evaluasi. Cara ini sering disebut dengan metode ceramah atau ekspositori (ceramah bervariasi).

- 12) Problem Solving. Dalam hal ini masalah didefinisikan sebagai suatu persoalan yang tidak rutin, belum dikenal cara penyelesaiannya. Justru problem solving adalah mencari atau menemukan cara penyelesaian (menemukan pola, aturan, atau algoritma). Sintaknya adalah: sajiakn permasalahan yang memenuhi criteria di atas, siswa berkelompok atau individual mengidentifikasi pola atau atuiran yang disajikan, siswa mengidentifikasi, mengeksplorasi, menginvestigasi, menduga, dan akhirnya menemukan solusi.
- 13) Pembelajaran Bersiklus (*cycle learning*). Ramsey (1993) mengemukakan bahwa pembelajaran efektif secara bersiklus, mulai dari eksplorasi (deskripsi), kemudian eksplanasi (empiric), dan diakhiri dengan aplikasi (aduktif). Eksplorasi berarti menggali pengetahuan rasyarat, eksplnasi berarti mengenalkan konsep baru dan alternatif pemecahan, dan aplikasi berarti menggunakan konsep dalam konteks yang berbeda.
- 14) SAVI. Pembelajaran SAVI adalah pembelajaran yang menekankan bahwa belajar haruslah memanfaatkan semua alat indra yang dimiliki siswa. Istilah SAVI sendiri adalah kependekan dari: Somatic yang bermakna gerakan tubuh (hands-on, aktivitas fisik) di mana belajar dengan mengalami dan melakukan; Auditory yang bermakna bahwa belajar haruslah dengan melalui mendengarkan, menyimak, berbicara, presentasi, argumentasi, mengemukakan pendapat, dan mennaggapi; Visualization yang bermakna belajar haruslah menggunakan indra mata melallui mengamati, menggambar, mendemonstrasikan, membaca, menggunakan media dan alat peraga; dan Intellectually yang bermakna bahawa belajar haruslah menggunakan kemampuan berpikir (minds-on) nbelajar haruslah dengan konsentrasi pikiran dan berlatih menggunakannya melalui bernalar, menyelidiki, mengidentifikasi, menemukan, mencipta, mengkonstruksi, memecahkan masalah, dan menerapkan.
- 15) Teams Games Tournament (TGT). Penerapan model ini dengan cara mengelompokkan siswa heterogen, tugas tiap kelompok bisa sama bisa aberbeda. Setelah memperoleh tugas, setiap kelompok bekerja sama dalam bentuk kerja individual dan diskusi. Usahakan dinamikia kelompok kohesif dan kompak serta tumbuh rasa kompetisi antar kelompok, suasana diskuisi

nyaman dan menyenangkan seperti dalam kondisi permainan (games) yaitu dengan cara guru bersikap terbuka, ramah, lembut, santun, dan ada sajian bodoran. Setelah selesai kerja kelompok sajikan hasil kelompok sehingga terjadi diskusi kelas. Jika waktunya memungkinkan TGT bisa dilaksanakan dalam beberapa pertemuan, atau dalam rangka mengisi waktu sesudah UAS menjelang pembagian raport. Sintaknya adalah sebagai berikut:

- a) Buat kelompok siswa heterogen 4 orang kemudian berikan informasi pokok materi dan mekanisme kegiatan
  - b) Siapkan meja turnamen secukupnya, misal 10 meja dan untuk tiap meja ditempati 4 siswa yang berkemampuan setara, meja I diisi oleh siswa dengan level tertinggi dari tiap kelompok dan seterusnya sampai meja ke-X ditempati oleh siswa yang levelnya paling rendah. Penentuan tiap siswa yang duduk pada meja tertentu adalah hasil kesepakatan kelompok.
  - c) Selanjutnya adalah pelaksanaan turnamen, setiap siswa mengambil kartu soal yang telah disediakan pada tiap meja dan mengerjakannya untuk jangka waktu tertentu (misal 3 menit). Siswa bisa mengerjakan lebih dari satu soal dan hasilnya diperiksa dan dinilai, sehingga diperoleh skor turnamen untuk tiap individu dan sekaligus skor kelompok asal. Siswa pada tiap meja turnamen sesuai dengan skor yang diperolehnya diberikan sebutan (gelar) superior, very good, good, medium. Bumping, pada turnamen kedua (begitu juga untuk turnamen ketiga-keempat dst.), dilakukan pergeseran tempat duduk pada meja turnamen sesuai dengan sebutan gelar tadi, siswa superior dalam kelompok meja turnamen yang sama, begitu pula untuk meja turnamen yang lainnya diisi oleh siswa dengan gelar yang sama.
  - d) Setelah selesai hitunglah skor untuk tiap kelompok asal dan skor individual, berikan penghargaan kelompok dan individual.
- 16) *Jigsaw*. Model pembelajaran ini termasuk pembelajaran kooperatif dengan sintaks seperti berikut ini. Pengarahan, informasi bahan ajar, buat kelompok heterogen, berikan bahan ajar (LKS) yang terdiri dari beberapa bagian sesuai dengan banyak siswa dalam kelompok, tiap anggota kelompok bertugas

membahasa bagian tertentu, tiap kelompok bahan belajar sama, buat kelompok ahli sesuai bagian bahan ajar yang sama sehingga terjadi kerja sama dan diskusi, kembali ke kelompok asal, pelaksana tutorial pada kelompok asal oleh anggota kelompok ahli, penyimpulan dan evaluasi, refleksi.

- 17) Artikulasi adalah mode pembelajaran dengan sintaks: penyampaian kompetensi, sajian materi, bentuk kelompok berpasangan sebangku, salah satu siswa menyampaikan materi yang baru diterima kepada pasangannya kemudian bergantian, presentasi di depan hasil diskusinya, guru membimbing siswa untuk menyimpulkan.
- 18) Debate adalah model pembelajaran dengan sintaks: siswa menjadi 2 kelompok kemudian duduk berhadapan, siswa membaca materi bahan ajar untuk dicermati oleh masing-masing kelompok, sajian presentasi hasil bacaan oleh perwakilan salah satu kelompok kemudian ditanggapi oleh kelompok lainnya begitu seterusnya secara bergantian, guru membimbing membuat kesimpulan dan menambahkannya bila perlu.
- 19) Role Playing, Sintak dari model pembelajaran ini adalah: guru menyiapkan scenario pembelajaran, menunjuk beberapa siswa untuk mempelajari skenario tersebut, pembentukan kelompok siswa, penyampaian kompetensi, menunjuk siswa untuk melakukan skenario yang telah dipelajarinya, kelompok siswa membahas peran yang dilakukan oleh pelakon, presentasi hasil kelompok, bimbingan penyimpulan dan refleksi.

#### **D. Aktivitas Pembelajaran**

Aktivitas 1 Diskusi Kelompok: Pengantar Identifikasi Isi Materi Pembelajaran.

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, lakukan diskusi dengan sesama peserta diklat di kelompok Anda untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

- a. Kesiapan apa yang diperlukan untuk mempelajari materi pembelajaran ini?
- b. Jelaskan kompetensi apa saja yang akan Anda capai dalam mempelajari materi pembelajaran ini?
- c. Sebutkan bahan bacaan apa saja yang ada di materi pembelajaran ini?
- d. Jelaskan cara Anda mempelajari materi pembelajaran ini?

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK - 1**.

Jika Anda dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Anda bisa melanjutkan pembelajaran dengan melakukan Aktivitas Pembelajaran berikut.

#### Aktivitas 2 Diskusi dan Penggalan Informasi: Pengantar Komunikasi

Diskusikan dan gali informasi melalui internet tentang beberapa permasalahan berikut ini dalam kelompok Anda.

- a. Menurut Anda mengapa keterampilan komunikasi dalam kegiatan pembelajaran perlu dikuasai oleh Guru?
- b. Apa kendala umum yang terjadi yang tidak disadari oleh Guru sehingga peserta didik seringkali mengalami kesulitan menangkap materi pembelajaran ?
- c. Bagaimana cara mengatasi hambatan komunikasi oleh Guru?

Jawablah permasalahan tersebut dalam kelompok dan tuliskan jawabannya pada **LK-2**. Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

#### Aktivitas 3: Teknik Komunikasi Efektif di Kelas

- a. Jelaskan mengapa komunikasi yang dilakukan oleh Guru harus benar-benar efektif? Akibat apa yang ditimbulkan, jika komunikasi di kelas tidak efektif?
- b. Berikan penjelasan dan contoh aplikasi dalam pembelajaran di kelas terhadap hal-hal berikut ini:
  - 1) Keterampilan Bahasa
  - 2) Bahasa Tubuh
- c. Bagaimana mengatasi kesulitan peserta didik dalam berkomunikasi?

#### Aktivitas 4: Komunikasi Efektif

1. Mengapa teknik komunikasi efektif penting?
2. Jelaskan jenis kegiatan yang harus anda lakukan dalam suatu pekerjaan?
3. Jelaskan 5 hukum komunikasi efektif dan berikan penjelasannya?

4. Jelaskan beberapa kebiasaan mendengar yang buruk?
5. Jelaskan beberapa kebiasaan mendengar yang baik?

#### Aktivitas 5: Komunikasi Interpersonal

##### A. Proses Interpersonal

Baca pertanyaan no 1 sampai dengan 15, kemudian berikan jawaban dengan salah satu pengertian sebagai berikut.

- A. Encode
  - B. Decode
  - C. Channel
  - D. Message/Umpan balik
  - E. Noise/Gangguan
  - F. Context/Lingkungan
- 
1. .... Anak-anak bermaksud membuat videotape sendiri dan mengirimkan ke neneknya, daripada menulis surat.
  2. .... Herman berusaha mencari jalan untuk memberitahukan kepada ida, bahwa ia tidak dapat ikut berlibur ke Bali.
  3. .... Ida menafsirkan pernyataan Herma bahwa ia tidak dapat menemaninya pergi berlibur ke Bali, sebagai ungkapan Herwan ia tidak mencintai Ida lagi.
  4. .... Ruangan itu begitu panas dan penuh asap rokok, keadaan ini menyebabkan Ari sulit untuk berkonsentrasi pada pembicaraan temannya.
  5. .... Lina tersenyum pada saat Lukito berbicara kepadanya.
  6. .... Lusi sedang berkhayal tentang kencannya dengan Hary pada saat Dudi berbicara dengan dia.

7. ,,,,,,,,karena Jakob belum pernah menikah, maka sulit baginya untuk memahami mengapa Lina yang sudah menikah, berniat mengurangi waktu bertemunya dengan Jakob.
8. ....Richard berpikir bahwa Jon akan meninggalkan dia, pada saat Jon melambatkan tangannya.
9. ....Erin berasal dari keluarga kaya, dan Keti berasal dari keluarga sederhana. Mereka memiliki konflik yang sangat serius bagaimana mereka mengelola uang
10. ....Jessica memutuskan untuk berbohong pada kelompoknya tentang alasan mengapa ia tidak hadir dalam rapat yang diadakan kemarin
11. ...."Syah menolak untuk berangkay", kata Dadi.
12. ....Levi berhasil mengemukakan alasan yang tepat untuk menyakinkan orang tuanya agar membeli sebuah mobil baru untuknya.
- 13.

**B. Sifat Pasif, Asertif dan Agresif**

1. Sebutkan paling sedikit 7 hal yang hilang sebagai akibat dari sifat non-assertif atau pasif yang anda miliki
2. Sebutkan paling sedikit 5 hal yang anda peroleh sebagai akibat dari sifat anda yang asertif.
3. Sebutkan kerugian yang anda peroleh sebagai akibat sifat agresif yang anda miliki.
4. Apa yang anda akan lakukan, apabila anda berdiskusi dengan orang yang memiliki tendensi selalu ingin menang.
5. Tahapan apa yang akan anda lakukan dalam mempertahankan pendapat dan konsep anda.

**C. Studi Kasus**

Pada saat Negara kita terkena gempa bumi dan tsunami, beredar berita tentang prediksi akan terjadi tsunami di daerah-daerah lain. Akibat dari berita ini banyak

penduduk yang panic, terutama setelah ada pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab menyampaikan pada masyarakat melalui SMS.

Telaah masalah ini dipandang dari sudut Komunikasi Interpersonal.

**LEMBAR KERJA KB 1**

**TEKNIK KOMUNIKASI EFEKTIF DALAM PEMBELAJARAN**

**LK – 01 mengidentifikasi isi Materi Pembelajaran**

1. Kesiapan apa yang diperlukan untuk mempelajari materi pembelajaran ini?

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

2. Jelaskan kompetensi apa saja yang akan Anda capai dalam mempelajari materi pembelajaran ini?

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

3. Sebutkan bahan bacaan apa saja yang ada di materi pembelajaran ini?

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

4. Jelaskan cara Anda mempelajari materi pembelajaran ini?

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

**LK – 02 Diskusi dan penggalian Informasi tentang perlunya pemanfaatan media dalam pembelajaran**

1. Menurut Anda mengapa keterampilan komunikasi dalam kegiatan pembelajaran perlu dikuasai oleh Guru?

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

2. Apa kendala umum yang terjadi yang tidak disadari oleh Guru sehingga peserta didik seringkali mengalami kesulitan menangkap materi pembelajaran?

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

3. Bagaimana cara mengatasi hambatan komunikasi oleh Guru?

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

LK - 03. Diskusi dan menggali informasi penerapan TIK dalam pembelajaran

1. Setelah Anda mempelajari bahan bacaan 3, dari beberapa contoh penerapan TIK yang diberikan, contoh mana yang memungkinkan dan sesuai untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah Anda!

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

2. Mengapa Anda memilih contoh tersebut?

.....  
.....

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

3. Bagaimana langkah yang Anda lakukan untuk menerapkan TIK tersebut dalam kegiatan pembelajaran di kelas?

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

#### LK 4: Komunikasi Efektif

1. Mengapa teknik komunikasi efektif penting?.....  
.....

2. Jelaskan jenis kegiatan yang harus anda lakukan dalam suatu pekerjaan?

.....  
.....

3. Jelaskan 5 hukum komunikasi efektif dan berikan penjelasannya?

.....  
.....

4. Jelaskan beberapa kebiasaan mendengar yang buruk?

.....  
.....

5. Jelaskan beberapa kebiasaan mendengar yang baik?

.....  
.....

**LK - 05 : Komunikasi Interpersonal**

1. Sebutkan paling sedikit 7 hal yang hilang sebagai akibat dari sifat non-asertif atau pasif yang anda miliki

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

2. Sebutkan paling sedikit 5 hal yang anda peroleh sebagai akibat dari sifat anda yang asertif.

.....  
.....

3. Sebutkan kerugian yang anda peroleh sebagai akibat sifat agresif yang anda miliki.

.....  
.....

4. Apa yang anda akan lakukan, apabila anda berdiskusi dengan orang yang memiliki tendensi selalu ingin menang.

.....

.....  
.....

5. Tahapan apa yang akan anda lakukan dalam mempertahankan pendapat dan konsep anda.

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

**LK - 06 : Macam – macam Metode Mengajar untuk Membangun Komunikasi efektif Dengan Peserta Didik**

1. Untuk membangun komunikasi efektif dalam pembelajaran metode apa saja yang sering Anda gunakan di kelas?

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

2. Lakukan simulasi penerapan salah satu metode mengajar sehingga terjadi komunikasi yang efektif?

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

3. Berdasarkan metode yang Anda pilih apa keuntungan dan kelemahan dari masing-masing metode tersebut?

.....  
.....

.....  
.....

**Tugas # 1 (Mandiri):**

Buatlah suatu pesan kepada siswa Anda, dalam satu bentuk format memo. Isi memo: Anda ingin meminta siswa anda agar mempersiapkan tim untuk membahas rencana pembuatan mebel yang kegiatannya mencakup rancangan berkenaan dengan penggunaan mesin, proses penyiapan bahan, hingga pembuatan dan uji coba.

**Tugas # 2 (Mandiri):**

Siapkan RPP Anda! Buatlah tinjauan dari segi komunikasi terhadap materi yang ada; kemudian tetapkan apa saluran komunikasi yang akan Anda gunakan agar proses penyampaian materi itu efektif dan efisien.

Buatlah dalam bentuk tabulasi skenario.

Permainan # 1 (Kelompok): **Pesta Telepon** (waktu 15 menit).

- Anda diminta membentuk kelompok yang terdiri dari 5 orang;
- Setiap orang menggunakan *ear-plug* atau *headset*
- Anggota kelompok nomor 1, menyampaikan pesan (yang akan diberikan oleh Widyaiswara/Fasilitator)
- Buat sebuah analisis atas apa yang terjadi (bentuk file ms-word, cantumkan kelompok dan nama peserta tiap kelompok) dan email ke:  
[guruku.luarbiasa@gmail.com](mailto:guruku.luarbiasa@gmail.com)

**E. Rangkuman**

1. Sebagai manusia yang memiliki kebutuhan, hubungan personal akan terjadi hubungan baik akan berkembang. Keterkaitan untuk membuka diri, dan kepercayaan ,dalam membentuk dan memelihara hubungan sosial dalam jangka panjang. Oleh karena itu komunikasi antara sesama manusia sangat penting terutama bagi pendidik/guru dalam melaksanakan pembelajaran di kelas..

2. Pesan atau informasi yang dikirim dalam dua tahap secara bersamaan yaitu secara verbal dan non verbal, dan untuk memiliki komunikasi yang efektif, perlu diperhitungkan faktor-faktor yang berpengaruh ruang dimana komunikasi itu terjadi, pesan verbal atau non verbal, arti yang dimaksud dengan arti yang diterima bisa saja berbeda.
3. Beberapa unsur penting dalam komunikasi yaitu adanya pengirim (*sender*), penerima pesan (*receiver*), saluran (*channel*), balikan (*feedback*), pesan (*message*), dan persepsi (*perception*) hal ini sangat berpengaruh terhadap komunikasi yang akan terjadi.
4. Penyebab kegagalan komunikasi karena tingkatan kejelasan pesan, mendorong timbulnya balikan, penggunaan bahasa yang sederhana, mendengarkan secara efektif dan membangun rasa percaya diri, oleh karena itu untuk dapat berkomunikasi dengan orang lain maka seseorang harus memahami dirinya sendiri terlebih dahulu karena konsep diri akan mempengaruhi cara seseorang berkomunikasi.
5. Dalam komunikasi interpersonal; yang sering terabaikan adalah menjadi penerima atau pendengar yang baik. Untuk menjadi penerima atau pendengar yang baik dibutuhkan kemampuan untuk mendengarkan.
6. Berkomunikasi dengan peserta didik sangatlah penting bagi guru dalam proses pembelajaran, dengan berkomunikasi yang baik akan menyampaikan berupa informasi, gagasan, arahan, harapan dan kejelasan materi pembelajaran. Melalui komunikasi guru akan dapat memotivasi sekaligus mengarahkan peserta didik untuk belajar lebih baik.
7. Beberapa metoda pembelajaran yang dapat digunakan di kelas sehingga terjadi komunikasi secara efektif baik siswa dengan siswa, siswa dengan guru.

**F. Tes Formatif (Per kegiatan pembelajaran. Berupa Tes Lisan, atau Tulisan, dan Perbuatan)**

1. Apa yang dimaksud dengan komunikasi?
2. Mengapa Guru harus mampu berkomunikasi dengan baik?
3. Bagaimana proses komunikasi terjadi?

### **G. Kunci Jawaban**

1. Komunikasi adalah proses penyampaian pesan dari satu pihak kepada pihak yang lain
2. Komunikasi merupakan hal mutlak bagi guru, oleh karena itu dijadikan sebagai salah satu komponen dari standar kompetensi guru (Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007)
3. Membuat/menggambarkan diagram proses komunikasi (sederhana atau lengkap)

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : ALAT UKUR PLTS

### A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 2 alat ukur PLTS peserta mampu melakukan pengecekan kondisi komponen dan instalasi pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan alat ukur yang tepat.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi, peserta mampu:

- ✓ Memilih alat ukur yang tepat untuk pengecekan komponen PLTS
- ✓ Menggunakan alat ukur dengan benar dalam pengecekan komponen PLTS
- ✓ Menggunakan alat ukur dengan benar dalam pengecekan instalasi PLTS dengan benar

### C. Uraian Materi

#### RADIASI SURYA

Kinerja suatu sistem konversi energi terbarukan sangat dipengaruhi oleh karakteristik masukan energi (seperti: surya, air, angin, dan biomassa) yang merupakan suatu fungsi waktu, tergantung pada lokasi (*site specific*) dan mempunyai fenomena statistik. Oleh karena itu, pembuatan model perilaku sistem membutuhkan informasi yang tepat dari variabel-variabel yang terkait.

Dalam sistem energi surya, peyinaran matahari harus diketahui terlebih dahulu baik melalui pengukuran maupun metode estimasi. Parameter-parameter meteorologi merupakan subyek yang selalu berubah-ubah, karena itu masa depan kinerja sistem energi surya tidak dapat secara tepat dikalkulasi tapi hanya dapat diestimasi pada perilaku yang paling mendekati kondisi realistik.

#### 2.1. Distribusi Radiasi Surya

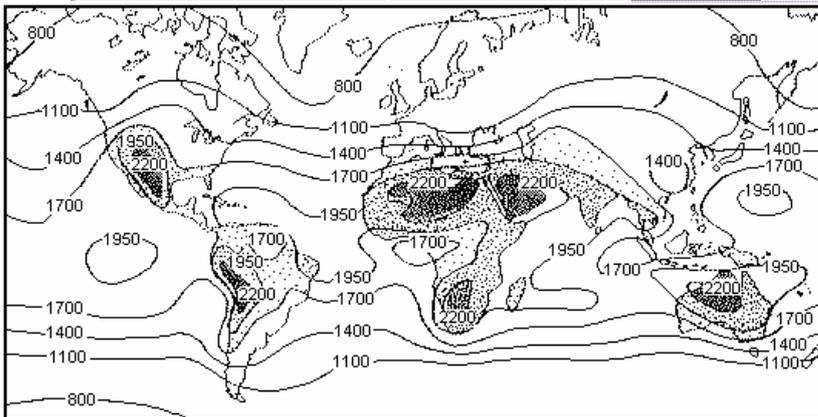
Radiasi surya mencapai permukaan bumi terjadi secara langsung dari matahari (radiasi sinar langsung – *direct beam radiation*) dan tidak langsung. Radiasi tidak langsung mencapai bumi setelah tersebar dan/atau terpantul oleh aerosol, molekul-molekul atmosfer dan awan (*diffuse radiation*). Jumlah penyinaran kedua

**Commented [UAS1]:** Kalimat dipenggal karena terlalu panjang

komponen radiasi yang jatuh pada permukaan horizontal dikenal sebagai radiasi global (*global radiation*). Distribusi radiasi global dari energi surya dapat dilihat pada gambar 1.

Pada dasarnya, untuk daerah tropis dan subtropis, radiasi surya diluar atmosfer bumi (*extraterrestrial radiation*) harian tidak terlalu beragam selama setahun. Namun demikian, fenomena cuaca musiman (kemarau, hujan, badai pasir dll) dapat mengubah musim yang ekstrim dalam radiasi global, khususnya pada daerah utara dan selatan daerah tropis. Perubahan irradiansi pada daerah-daerah ini umumnya merupakan fungsi dari panjangnya hari dan sudut datang radiasi surya.

Gambar 2. 1 | Distribusi radiasi solar global dalam (kWh/m<sup>2</sup> tahun)



Commented [UAS2]: Tuliskan sumber gambar

Tabel 2. 1 | Penyinaran matahari di 18 lokasi di Indonesia

| Kawasan  | Lokasi     | Jan      | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nov | Des | Rata2 |
|----------|------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| KBI      | Banda Aceh | 3.7      | 4.1 | 4.4 | 4.5 | 4.3 | 5.0 | 4.3 | 4.6 | 4.4 | 3.7 | 3.0 | 3.2 | 4.1   |
|          | Medan      | 3.7      | 4.3 | 4.4 | 4.5 | 4.5 | 4.6 | 4.7 | 4.6 | 4.5 | 4.0 | 4.1 | 3.8 | 4.3   |
|          | Sipirok    | 2.7      | 2.9 | 3.8 | 3.8 | 4.3 | 4.6 | 4.4 | 4.9 | 4.5 | 4.1 | 3.1 | 2.1 | 3.8   |
|          | G Tua      | 4.3      | 4.9 | 5.0 | 5.7 | 4.9 | 5.2 | 5.2 | 5.1 | 5.1 | 4.7 | 4.8 | 4.4 | 4.9   |
|          | Jakarta    | 3.9      | 4.0 | 4.5 | 4.6 | 4.4 | 4.2 | 4.4 | 4.8 | 5.1 | 4.9 | 4.4 | 4.2 | 4.5   |
|          | Bandung    | 4.2      | 4.9 | 4.7 | 4.0 | 3.7 | 3.5 | 3.9 | 4.2 | 4.5 | 4.8 | 3.9 | 3.6 | 4.2   |
|          | Lembang    | 5.1      | 4.6 | 4.6 | 4.9 | 4.4 | 5.2 | 5.2 | 5.7 | 6.9 | 5.2 | 5.1 | 5.0 | 5.2   |
|          | G Brengos  | 4.0      | 3.7 | 4.2 | 4.9 | 4.4 | 4.7 | 4.9 | 5.1 | 5.9 | 5.0 | 4.7 | 4.6 | 4.7   |
|          | Surabaya   | 5.4      | 3.7 | 3.9 | 5.0 | 5.9 | 5.3 | 5.7 | 5.8 | 6.5 | 6.9 | 6.4 | 4.6 | 5.4   |
|          | KTI        | Denpasar | 4.6 | 5.1 | 5.0 | 5.1 | 4.5 | 4.1 | 4.0 | 5.2 | 5.2 | 5.6 | 5.4 | 4.8   |
| Jambek   |            | 4.9      | 5.2 | 5.3 | 5.4 | 5.2 | 4.6 | 4.8 | 5.0 | 5.6 | 6.2 | 5.6 | 5.3 | 5.3   |
| Mangkung |            | 5.0      | 5.2 | 5.0 | 5.6 | 5.1 | 4.8 | 4.9 | 5.3 | 6.1 | 6.4 | 5.9 | 5.4 | 5.4   |
| D Baru   |            | 5.7      | 5.0 | 4.8 | 5.8 | 5.6 | 5.1 | 5.3 | 5.6 | 6.8 | 6.8 | 6.3 | 5.3 | 5.7   |
| L Lombok |            | 4.7      | 5.1 | 4.5 | 5.6 | 5.4 | 5.0 | 5.2 | 5.5 | 5.9 | 5.6 | 6.1 | 4.9 | 5.3   |
| Kawo     |            | 4.4      | 5.3 | 5.3 | 5.6 | 5.0 | 5.3 | 4.7 | 5.3 | 5.6 | 5.8 | 5.9 | 5.6 | 5.3   |
| Pemuda   |            | 4.8      | 5.5 | 5.5 | 5.9 | 5.4 | 5.1 | 5.0 | 5.3 | 6.4 | 6.5 | 6.0 | 5.4 | 5.6   |
| G Watu   |            | 4.1      | 4.1 | 4.0 | 3.9 | 4.3 | 4.1 | 3.6 | 4.2 | 5.1 | 5.2 | 5.5 | 4.8 | 4.4   |
| Kupang   |            | 3.6      | 3.9 | 4.6 | 4.7 | 5.1 | 4.2 | 4.4 | 4.3 | 5.4 | 5.4 | 4.6 | 3.9 | 4.5   |

Berdasarkan gambar 1, maka penyinaran matahari global di Indonesia berkisar antara 1700 - 1950 kWh/m<sup>2</sup>.tahun = 4.66 - 5.34 kWh/m<sup>2</sup>.hari. Berdasarkan data pengukuran yang dihimpun dari 18 lokasi, distribusi penyinaran matahari di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.

Jika data-data pada tabel 1 dirata-ratakan serta dikelompokkan berdasarkan kawasan barat (KBI) dan kawasan timur (KTI) Indonesia, maka dapat diperoleh gambaran sebagai berikut:

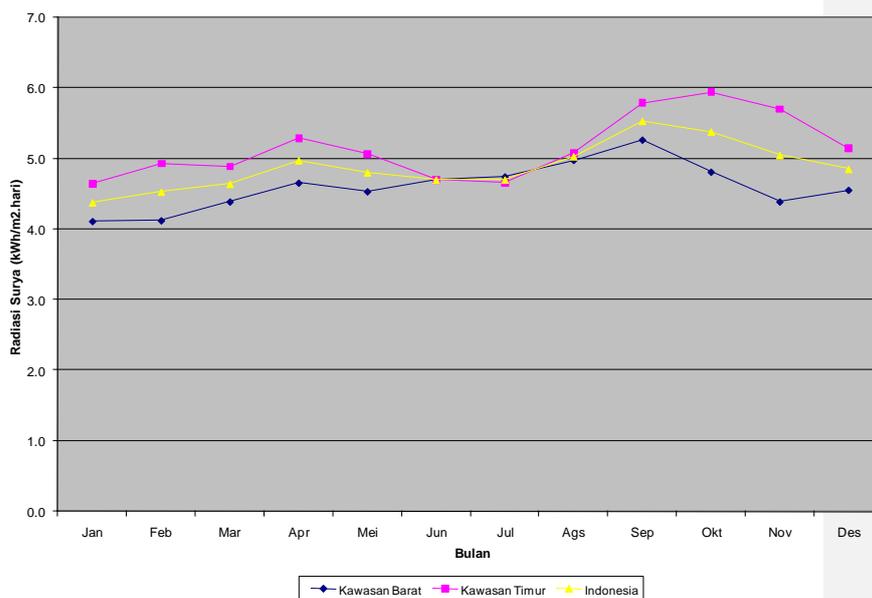
Penyinaran matahari rata-rata Indonesia = 4,85 kWh/m<sup>2</sup>.hari

Penyinaran matahari rata-rata KBI = 4,55 kWh/m<sup>2</sup>.hari

Penyinaran matahari rata-rata KTI = 5,14 kWh/m<sup>2</sup>.hari

Secara grafis distribusi penyinaran matahari di Indonesia disajikan pada gambar 2.

Gambar 2. 2 | Profil penyinaran matahari di Indonesia



Dapat dilihat bahwa penyinaran matahari di Indonesia terdistribusi hampir merata sepanjang tahun dan tersebar diberbagai wilayah di Indonesia.

## 2.2. Estimasi Data Radiasi Untuk System Modelling

Untuk merancang suatu sistem energi surya, maka kondisi penyinaran, letak geografis (garis lintang dan bujur), ketinggian (*altitude*), waktu (pada umumnya disampaikan rata-rata bulanan), keadaan atmosfer dan orientasi panel surya (azimut dan kemiringan) harus diketahui. Seringkali menjadi masalah bahwa data-data yang diperlukan tidak tersedia, khususnya yang terkait dengan penyinaran matahari di lokasi yang bersangkutan.

Didalam analisa sering dilakukan berbagai pendekatan, misal menggunakan data dari lokasi dengan kondisi lintang yang berdekatan atau menggunakan suatu model estimasi.

Commented [UAS3]: Menunjukkan tempat, dipisahkan

### Estimasi Resolusi Waktu

Satu tugas utama dalam hal rancangan sistem energi solar adalah pemodelan data radiasi. Untuk keperluan ini sangat diperlukan profil penyinaran harian atau rata-rata bulanan. Simbol dan pengertian yang akan digunakan didalam analisis disajikan pada tabel 2.

Nilai penyinaran ekstraterrestrial (ditulis 'o') dapat dihitung untuk tiap lokasi dan waktu akan diuraikan berikut ini.

Pola harian harus dibuat model hanya jika data insolasi tersedia. Pendekatan yang paling sederhana untuk menyimpulkan satu pola waktu harian dari jumlah-jumlah harian adalah model rata-rata radiasi (lihat gambar 3). Jumlah radiasi harian H dibagi 24 untuk memberikan radiasi rata-rata perjam, intensitas  $I = G = H/24$  h.

Sistem pengukuran kasar dapat dilakukan menggunakan pendekatan ini. Jika nilai yang diketahui untuk kebutuhan energi harian  $E_{\text{harian}}$  dan efisiensi sistem  $\eta$ , luasan panel fotovoltaik yang dibutuhkan dapat dihitung dengan:

$$A_{PV} = \frac{E_{\text{harian}}}{\eta H} \quad \text{persamaan 1}$$

### Luas panel fotovoltaik

Jika perhitungan ini dilakukan pada hari yang relatif 'buruk', akan muncul PV area yang cukup realistis. Kesalahan-kesalahan dalam model ini merupakan konsekuensi dari:

- Ketergantungan nilai  $\eta$  pada intensitas penyinaran matahari
- Kemungkinan adanya ambang batas penggunaan - utilizibility thresholds (yaitu: sistem membutuhkan tenaga minimum yang spesifik untuk bekerja).

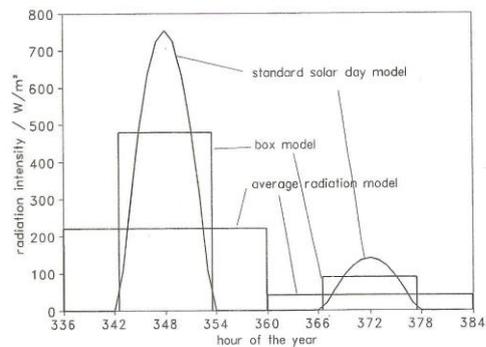
Model di atas tidak cocok menghitung sistem yang layout komponen-komponen penyimpanan!

Tabel 2. 2 | Berbagai simbol untuk besaran penyinaran matahari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Photovoltaic Stand-Alone System, University Oldenburg, Germany, 1993

| Karakter Penyinaran                                | Sesaat (W/m <sup>2</sup> ) | Rata2 per-jam (W/m <sup>2</sup> ) | Energi harian (Wh/m <sup>2</sup> ) | Energi harian menurut rata2 bulanan (Wh/m <sup>2</sup> ) |
|--|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|
| Radiasi ekstraterestrial pada permukaan horizontal | $G_0$                      | $I_0$                             | $H_0$                              | $\overline{H_0}$   |
| Radiasi global pada permukaan bumi (horizontal)    | $G$                        | $I$                               | $H$                                | $\overline{H}$   |
| Radiasi sinar langsung pada permukaan horizontal   | $G_b$                      | $I_b$                             | $H_b$                              | $\overline{H_b}$   |
| Radiasi baur pada permukaan horizontal             | $G_d$                      | $I_d$                             | $H_d$                              | $\overline{H_d}$   |

Gambar 2. 3 | Pola waktu radiasi untuk 3 model radiasi sederhana (dua hari di bulan Januari)



Pendekatan yang diperbaharui adalah model kotak (**box model**)- (Gambar 3) dimana radiasi konstan diasumsikan untuk rentang waktu yang terbatas yaitu di kisaran jam 12 siang. Instensitas radiasi konstan dihitung dengan  $G = H/t_{box}$ , yang tentu saja lebih luas dibandingkan dengan intensitas model yang sebelumnya. Jika

tbox ditentukan 11h atau 11 jam, intensitas radiasi yang realistis akan tercapai. Ini adalah intensitas dimana sistem akan bekerja pada efisiensi yang maksimum. Model ini memberikan nilai tenaga yang realistis dan memungkinkan pengukuran komponen yang langsung disuplai oleh PV panel (misalkan Pompa air). Akhirnya, model ini dapat digunakan untuk sebuah pengukuran (*sizing*) kasar komponen penyimpanan. Namun demikian, karena seluruh energi solar yang masuk di rumuskan dalam model adalah pada level intensitas tinggi, ambang penggunaan tidak dapat *be regarded* dan kinerja sistem menjadi *overestimated*. Sebuah pendekatan yang lebih layak adalah model “*Standard Solar Day*” dimana intensitas radiasi mengikuti sebuah pola sinusoidal:

$$G_{(t)} = G_{\max} \frac{\sin 180 \frac{t}{t_{SSD}}}{t_{SSD}} \quad \text{Rumus 1: Intensitas radiasi G sebagai pola sinusoidal}$$

**Commented [UAS4]:** Gunakan penulisan seperti dicontohkan dalam persamaan 1

dimana  $G_{\max}$  tersedia oleh  $\frac{\pi H}{2t_{SSD}}$  sehingga waktu integral mencapai  $G_{(t)}$  setara H:

$$H = \int_{\text{day}} G_{(t)} dt = G_{\max} \int_0^{t_{SSD}} \frac{\sin 180 \frac{t}{t_{SSD}}}{t_{SSD}} dt = \frac{2t_{SSD}}{\pi} G_{\max} \quad \text{Rumus 2: Energi harian}$$

Untuk perkiraan yang baik, rata-rata per jam dapat dibuat dengan:

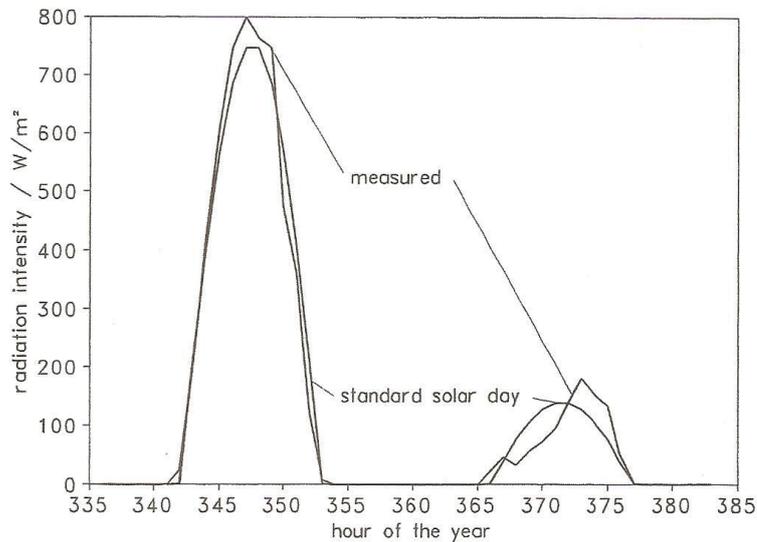
$$I_{(t)} = G_{\max} \cdot \sin \frac{180t}{t_{SSD}}, \quad \text{Rumus 3: Intensitas radiasi rata-rata per jam}$$

**Commented [UAS5]:** Gunakan penulisan seperti dicontohkan dalam persamaan 1

t dalam jam

Untuk kebanyakan aplikasi dalam daerah tropis,  $t_{SSD} = 11$  h adalah pilihan yang bagus. Contohnya, pengukuran dan data model ditampilkan dalam gambar 4.

Gambar 2. 4 | Contoh perbandingan model ‘*Standar Solar Day*’ dengan pola harian terukur



Commented [UAS6]: Sebutkan sumber gambar ini

Model ini memiliki kesalahan lebih sedikit dibandingkan dengan metode lain yang disampaikan terdahulu. Hanya fluktuasi statistik dari radiasi solar yang tidak dipertimbangkan. Namun demikian, model ini membutuhkan penggunaan komputer untuk sebuah rancangan sistem yang akurat.

Commented [UAS7]: Karena perbandingan, harus ada kata-kata pembanding ... lebih ... dari ...

Dalam rangka menyimpulkan rangkaian waktu insolasi yang lebih realistis dibandingkan Pola "standard day" ini (yaitu variasi harian, fluktuasi karena adanya awan dalam pola harian) informasi statistik yang lebih banyak untuk *site of interest* harus diketahui.

Untuk perhitungan di atas, suatu jumlah irradiansi harus diketahui tiap hari untuk disumulasikan.

#### Estimasi dari Komponen Radiasi

Perbedaan antara radiasi langsung dengan radiasi tersebar akan sangat mendasar pada saat berurusan dengan suatu aplikasi yang hanya menggunakan komponen langsung, seperti: penggunaan konsentrator. Untuk permukaan miring, juga

penting untuk mengetahui *fraction* sebaran dari radiasi global seperti yang akan terlihat di bahasan berikut.

Hanya jika radiasi global pada suatu lokasi spesifik diketahui, kita harus menggunakan sebuah model dalam tujuan mengestimasi seberapa besar radiasi langsung dan seberapa besar yang tersebar. Suatu kuantitas penting untuk melakukan analisis ini adalah indek kejernihan (*clearness index*) -  $k_T$ , yang di definisikan sebagai:

$$k_T = \frac{G}{G_0} = \frac{G}{G_{on} \cos \theta_z} \quad \text{Rumus 4: Clearness index}$$

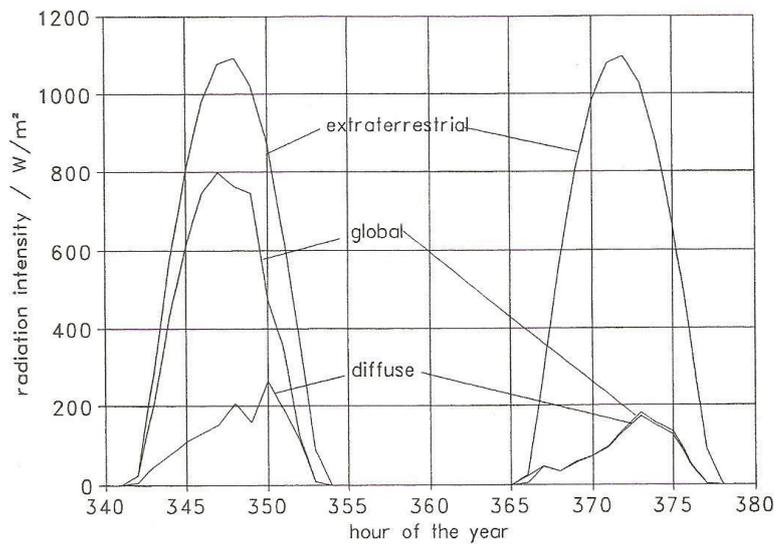
dimana kuantitas  $G_0 \cos \theta_z$  dapat dihitung secara tepat untuk tiap lokasi dan waktu. Hal ini tergantung pada sudut zenith matahari  $\theta_z$ , berawan atau tidaknya langit dan *altitude* dari lokasi.

Untuk fraksi sebaran dari radiasi global hubungan empirik dengan  $k_T$  telah ditemukan oleh Orgill dan Hollands:

$$\frac{G_d}{G} = \begin{cases} 1.0 - 0.249k_T & \text{untuk } 0 \leq k_T \leq 0.35 \\ 1.557 - 1.84k_T & \text{untuk } 0.35 < k_T \leq 0.75 \\ 0.177 & \text{untuk } k_T > 0.75 \end{cases}$$

Pada kondisi langit tak berawan/cerah ( $k_T = 0.7$ ) radiasi tersebar mengumpulkan/melengkapi 20% radiasi global. Kelengkapan model-model (*a wealth of models*) telah dirumuskan untuk tipe-tipe berbeda dari nilai-nilai rata-rata tengah tapi keseluruhannya serupa dengan yang telah ada (cf. Duffie/Beckman). Dalam gambar 5,  $G_0$ ,  $G$  dan  $G_d$ , seperti yang dikalkulasi setelah perhitungan Orgill dan Hollands, ditampilkan selama 2 hari di bulan Januari di Timbuktu, Mali.

Gambar 2. 5 | Radiasi Ekstraterrestrial (terkalkulasi), global (terukur) dan sebaran/difusi (terestimasi) pada 15 – 16 Januari di Timbuktu, Mali.



Commented [UAS8]: Sebutkan sumber gambar

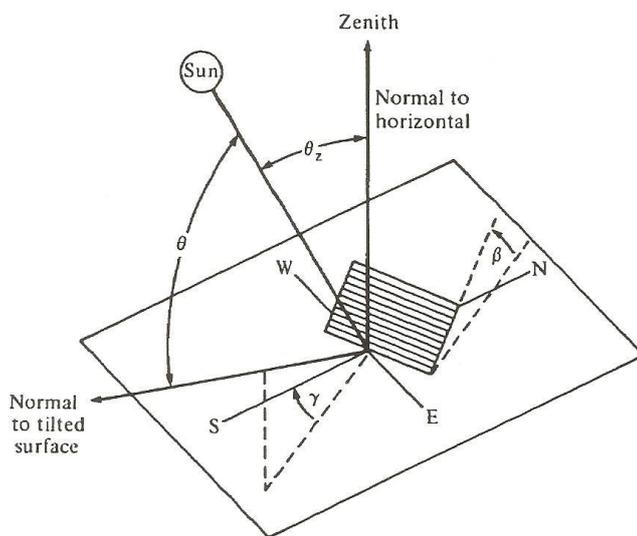
### 2.3. Estimasi Radiasi pada Permukaan Miring

Umumnya, piranti pengubah energi matahari (seperti modul PV dan kolektor termal) dipasang dengan orientasi azimut dan sudut kemiringan tertentu, yang dioptimasi untuk suatu pertimbangan tertentu.

Namun demikian, kebanyakan data radiasi yang ada diberikan untuk permukaan horizontal saja sehingga untuk suatu keperluan harus dianalisa dan diestimasi besaran energinya untuk permukaan dengan orientasi dan sudut kemiringan berbeda.

Model estimasi untuk kalkulasi radiasi global pada bidang miring (*inclined planes*) pada dasarnya diolah dari data penyinaran yang datang pada bidang horizontal. Hal yang umum pada semua model adalah dilakukan pemisahan radiasi global menjadi komponen-komponen radiasi langsung, radiasi tersebar/diffuse dan radiasi terpantul oleh permukaan tanah di depan bidang miring.

Gambar 2. 6 | Geometri Matahari



**$G_t = G_{bt} + G_{dt} + G_{rt}$  Rumus 5: kalkulasi radiasi global pada bidang miring**

Dimana t mewakili radiasi pada bidang miring.

Komponen-komponen individual harus diubah dari nilai horizontal secara terpisah. Besar radiasi langsung pada bidang miring:

$$G_{bt} = G_b \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad \text{Rumus 6: Radiasi langsung pada bidang miring}$$

dimana  $\theta$  (sudut datang) dan  $\theta_z$  (sudut zenit) berturut-turut adalah sudut antara arah matahari terhadap normal bidang miring dan horizontal.

Perbedaan dalam rumusan model muncul dari konversi untuk radiasi tersebar. Berdasarkan radian yang seragam dari tiap porsi angkasa (isotropi), model sederhana untuk radiasi tersebar pada sebuah *inclined plane*, sering dihubungkan dengan model Liu dan Jordan, dapat dirumuskan :

$$G_{dt} = \frac{1}{2}G_d(1 + \cos \beta), \text{ Rumus 7: Model Liu dan Jordan untuk radiasi tersebar}$$

$\beta$  adalah sudut kemiringan bidang penerima radiasi matahari.

The *ground-reflected irradiance* dimodel utamanya berasumsi bahwa sebuah pantulan isotropik dari irradians di atas tanah :

$$G_{rt} = \frac{1}{2}G\rho(1 - \cos \beta) \quad \text{Rumus 8: Ground-reflected irradiance}$$

Dengan pantulan tanah  $\rho$  (albedo). Jika tidak diketahui, nilai rata-rata 0.2 dijadikan asumsi.

Rumus di atas pada waktu hari Rumus-Rumus tersebut harus diaplikasikan dengan kalkulasi jangka pendek (di atas rata-rata waktu satu jam).

Dengan demikian, dengan asumsi distribusi isotropi dari radiasi tersebar, global irradiance pada permukaan menurun dapat diekspresikan dengan :

$$G_t = G_b \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} + \frac{1}{2}G_d(1 + \cos \beta) + \frac{1}{2}G\rho(1 - \cos \beta).$$

**Rumus 9: Irradiasi global pada bidang miring**

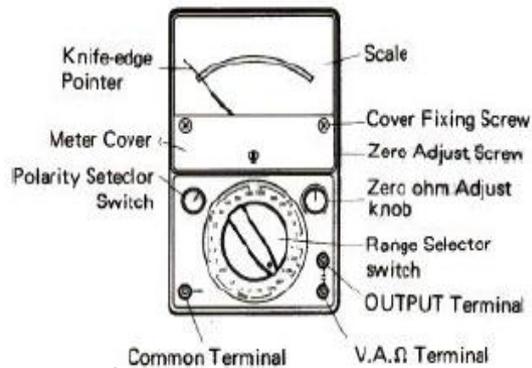
Penggunaan model-model yang dijelaskan di atas membutuhkan pengetahuan tentang diffuse/ sebaran atau komponen langsung dari irradians horizontal.

## ALAT UKUR LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

### 3.1. MULTIMETER

Multimeter sering disebut AVOMeter atau multitester, alat ini biasa dipakai untuk mengukur harga resistansi (tahanan), tegangan AC (Alternating Current), tegangan DC (Direct Current), dan arus DC. Bagian-bagian multimeter seperti ditunjukkan gambar di bawah ini :

Gambar 2. 7 | M ultimeter / AVOMeter



Bagian-bagian dan fungsi multimeter dapat dijelaskan sebagai berikut:

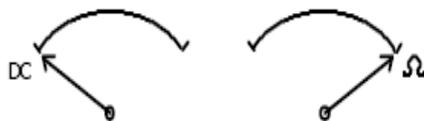
1. Sekrup pengatur kedudukan jarum penunjuk (*Zero Adjust Screw*), berfungsi untuk mengatur kedudukan jarum penunjuk dengan cara memutar sekrupnya ke kanan atau ke kiri dengan menggunakan obeng pipih kecil.
2. Tombol pengatur jarum penunjuk pada kedudukan *zero* (*Zero Ohm Adjust Knob*), berfungsi untuk mengatur jarum penunjuk pada posisi nol. Caranya : saklar pemilih diputar pada posisi W (Ohm), test lead + (merah dihubungkan ke test lead – ( hitam ), kemudian tombol pengatur kedudukan 0 W diputar ke kiri atau ke kanan sehingga menunjuk pada kedudukan 0 W.
3. Saklar pemilih (*Range Selector Switch*), berfungsi untuk memilih posisi pengukuran dan batas ukurannya. Multimeter biasanya terdiri dari empat posisi pengukuran, yaitu :
  - a. Posisi W (Ohm) berarti multimeter berfungsi sebagai ohmmeter, yang terdiri dari tiga batas ukur : x 1; x 10; dan K W
  - b. Posisi ACV (Volt AC) berarti multimeter berfungsi sebagai voltmeter AC yang terdiri dari lima batas ukur : 10; 50; 250; 500; dan 1000.
  - c. Posisi DCV (Volt DC) berarti multimeter berfungsi sebagai voltmeter DC yang terdiri dari lima batas ukur : 10; 50; 250; 500; dan 1000.
  - d. Posisi DCmA (miliampere DC) berarti multimeter berfungsi sebagai mili amperemeter DC yang terdiri dari tiga batas ukur : 0,25; 25; dan 500.

4. Lubang kutub + (V A W Terminal), berfungsi sebagai tempat masuknya test lead kutub + yang berwarna merah.
5. Lubang kutub – (*Common Terminal*), berfungsi sebagai tempat masuknya test lead kutub - yang berwarna hitam.
6. Saklar pemilih polaritas (*Polarity Selector Switch*), berfungsi untuk memilih polaritas DC atau AC.
7. Kotak meter (*Meter Cover*), berfungsi sebagai tempat komponen-komponen multimeter.
8. Jarum penunjuk meter (*Knife –edge Pointer*), berfungsi sebagai penunjuk besaran yang diukur.
9. Skala (*Scale*), berfungsi sebagai skala pembacaan meter.

#### Menggunakan Multimeter

Pertama-tama jarum penunjuk meter diperiksa apakah sudah tepat pada angka 0 pada skala DCmA, DCV atau ACV posisi jarum nol di bagian kiri (lihat gambar 2 a), dan untuk skala ohmmeter posisi jarum nol di bagian kanan (lihat gambar 2 b). Jika belum tepat harus diatur dengan memutar sekrup pengatur kedudukan jarum penunjuk meter ke kiri atau ke kanan dengan menggunakan obeng pipih (-) kecil.

Gambar 2. 8 | Kedudukan Normal Jarum Penunjuk Meter



#### a. Multimeter digunakan untuk mengukur resistansi

Untuk mengukur resistansi suatu resistor, posisi saklar pemilih multimeter diatur pada kedudukan W dengan batas ukur x 1. Test lead merah dan test lead hitam

saling dihubungkan dengan tangan kiri, kemudian tangan kanan mengatur tombol pengatur kedudukan jarum pada posisi nol pada skala W. Jika jarum penunjuk meter tidak dapat diatur pada posisi nol, berarti baterainya sudah lemah dan harus diganti dengan baterai yang baru. Langkah selanjutnya kedua ujung test lead dihubungkan pada ujung-ujung resistor yang akan diukur resistansinya. Cara membaca penunjukan jarum meter sedemikian rupa sehingga mata kita tegak lurus dengan jarum meter dan tidak terlihat garis bayangan jarum meter. Supaya ketelitian tinggi kedudukan jarum penunjuk meter berada pada bagian tengah daerah tahanan. Jika jarum penunjuk berada pada bagian kiri (mendekati maksimum), maka batas ukurnya diubah dengan memutar saklar pemilih pada posisi  $\times 10$ . Selanjutnya dilakukan lagi pengaturan jarum penunjuk meter pada kedudukan nol, kemudian dilakukan lagi pengukuran terhadap resistor tersebut dan hasil pengukurannya adalah penunjukan jarum meter dikalikan 10 W.

Apabila dengan batas ukur  $\times 10$  jarum penunjuk meter masih berada di bagian kiri daerah tahanan, maka batas ukurnya diubah lagi menjadi KW dan dilakukan proses yang sama seperti waktu mengganti batas ukur  $\times 10$ . Pembacaan hasilnya pada skala KW, yaitu angka penunjukan jarum meter dikalikan dengan 1 KW.

**b. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan DC**

Untuk mengukur tegangan DC (misal dari baterai atau power supply DC), saklar pemilih multimeter diatur pada kedudukan DCV dengan batas ukur yang lebih besar dari tegangan yang akan diukur. Test lead merah pada kutub (+) multimeter dihubungkan ke kutub positif sumber tegangan DC yang akan diukur, dan test lead hitam pada kutub (-) multimeter dihubungkan ke kutub negatif (-) dari sumber tegangan yang akan diukur. Hubungan semacam ini disebut hubungan paralel. Untuk mendapatkan ketelitian yang paling tinggi, usahakan jarum penunjuk meter berada pada kedudukan paling maksimum, caranya dengan memperkecil batas ukurnya secara bertahap dari 1000 V ke 500 V; 250 V dan seterusnya. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah bila jarum sudah didapatkan kedudukan maksimal jangan sampai batas ukurnya diperkecil lagi, karena dapat merusakkan multimeter.

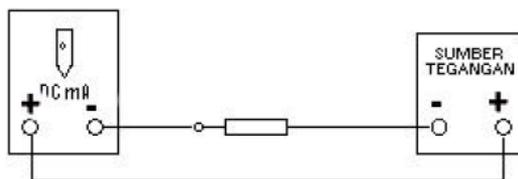
**c. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan AC**

Untuk mengukur tegangan AC dari suatu sumber listrik AC, saklar pemilih multimeter diputar pada kedudukan ACV dengan batas ukur yang paling besar misal 1000 V. Kedua test lead multimeter dihubungkan ke kedua kutub sumber listrik AC tanpa memandang kutub positif atau negatif. Selanjutnya caranya sama dengan cara mengukur tegangan DC di atas.

**d. Multimeter digunakan untuk mengukur arus DC**

Untuk mengukur arus DC dari suatu sumber arus DC, saklar pemilih pada multimeter diputar ke posisi DCmA dengan batas ukur 500 mA. Kedua test lead multimeter dihubungkan secara seri pada rangkaian sumber DC ( perhatikan gambar di bawah ini )

Gambar 2. 9 | Multimeter untuk Mengukur Arus DC



Ketelitian paling tinggi akan didapatkan bila jarum penunjuk multimeter pada kedudukan maksimum. Untuk mendapatkan kedudukan maksimum, saklar pilih diputar setahap demi setahap untuk mengubah batas ukurnya dari 500 mA; 250 mA; dan 0, 25 mA. Yang perlu diperhatikan adalah bila jarum sudah didapatkan kedudukan maksimal jangan sampai batas ukurnya diperkecil lagi, karena dapat merusakkan multimeter.

**3.2. WATT METER**

Wattmeter 1 fasa adalah alat untuk mengukur daya listrik suatu beban listrik AC 1 fasa. Satuan daya listrik adalah watt, yang rumusnya sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \cos Q$$

Dengan pengertian :

P : daya listrik (Watt)

V : tegangan listrik (Volt)

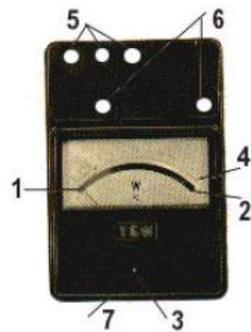
I : arus listrik (ampere)

$\cos Q$  : faktor daya

Gambar di bawah memperlihatkan penampang atas sebuah wattmeter 1 fasa model PD-310; kelas 0.5; buatan Takimoto Electrical Instrument CO. LTD.

Watt meter pada umumnya menggunakan prinsip kerja elektrodinamis, didalam penggunaannya kita harus memperhatikan manual book atau buku petunjuk pada setiap model dari watt meter yang digunakan.

Gambar 2. 10 | Wattmeter



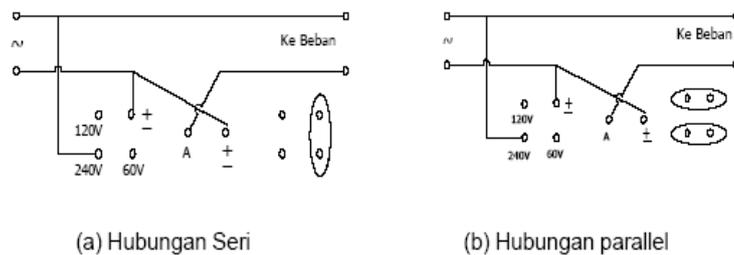
Keterangan gambar :

1. Terminal tegangan 120 V
2. Terminal tegangan 240 V
3. Terminal  $\pm$
4. Terminal tegangan 60 V
5. Terminal arus A

6. Terminal hubungan seri atau paralel
7. Skala pembacaan
8. Cermin
9. Jarum penunjuk
10. Sekrup pengatur kedudukan jarum

Cara menggunakan wattmeter pertama-tama telitilah kedudukan jarum penunjuknya; jika kedudukannya sudah tepat pada angka 0 berarti wattmeter sudah siap untuk digunakan. Apabila kedudukan jarum penunjuk belum tepat pada angka 0, maka harus diatur dengan memutar sekrup pengatur kedudukan jarum. Diagram hubungan wattmeter dapat diperlihatkan seperti pada gambar di bawah ini :

Gambar 2. 11 | Diagram Hubungan Wattmeter



Dari gambar diagram hubungan wattmeter diatas terlihat bahwa terminal tegangan yaitu terminal 240 V dan terminal  $\pm$  dihubungkan secara paralel, sedangkan terminal arus A dan terminal  $\pm$  dihubungkan secara seri.

Gambar a terlihat bahwa terminal-terminal hubungan disambung antara terminal atas dan terminal bawah, ini disebut hubungan seri. Sedangkan pada gambar b terminal samping kanan disambung dengan terminal samping kiri, ini disebut hubungan paralel.

Hasil pengukuran wattmeter didapatkan dengan mengalikan angka penunjukkan jarum penunjuk dengan faktor pengali sesuai dengan batas ukur dan jenis hubungannya seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 3 | Diagram hubungan wattmeter

|         |       | Multiple |      |       |       |
|---------|-------|----------|------|-------|-------|
| Ampere  |       | Volt     | 60 V | 120 V | 240 V |
| Seri    | 0.5 A |          | 0.25 | 0.5   | 1     |
| Paralel | 1 A   |          | 0.5  | 1     | 2     |

Tabel di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Dalam hubungan seri, batas ukur arus listriknya 0.5 ampere, jika digunakan batas ukur tegangan berturut-turut 60 V; 120 V; 240 V, maka hasil pengukuran dayanya adalah angka penunjukkan jarum dikalikan dengan 0.25; 0.5; 1.
- Dalam hubungan paralel, batas ukur arus listriknya 1 ampere, jika digunakan batas ukur tegangan berturut-turut 60 V; 120 V; 240 V, maka hasil pengukuran dayanya adalah angka penunjukkan jarum dikalikan dengan 0.5; 1; 2.
- Dalam hubungan seri, batas ukur dayanya sebesar  $120 \times 1$  (Watt) = 120 Watt.
- Dalam hubungan paralel, batas ukur dayanya sebesar  $120 \times 2$  (Watt) = 240 Watt.

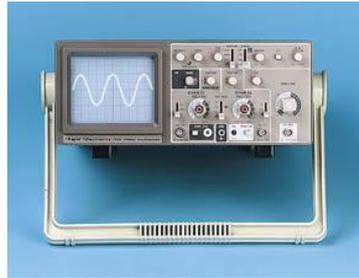
### 3.2. OSILOSKOP

Osiloskop adalah salah satu alat ukur elektronik yang dapat menampilkan bentuk-bentuk sinyal dari berbagai instrumen elektronika. Osiloskop sangat berguna untuk mengukur bentuk-bentuk sinyal dari frekuensi rendah sampai frekuensi tinggi.

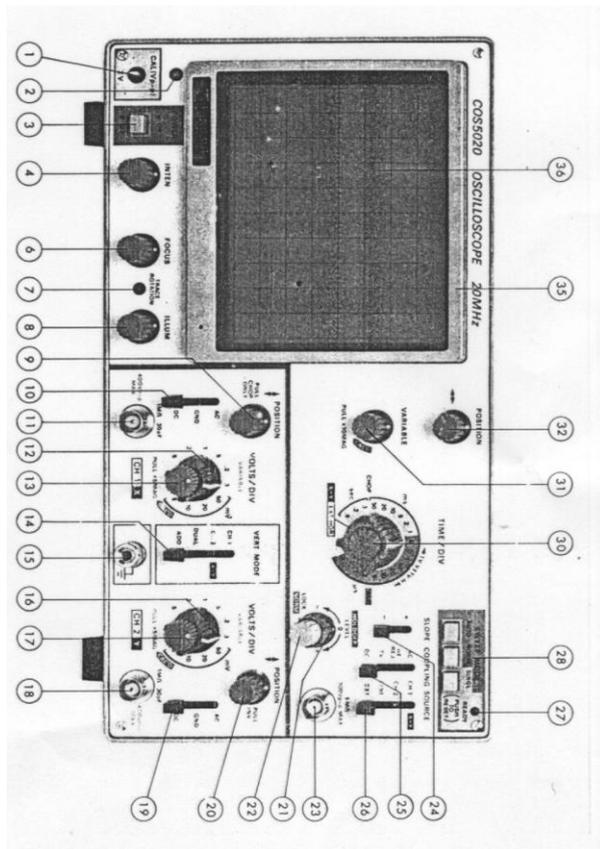
Bentuk fisik suatu osiloskop pada umumnya seperti gambar di bawah ini :

**Commented [UAS9]:** Gunakan kata baku dalam Bahasa Indonesia

Gambar 2. 12 | Osiloskop



Gambar 2. 13 | Contoh control panel suatu Osiloskop



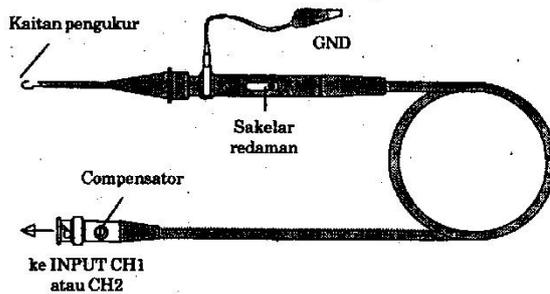
Kegunaan sakelar dan tombol-tombol pengontrol osiloskop:

- a. *Sakelar power on-off*, berfungsi untuk menyalakan osiloskop untuk mulai bekerja.
- b. *Pengatur intensitas cahaya (inten)*, berfungsi untuk mengatur terang jejak cahaya yang diinginkan.
- c. *Pengatur focus*, berfungsi untuk mengatur tingkat ketajaman jejak cahaya.
- d. *Probe adjust*, untuk kalibrasi/seting probe yang digunakan bersama sakelar VOLT/DIV
- e. *Trace rotation*, untuk mengatur kemiringan jejak garis cahaya sepanjang sumbu horizontal.
- f. *Sakelar AC-GND-DC (untuk CH1 dan CH2)*
- g. *Sakelar vertical mode CH1-CH2-DUAL ADD*, untuk tampilan jejak cahaya pada layar.
- h. *Pengatur Y position*, merupakan potensiometer untuk mengatur jejak cahaya sepanjang sumbu Y.
- i. *Pengatur volt/div*, pengatur daerah pengukuran amplitude tegangan yang akan diukur.
- j. *Input CH1 dan CH2 Y*, berfungsi sebagai terminal input.
- k. *Time/div*, sakelar putar pengatur daerah pengukuran periode dari sinyal listrik yang akan diukur.
- l. *Pengatur variable*.
- m. *X position*, untuk menggeser kedudukan kedua jejak cahaya (untuk CH1 dan CH2) sepanjang sumbu.
- n. *Sakelar trigger CH1-CH2-LINE-EXT (SOURCE)*
- o. *Mode trigger auto-norm-TV-V-TV-H*
- p. *Sakelar pengatur level trigger*
- q. *Layar CRT osiloskop*
- r. *Probe pengukuran*

**Commented [UAS10]:** Konsisten menggunakan kata baku dalam Bahasa Indonesia

**Commented [UAS11]:** Konsisten gunakan kata baku dalam Bahasa Indonesia

Gambar 2. 14 | Probe pengukuran



Gambar 7. Probe pengukuran

Prosedur dasar mengoperasikan osiloskop sebagai berikut :

1. **Switch on** oscilloscope untuk pemanasan (berkisar satu menit atau dua menit).
2. **Jangan** menghubungkan masukan pada tingkat ini.
3. Set switch **AC/GND/DC** (dengan masukan Y ) ke **DC**.
4. Set **SWP/X-Y** switch ke **SWP** (sweep).
5. Set **Trigger Level** ke **AUTO**.
6. Set **Trigger Source** ke **INT**.
7. Set **Y AMPLIFIER** ke **5V/cm**.
8. Set **TIMEBASE** ke **10ms/cm**.
9. Putar timebase **VARIABLE** control ke **1** atau **CAL**.
10. Atur **geseran Y** (atas/bawah) dan **geser X** (kiri/kanan) untuk memenuhi **jejak pada tengah layar**.
11. Atur **INTENSITY** (kecerahan) dan **FOCUS** untuk kecerahan, ketajaman trace / jejak.
12. Oscilloscope sekarang siap digunakan!

Pada saat menggunakan osiloskop perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Tentukan skala sumbu Y (tegangan) dengan mengatur posisi tombol Volt/Div pada posisi tertentu. Jika sinyal masukannya diperkirakan cukup besar, gunakan skala Volt/Div yang besar. Jika sulit memperkirakan besarnya tegangan masukan, gunakan attenuator 10 x (peredam sinyal) pada probe atau skala Volt/Div dipasang pada posisi paling besar.

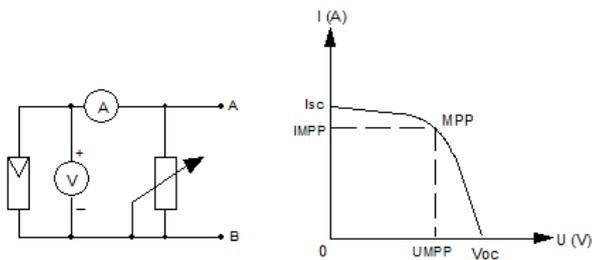
2. Tentukan skala Time/Div untuk mengatur tampilan frekuensi sinyal masukan.
3. Gunakan tombol Trigger atau hold-off untuk memperoleh sinyal keluaran yang stabil.
4. Gunakan tombol pengatur fokus jika gambarnya kurang fokus.
5. Gunakan tombol pengatur intensitas jika gambarnya sangat/kurang terang.

**Commented [UAS12]:** Gunakan penomoran yang konsisten  
 Missal dengan *bullet* , a, b, c, ... atau i. ii, ... seperti tulisan sebelumnya untuk uraian langkah kerja

#### 1.4. APLIKASI PENGUKURAN PV

Sebuah sel surya mempunyai karakteristik seperti pada gambar.

Gambar 2. 15 | Rangkaian pengujian dan Karakteristik sebuah sel surya



Pada keadaan rangkaian terbuka (open circuit), dimana hubungan ke beban (titik A dan B) terbuka, besarnya arus keluaran adalah nol amper, sedangkan tegangan keluaran adalah maksimum ( $V_{oc}$ ). Dan pada keadaan hubung singkat (short circuit), titik A dan B dihubungkan singkat dan akibatnya tegangan titik A dan B adalah 0 V, sedangkan arus yang mengalir adalah maksimum ( $I_{sc}$ ).

Apabila pada titik A dan B tersebut dipasang resistor R yang dapat diatur, maka dengan mengubah-ubah besar resistor R dan mengukur tegangan serta arus pada resistor R, seperti susunan rangkaian yang terlihat dalam gambar 27, akan diperoleh grafik karakteristik dari sebuah sel surya.

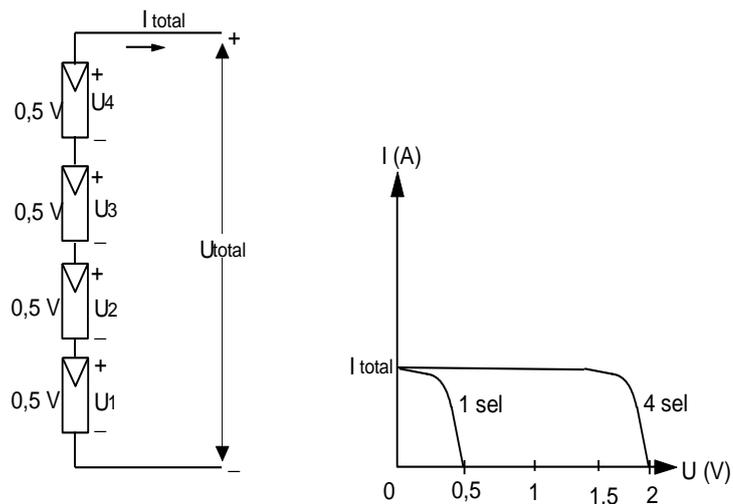
Dari hasil pengukuran tegangan dan arus dapat dihitung besarnya daya maksimum dari sel surya tersebut (MPP = maximum power point). Dengan daya

maksimum tersebut didapat  $I_{MPP}$  dan  $V_{MPP}$  yaitu tegangan pada saat daya maksimum ( $P_{MPP}$ ).

### Hubungan Seri Sel Surya

Pada umumnya, tegangan yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil. Satu sel surya dengan ukuran  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  dapat menghasilkan tegangan maksimum hanya  $\pm 0,5 \text{ V}$ . Oleh karena itu untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dapat dilakukan penyambungan secara seri beberapa sel surya seperti ditunjukkan dalam gambar 28.

Gambar 2. 16 | Hubungan seri dan karakteristik sel surya



Pada hubungan seri ini, besarnya tegangan keluaran ( $U_{total}$ ) adalah :

$$U_{total} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

Sedangkan besar arus keluaran ( $I_{total}$ ) adalah :

$$I_{total} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$$

Perlu diperhatikan dalam hubungan seri ini bahwa setiap sel surya yang dipasang harus mempunyai karakteristik yang sama, sehingga daya keluaran ( $P_{total}$ ) dari beberapa sel surya adalah :

$$P_{total} = U_{total} \times I_{total}$$

$$= (U_1 + U_2 + U_3 + U_4) \times I_{total}$$

$$= (U_1 \times I_{total}) + (U_2 \times I_{total}) + (U_3 \times I_{total}) + (U_4 \times I_{total})$$

Karena  $I_{total} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$ , maka :

$$P_{total} = (U_1 \times I_1) + (U_2 \times I_2) + (U_3 \times I_3) + (U_4 \times I_4)$$

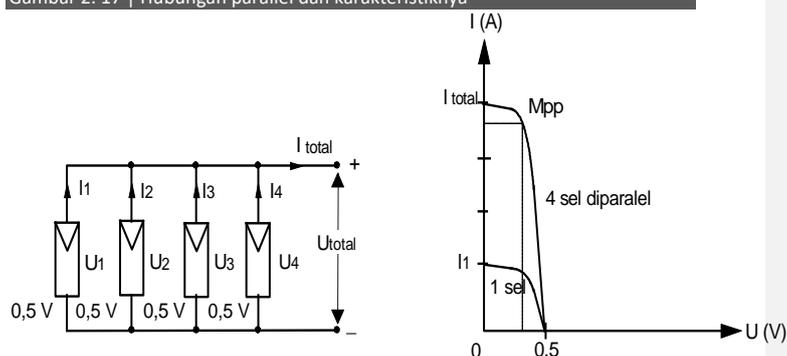
$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

**Commented [UAS13]:** Gunakan penomoran persamaan secara konsisten

### Hubungan Paralel Sel Surya

Untuk mendapatkan arus yang lebih besar, beberapa sel surya dihubungkan secara paralel seperti yang ditunjukkan dalam gambar 29.

Gambar 2. 17 | Hubungan paralel dan karakteristiknya



Sel surya yang dihubungkan secara paralel tersebut harus mempunyai karakteristik yang sama. Perbedaan karakteristik salah satu sel surya yang diparalel dapat membebani rangkaian paralel ini, akibatnya dapat mengurangi unjuk kerja modul surya itu.

Pada hubungan ini besarnya arus keluaran ( $I_{total}$ ) adalah

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

Sedangkan besar tegangan keluaran ( $U_{total}$ ) adalah :

$$U_{total} = U_1 = U_2 = U_3 = U_4$$

Dan daya total ( $P_{total}$ ) adalah :

$$P_{\text{total}} = U_{\text{total}} \times I_{\text{total}}$$

$$P_{\text{total}} = U_{\text{total}} \times (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)$$

$$= (U_{\text{total}} \times I_1) + (U_{\text{total}} \times I_2) + (U_{\text{total}} \times I_3) + (U_{\text{total}} \times I_4)$$

Karena  $U_{\text{total}} = U_1 = U_2 = U_3 = U_4$ , maka :

$$P_{\text{total}} = (U_1 \times I_1) + (U_2 \times I_2) + (U_3 \times I_3) + (U_4 \times I_4)$$

$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

Commented [UAS14]: Gunakan penomoran persamaan

## D. Aktivitas Pembelajaran

Bacalah materi kegiatan 2 dan kerjakan lembar kerja dibawah ini.

### Lembar Kerja 1

1. Pahami fungsi - fungsi tombol pada alat ukur Multimeter !
2. Atur tombol – tombol pada alat ukur Multimeter sesuai dengan kebutuhan saat pengukuran !
3. Isikan data Pengukuran didalam tabel yang telah disediakan !

### A. Alat dan Bahan

1. Multimeter .....1 buah
2. Saklar satu kutub.....1 buah
3. Power supply DC variabel.....1 buah
4. Variac .....1 buah
5. Transformator step down.....1 buah
6. Resistor dengan berbagai macam ukuran hambatan dan daya
7. Batu baterai dengan berbagai macam tegangan
8. Kabel penghubung secukupnya
9. Kotak terminal

### B. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Saat merangkai sumber tegangan harus dalam keadaan mati atau saklar dalam keadaan terbuka :

1. Rangkailah dengan teliti sesuai dengan gambar rangkaian.
2. Sumber tegangan pada awalnya diatur pada 0 Volt.

3. Janganlah meletakkan peralatan di tepi meja.
4. Kabel penghubung yang tidak terpakai jangan dekat dengan rangkaian.

### C. Langkah Kerja

#### Percobaan Mengukur Hambatan (Range $W\Omega$ ) menggunakan Multimeter

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk mengukur beberapa resistor dengan berbagai macam hambatan
2. Sesuaikan batas ukur dengan besar resistor yang akan diukur.
3. Aturilah kedudukan jarum penunjuk pada posisi nol ohm dengan menghubungkan test lead (+) dan test lead negatif kemudian memutar tombol pengatur pada kedudukan nol ke kanan atau ke kiri.
4. Ukurlah hambatan tersebut dan masukan hasilnya dalam tabel
5. Ulangilah langkah 2 sampai 4 untuk resistor dengan nilai yang berbeda
6. Bandingkan hasilnya antara yang tertera pada body resistor dengan hasil pengukuran.

Tabel 2. 4 | Percobaan Mengukur Hambatan ( Range W ) menggunakan Multimeter

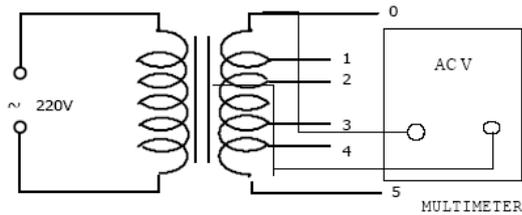
|   | pada body<br>( $\Omega$ ) | ( $\Omega$ ) | ( $\Omega$ ) |
|---|---------------------------|--------------|--------------|
| 1 |                           |              |              |
| 2 |                           |              |              |
| 3 |                           |              |              |
| 4 |                           |              |              |
| 5 |                           |              |              |

#### Lembar Kerja 2

##### Percobaan Mengukur Tegangan AC (Range ACV) dengan Multimeter

1. Buatlah rangkaian seperti gambar di bawah ini.

Gambar 2. 18 | Multimeter untuk Mengukur Tegangan AC



3-2. Aturlah saklar pemilih multimeter pada ACV dengan batas ukur paling besar.

4-3. Hubungkan rangkaian saudara dengan sumber tegangan AC 220 Volt, lakukan pengukuran seperti tabel 2 di bawah, batas ukur diperkecil secara bertahap sampai didapatkan kedudukan maksimal jarum penunjuk meter,

Tabel 2. 5 | Percobaan Mengukur Tegangan AC ( Range ACV ) dengan menggunakan Multimeter

| No | Terminal yang diukur | Tegangan output Transformator (Volt) | Pengukuran (Volt) | Selisih (Volt) |
|----|----------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------|
| 1  | 0 – 1                |                                      |                   |                |
| 2  | 0 – 2                |                                      |                   |                |
| 3  | 0 – 3                |                                      |                   |                |
| 4  | 0 – 4                |                                      |                   |                |
| 5  | 0 – 5                |                                      |                   |                |

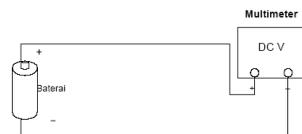
### Lembar Kerja 3

Percobaan Mengukur Tegangan DC (Range DCV) dengan Multimeter

1. Siapkanlah beberapa buah batu baterai yang akan diukur tegangannya.
2. Aturlah saklar pemilih pada posisi DCV dan sesuaikan batas ukur Voltmeter dengan tegangan baterai yang akan diukur

- Ukurlah tegangan baterai dengan cara kutub positif meter dihubungkan kutub positif baterai dan kutub negatif meter dihubungkan dengan kutub negatif baterai, hasilnya masukan dalam tabel 3 (lihat gambar 11)

Gambar 2. 19 | Multimeter untuk Mengukur Tegangan DC



- Ulangilah langkah 2 sampai dengan 3 untuk batu baterai dengan tegangan yang berbeda.
- Bandingkan hasilnya antara yang tertulis di baterai dengan hasil pengukuran

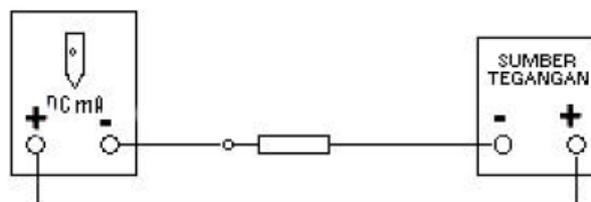
**Tabel 2. 6 Percobaan Mengukur Tegangan DC ( Range DCV ) dengan menggunakan Multimeter**

|                |     |  |  |
|----------------|-----|--|--|
| 1              | 1.5 |  |  |
| 2              | 3   |  |  |
| 3              | 6   |  |  |
| Lembar Kerja 4 | 9   |  |  |

Multimeter digunakan untuk mengukur Arus DC ( Range DC mA )

- Buatlah rangkaian seperti pada gambar di bawah

Gambar 2. 20 | Multimeter untuk Mengukur Arus DC



- 3-2. \_\_\_\_\_ Aturilah batas ukur pada posisi maksimal, power supply DC pada posisi nol.
- 4-3. \_\_\_\_\_ Aturilah saklar dalam posisi terbuka (keadaan OFF)
- 5-4. \_\_\_\_\_ Telitilah rangkaian saudara dengan cermat
- 6-5. \_\_\_\_\_ Hubungkan saklar, aturlah sumber tegangan DC sampai didapatkan simpangan jarum meter setengah skala penuh, amati penunjukan jarum multimeter dan hasilnya masukan dalam tabel 4.
- 7-6. \_\_\_\_\_ Bukalah saklar gantilah resistor dengan harga yang berbeda sesuai dengan tabel 4 di bawah.
- 8-7. \_\_\_\_\_ Lakukanlah seperti pada langkah 7.
- 9-8. \_\_\_\_\_ Ulangi langkah no 6 sampai dengan 7, kemudian hasilnya masukan dalam tabel 4.

Tabel 2. 7 | Tabel 5. Percobaan Mengukur Arus DC ( Range DCmA ) dengan menggunakan Multimeter

| No | Harga Hambatan<br>( $\Omega$ ) | Perhitungan<br>(mA) | Pengukuran<br>(mA) | Selisih<br>(mA) |
|----|--------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| 1  | 47                             |                     |                    |                 |
| 2  | 56                             |                     |                    |                 |
| 3  | 100                            |                     |                    |                 |
| 4  | 220                            |                     |                    |                 |
| 5  | 330                            |                     |                    |                 |

Lembar kerja 5

#### Menggunakan Watt Meter

#### Praktikum Sistem Hubungan Watt meter

#### TUJUAN

Setelah melaksanakan tugas praktek ini, diharapkan anda mampu :

1. Menjelaskan sistem hubungan watt meter
2. Menjelaskan efek pembeban pada watt meter
3. Menggunakan watt meter untuk mengukur daya.

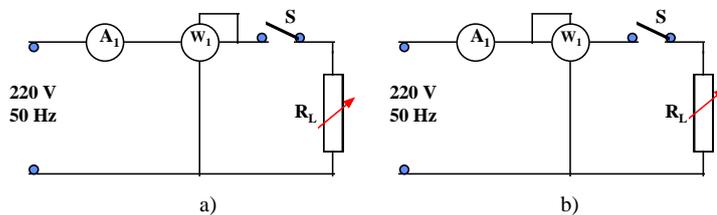
#### PETUNJUK

1. Baca dengan teliti lembar kerja ini, tanyakan kepada instruktur apabila ada informasi yang belum jelas.
2. Load resistor harus disetel pada posisi tahanan maksimum.
3. Perhatikan gambar rangkaian.
4. Ikuti langkah kerja dengan seksama demi keselamatan anda dan peralatan.

#### ALAT DAN BAHAN

1. Watt meter 220V
2. Sumber daya 220VV 50 Hz
3. Saklar DPST
4. Load Resistor
5. Ampere meter
6. Kabel penghubung

#### GAMBAR RANGKAIAN



#### LANGKAH KERJA

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Rangkaian peralatan seperti gambar a dan petunjuk di atas dimana saklar S pada posisi OFF.
3. Setelah selesai merangkai, periksakan kepada instruktur
4. Hubungkan rangkaian ke sumber tegangan, amati penunjukan alat ukur (apabila tidak menunjuk catat nol pada tabel)
5. Hubungkan saklar S, naikkan arus beban dengan mengatur load resistor sampai ampere meter menunjuk sama dengan arus nominal watt meter.

6. Catat hasil penunjukan pada tabel, kemudian atur load resistor ke posisi arus minimum (lihat penunjukan ampere meter).
7. Setel saklar S pada posisi OFF, putuskan hubungan ke sumber tegangan.
8. Tanpa membongkar rangkaian, sesuaikan rangkaian seperti gambar b, dengan merubah posisi hubungan kumparan tegangan watt meter.
9. Hubungkan rangkaian ke sumber tegangan (saklar S posisi OFF), amati dengan seksama penunjuk watt meter dan catat hasilnya pada tabel.
10. Lakukan percobaan seperti langkah 5, catat hasilnya pada tabel.
11. Putuskan hubungan rangkaian ke sumber tegangan
12. Rapikan alat dan bahan, dan kembalikan ke tempat semula.

TABEL

| No | Gambar a   |            | Gambar b   |            | Keterangan |
|----|------------|------------|------------|------------|------------|
|    | Amp. Meter | Watt Meter | Amp. Meter | Watt meter |            |
| 1  |            |            |            |            |            |
| 2  |            |            |            |            |            |

PERTANYAAN

1. Apa sebabnya pada langkah 9, watt meter menunjuk sedangkan beban tidak ada ?
2. Bandingkan apakah ada perbedaan penunjukan watt meter antara gambar a dan gambar b, jelaskan
3. Yang manakah menurut anda dari kedua hubungan watt meter di atas paling tepat dalam penggunaannya ?

4. Berfungsi sebagai apakah ampere meter pada percobaan di atas

**Lembar Kerja 6**

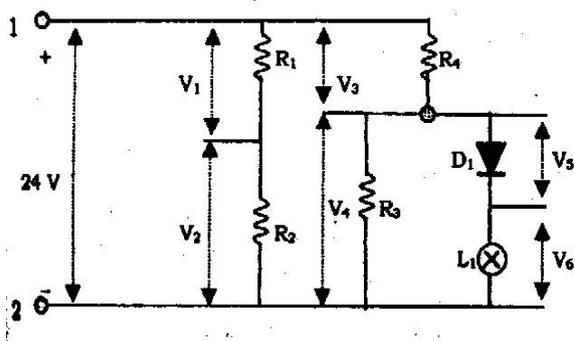
1. Pahami fungsi - fungsi tombol osiloskop !
2. Atur tombol – tombol osiloskop sesuai dengan kebutuhan saat pengukuran !

**Menggunakan Osiloskop**

**Mengukur tegangan DC dengan osiloskop dalam suatu rangkaian sederhana**

**RANGKAIAN PENGUKURAN :**

Buat rangkaian percobaan seperti pada gambar dibawah ini :



| Resistor       | Percobaan          |                    |                    |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                | I                  | II                 | III                |
| R <sub>1</sub> | 680 Ω              | 330 Ω              | 220 Ω              |
| R <sub>2</sub> | 330 Ω              | 1 K Ω              | 470 Ω              |
| R <sub>3</sub> | 2,2 K Ω            | 1,5 K Ω            | 3,3 K Ω            |
| R <sub>4</sub> | 150 Ω<br>(10 Watt) | 100 Ω<br>(10 Watt) | 150 Ω<br>(10 Watt) |

**LANGKAH-LANGKAH PERCOBAAN :**

1. Hubungkan sumber tegangan ke titik 1 dan 2, positif pada titik 1 dan negatif pada titik 2 rangkaian pengukuran.
2. Set daerah/range pengukuran yang lebih kecil, yang memungkinkan, dengan memutar sakelar pengukuran range VOLT/DIV perlahan-lahan.
3. Ukur tegangan  $V_1 - V_6$  untuk masing-masing percobaan, dengan harga  $R_1 - R_4$  sesuai table pengukuran di atas.
4. Balik polaritas sumber tegangan, positif pada titik 2 dan negatif pada titik 1 rangkaian pengukuran.
5. Ulangi langkah percobaan 3 di atas.
6. Tulislah hasil pengukuran pada table yang telah disediakan.

PERALATAN YANG DIBUTUHKAN :

1. Osiloskop dan probe pengukuran
2. Dioda BA 108 atau persamaannya
3. Lampu 12 volt/0,05 A beserta soketnya
4. Sumber tegangan 24 volt DC
5. R 0,5 watt/10% sesuai dengan yang dicantumkan pada table pengukuran, terminal-terminal dan probe pengukuran.

TABLE PENGUKURAN :

| Tegangan | Tegangan positif dihubungkan pada titik nomor 1 rangkaian |   |   |
|----------|---|---|---|
|          | 1   | 2 | 3 |
| $V_1$    |   |   |   |
| $V_2$    |   |   |   |
| $V_3$    |   |   |   |
| $V_4$    |   |   |   |
| $V_5$    |   |   |   |
| $V_6$    |   |   |   |

| Tegangan       | Tegangan negatif dihubungkan pada titik nomor 1 rangkaian |   |   |
|----------------|---|---|---|
|                | 1   | 2 | 3 |
| V <sub>1</sub> |   |   |   |
| V <sub>2</sub> |   |   |   |
| V <sub>3</sub> |   |   |   |
| V <sub>4</sub> |   |   |   |
| V <sub>5</sub> |   |   |   |
| V <sub>6</sub> |   |   |   |

#### Mengukur tegangan Solar Panel

**Tujuan :** Setelah mempelajari dan mempraktekan topik ini anda akan dapat :

1. Mengukur tegangan Solar Panel
2. Menempatkan posisi solar Panel pada tempat yang sesuai.
3. Mengatur Posisi solar Panel

#### Keselamatan Kerja :

Yakinkan bahwa sebelum praktik dilaksanakan , semua kabel penghubung pada masing-masing unit tidak dalam keadaan saling terhubung.

Yakinkan tidak ada saluran listrik yang tersambung

Yakinkan bahwa pemasangan sesuai dengan instruksi

#### Peralatan utama yang diperlukan :

Solar Panel

Kabel Penyambung

Volt Meter

#### Langkah Kerja :

1. Pasangkan kabel penyambung pada konektor yang tersedia pada bagian belakang Solar Panel

2. Tempatkan Solar Panel pada meja dan arahkan tegak lurus ke atas ke arah sinar matahari
3. Tutuplah permukaan Solar Panel dengan selembar kain hitam atau karton berwarna gelap
4. Ukur dan catat besar Tegangan pada ujung kabel Solar Panel tersebut

|               |           |
|---------------|-----------|
| Keadaan Gelap |           |
| Vsp =         | .....Volt |

5. Buka kain penutup tersebut
6. Ukur dan catat kembali besar tegangan pada ujung kabel Solar Panel

|                |           |
|----------------|-----------|
| Keadaan Terang |           |
| Vsp =          | .....Volt |

#### Lembar Kerja 7

#### Mempelajari unjuk kerja hubungan seri dari sel surya

#### Tujuan :

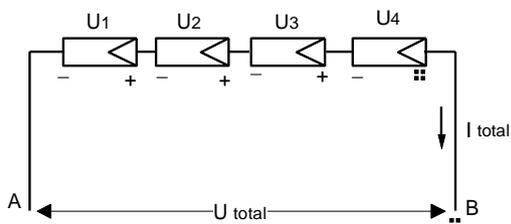
1. Menjelaskan hubungan seri sel surya
2. Menghitung besarnya arus, tegangan dan daya dari hubungan seri

#### Alat dan Bahan

- Ampermeter DC
- Voltmeter DC
- Modul rangkaian seri-parallel sel surya
- Kabel penghubung
- Solarimeter (jika ada)

#### Langkah Kerja

1. Buatlah rangkaian hubungan seri sel surya seperti dalam gambar dibawah ini.



2. Pada keadaan open circuit :

Ukur besar arus total  $I_{total}$  = ..... [A]

Ukur besar tegangan total  $U_{total}$  = ..... [V]

Ukur besar tegangan dari masing-masing sel.

$U_{sel1}$  = ..... [V]     $U_{sel3}$  = ..... [V]

$U_{sel2}$  = ..... [V]     $U_{sel4}$  = ..... [V]

Periksalah apakah :

$$U_{sel1} + U_{sel2} + U_{sel3} + U_{sel4} = U_{total}$$

**Catatan :** Pada setiap pengukuran besar kuat cahaya yang ditunjukkan oleh solarimeter harus dalam keadaan yang sama.

3. Sekarang tutuplah salah satu sel, misalnya sel 4, dengan menggunakan kertas atau daun lakukan pengukuran seperti pada langkah nomor 2 di atas.

Ukur besar arus total  $I_{total}$  = ..... [A]

Ukur besar tegangan total  $U_{total}$  = ..... [V]

Ukur besar tegangan dari masing-masing sel.

$U_{sel1}$  = ..... [V]     $U_{sel3}$  = ..... [V]

$U_{sel2}$  = ..... [V]     $U_{sel4}$  = ..... [V]

Periksalah apakah :

$$U_{sel1} + U_{sel2} + U_{sel3} + U_{sel4} = U_{total}$$

4. Pada keadaan short circuit :

Buatlah rangkaian seperti dalam gambar 5.10. di atas dan hubungkan titik A dan B menggunakan kabel (short circuit).

Ukur besar arus total  $I_{total}$  = ..... [A]

Ukur besar tegangan total  $U_{total} = \dots\dots\dots [V]$

Ukur besar tegangan dari masing-masing sel.

$U_{sel1} = \dots\dots\dots [V]$   $U_{sel3} = \dots\dots\dots [V]$

$U_{sel2} = \dots\dots\dots [V]$   $U_{sel4} = \dots\dots\dots [V]$

Periksalah apakah :

$$U_{sel1} + U_{sel2} + U_{sel3} + U_{sel4} = U_{total}$$

5. Lakukan langkah nomor 4 dengan menutup sel ke 4 menggunakan daun atau kertas. Lakukan pengukuran untuk :

Ukur besar arus total  $I_{total} = \dots\dots\dots [A]$

Ukur besar tegangan total  $U_{total} = \dots\dots\dots [V]$

Ukur besar tegangan dari masing-masing sel.

$U_{sel1} = \dots\dots\dots [V]$   $U_{sel3} = \dots\dots\dots [V]$

$U_{sel2} = \dots\dots\dots [V]$   $U_{sel4} = \dots\dots\dots [V]$

Periksalah apakah :

$$U_{sel1} + U_{sel2} + U_{sel3} + U_{sel4} = U_{total}$$

6. Buatlah kesimpulan dari hasil praktek hubungan seri ini.

Kesimpulan :

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

### Lembar Kerja 8

#### Mempelajari unjuk kerja hubungan paralel dari sel surya

Tujuan :

1. Menjelaskan hubungan paralel sel surya
2. Menghitung besarnya arus, tegangan dan daya dari hubungan paralel

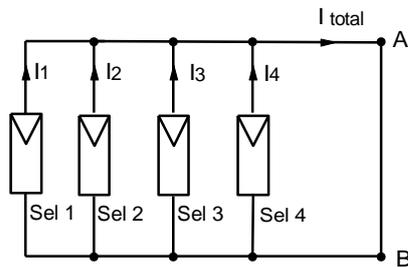
Alat dan Bahan

- Ampermeter DC
- Voltmeter DC

- Modul rangkaian seri- Paralel sel surya
- Kabel penghubung

**Langkah Kerja**

1. Buatlah rangkaian hubungan Paralel sel surya seperti dalam gambar di bawah ini.



2. Pada keadaan short circuit :

Ukur besar arus total  $I_{total} = \dots\dots\dots [A]$

Ukur besar tegangan total  $U_{total} = \dots\dots\dots [V]$

Ukur besar arus dari masing-masing sel.

$I_{sel1} = \dots\dots\dots [A]$      $I_{sel3} = \dots\dots\dots [A]$

$I_{sel2} = \dots\dots\dots [A]$      $I_{sel4} = \dots\dots\dots [A]$

Periksalah apakah :

$$I_{sel1} + I_{sel2} + I_{sel3} + I_{sel4} = I_{total}$$

3. Lepaslah sambungan hubung singkat A dan B, sehingga rangkaian menjadi open circuit. Lakukan pengukuran sebagai berikut :

Ukur besar arus total  $I_{total} = \dots\dots\dots [A]$

Ukur besar tegangan total  $U_{total} = \dots\dots\dots [V]$

Ukur besar arus dari masing-masing sel.

$I_{sel1} = \dots\dots\dots [A]$      $I_{sel3} = \dots\dots\dots [A]$

$I_{sel2} = \dots\dots\dots [A]$      $I_{sel4} = \dots\dots\dots [A]$

Perhatikan sel manakah yang arah arusnya terbalik (-). Sel yang arah arusnya terbalik adalah sel yang mempunyai karakteristik paling jelek di antara semua sel.

Periksalah apakah :

$$I_{sel1} + I_{sel2} + I_{sel3} + I_{sel4} = I_{total}$$

4. Sekarang dalam keadaan open circuit, salah satu sel ditutup dengan kertas atau daun, misalkan saja sel ke 4. Lakukan pengukuran :

Ukur besar arus total  $I_{total} = \dots\dots\dots [A]$

Ukur besar tegangan total  $U_{total} = \dots\dots\dots [V]$

Ukur besar arus dari masing-masing sel.

$I_{sel1} = \dots\dots\dots [A]$       $I_{sel3} = \dots\dots\dots [A]$

$I_{sel2} = \dots\dots\dots [A]$       $I_{sel4} = \dots\dots\dots [A]$

Periksalah apakah :

$I_{sel4}$  adalah bernilai negatif ? [ya / tidak]

$I_{sel1} + I_{sel2} + I_{sel3} = I_{sel4}$  [ya / tidak]

5. Pada keadaan yang sama seperti pada tugas 2, tutuplah sel ke 4 dengan menggunakan kertas atau daun dan lakukan pengukuran sebagai berikut.

Ukur besar arus total  $I_{total} = \dots\dots\dots [A]$

Ukur besar tegangan total  $U_{total} = \dots\dots\dots [V]$

Ukur besar arus dari masing-masing sel.

$I_{sel1} = \dots\dots\dots [A]$       $I_{sel3} = \dots\dots\dots [A]$

$I_{sel2} = \dots\dots\dots [A]$       $I_{sel4} = \dots\dots\dots [A]$

Periksalah apakah :

$I_{sel4}$  adalah bernilai negatif ? [ya / tidak]

$I_{sel1} + I_{sel2} + I_{sel3} = I_{sel4}$  [ya / tidak]

Bandingkan hasil pengukuran ini dengan hasil pengukuran pada langkah ke 4.

6. Buatlah kesimpulan dari hasil praktek hubungan Paralel ini.

Kesimpulan :

## E. Rangkuman

Radiasi surya mencapai permukaan bumi terjadi secara langsung dari matahari (radiasi sinar langsung – *direct beam radiation*) dan tidak langsung setelah tersebar dan/atau terpantul oleh aerosol, molekul-molekul atmosfer dan awan (*diffuse radiation*).

Data radiasi yang ada diberikan untuk permukaan horizontal saja sehingga untuk suatu keperluan harus dianalisa dan diestimasi besaran energinya untuk permukaan dengan orientasi dan sudut kemiringan berbeda.

Multimeter sering disebut AVometer atau multitester, alat ini biasa dipakai untuk mengukur harga resistansi (tahanan), tegangan AC (Alternating Current), tegangan DC (Direct Current), dan arus DC.

Wattmeter 1 fasa adalah alat untuk mengukur daya listrik suatu beban listrik AC 1 fasa. Satuan daya listrik adalah watt, yang rumusnya sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

Osiloskop adalah salah satu alat ukur elektronik yang dapat menampilkan bentuk-bentuk sinyal dari berbagai instrumen elektronika. Osiloskop sangat berguna untuk mengukur bentuk-bentuk sinyal dari frekuensi rendah sampai frekuensi tinggi.

## F. Tes Formatif

1. Radiasi sinar matahari langsung pada bidang miring besarnya dipengaruhi terhadap ....
  - a. Sudut antara arah sinar matahari terhadap bidang horizontal
  - b. Sudut antara arah sinar matahari terhadap bidang vertikal
  - c. Sudut antara arah sinar matahari terhadap normal bidang miring dan horizontal
  - d. Sudut antara arah sinar matahari terhadap normal bidang miring dan vertical
2. Bagian multitester yang berfungsi sebagai posisi pengukuran adalah ...
  - a. *Range selector switch*
  - b. *Zero adjust screw*

- c. *Zero ohm adjust knob*
  - d. *Polarity selector switch*
3. Pengukuran arus DC dari suatu sumber arus DC, kedua test lead multimeter pada rangkaian sumber DC dihubungkan secara ....
- a. Hubungan terbuka
  - b. Hubungan tertutup
  - c. Hubungan paralel
  - d. Hubungan seri
4. Dalam penggunaan alat ukur wattmeter terminal tegangan dihubungkan dengan sumber tegangan secara ....
- a. Hubungan terbuka
  - b. Hubungan tertutup
  - c. Hubungan paralel
  - d. Hubungan seri
5. Pada alat ukur osiloskop saklar yang berfungsi sebagai pengatur daerah pengukuran amplitude tegangan yang akan diukur adalah ....
- a. *Pengatur volt/div*
  - b. *Pengatur Y position*
  - c. *Pengatur probe*
  - d. *Pengatur variable*

### **G. Kunci Jawaban**

1. c
2. a
3. d
4. c
5. a

## KEGIATAN PEMEBELAJARAN 3 : KOMPONEN PLTS

### A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 3 komponen PLTS peserta mampu melakukan identifikasi karakteristik komponen pembangkit listrik tenaga surya dengan benar.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi peserta mampu :

- ✓ Mengidentifikasi nama komponen PLTS
- ✓ Mengetahui karakteristik komponen PLTS
- ✓ Mengetahui fungsi komponen PLTS

### C. Uraian Materi

#### 4.1. Sel atau modul fotovoltaik

Apakah yang dimaksud dengan sel atau modul fotovoltaik?

Secara harfiah, *photovoltaic* berasal dari dua kata *photo* dan *volt*, yang mempunyai arti cahaya-listrik. Sel yang mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik disebut sebagai *photovoltaic cell* atau sel fotovoltaik, dan dikenal pula sebagai *solar cell* atau sel surya.

Modul fotovoltaik, merupakan suatu kesatuan rangkaian yang terdiri atas beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri, atau paralel, atau kombinasi dari seri dan paralel.

#### Proses Konversi

Bagaimana sel fotovoltaik mengubah sinar matahari menjadi listrik?

Apabila suatu bahan semikonduktor misalnya bahan silikon yang permukaannya mempunyai tipe berbeda, yaitu: tipe p dan tipe n, diletakkan di bawah sinar matahari, maka bahan silikon tersebut akan melepaskan sejumlah kecil listrik yang biasa disebut efek fotolistrik.

Efek fotolistrik adalah pelepasan elektron dari permukaan metal yang disebabkan penumbukan cahaya. Efek ini merupakan proses dasar fisis dari fotovoltaiik merubah energi cahaya menjadi listrik.

Cahaya matahari terdiri dari partikel-partikel yang disebut sebagai foton (*photons*) yang mempunyai sejumlah energi yang besarnya tergantung dari panjang gelombang pada *solar spectrum*.

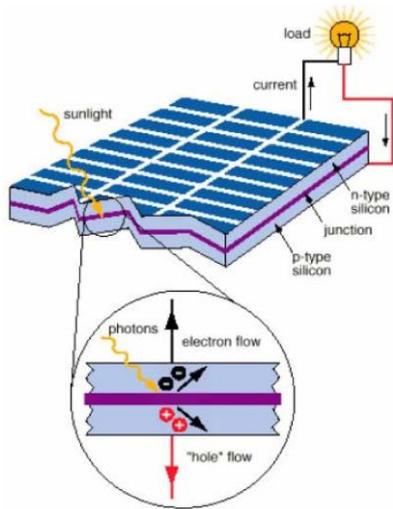
Pada saat photon menumbuk sel fotovoltaiik maka cahaya tersebut sebagian akan dipantulkan, diserap dan mungkin diteruskan (tergantung jenis sel). Cahaya yang diserap membangkitkan listrik. Pada saat terjadinya tumbukan, energi yang dikandung oleh photon ditransfer pada elektron yang terdapat pada atom sel fotovoltaiik yang merupakan bahan semikonduktor.

Energi yang didapat dari *photon*, digunakan elektron untuk melepaskan diri dari ikatan normal bahan semikonduktor. setelah elektron melepaskan diri dari ikatannya, terbentuknya lubang atau *hole* pada bahan semikonduktor tersebut. Jika pada saat ini sel semikonduktor tersebut dihubungkan ke suatu rangkaian luar, maka elektron akan menyatu kembali dengan *hole* nya dan menciptakan arus listrik yang mengalir dalam rangkaian.

Proses konversi dari radiasi matahari ke listrik terjadi secara langsung (tanpa adanya bagian yang bergerak) sebagaimana disajikan pada gambar berikut.

Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sel fotovoltaiik berbasis silikon pada umumnya sekitar 0,5 Volt.

Gambar 3. 1 | Konversi radiasi sinar matahari menjadi listrik



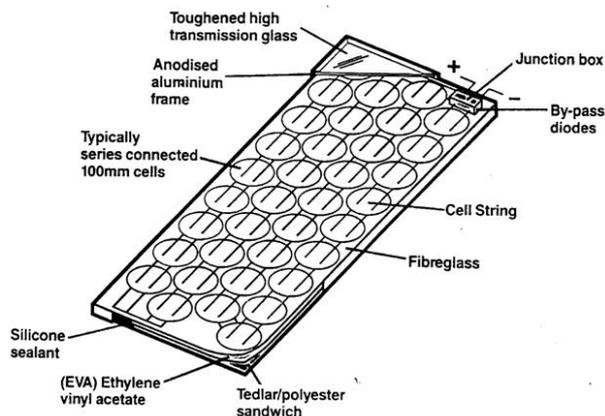
### Modul Fotovoltaik

Untuk mendapatkan daya, dan/atau tegangan listrik yang diinginkan, sel surya dihubungkan secara seri, atau paralel, atau kombinasi seri-paralel kemudian dilaminasi dan diberi bingkai menjadi modul fotovoltaik.

Agar sel atau modul dapat berumur panjang, rangkaian sel fotovoltaik tersebut pada umumnya dilindungi dengan suatu lapisan yang tahan cuaca dan radiasi matahari, terutama terhadap radiasi ultraviolet (UV).

Secara skematis, struktur modul fotovoltaik adalah seperti disajikan pada gambar berikut.

Gambar 3. 2| Struktur Konstruksi Modul Fotovoltaik



Modul fotovoltaik merupakan komponen utama dari PLTS. Modul fotovoltaik yang telah tersedia secara komersial di pasaran umumnya merupakan rangkaian sel jenis monokristal, multi (poli) kristal, maupun amorfous berbasis silikon (Si).

Ukuran sel jenis kristal yang pada umumnya digunakan adalah 10 cm x 10 cm dan 20cm x 20 cm. Jumlah sel yang dirangkai secara seri pada umumnya 36 buah untuk sistem kerja sekitar 12 V-DC dan 72 buah untuk sistem kerja 24 V-DC.

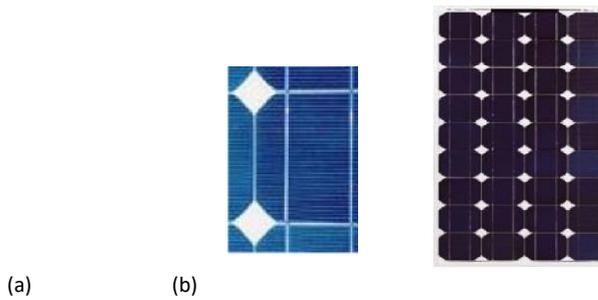
Daya yang dihasilkan bervariasi mulai dari 10 hingga 300Wp, tergantung jumlah sel yang terangkai pada satu modul. Umur teknis modul surya pada dasarnya sangat lama, sudah terbukti lebih dari 25 tahun.

### Jenis Modul Surya

#### a. Monokristal

Sel surya yang terdiri atas p-n *Junction* monokristal silikon atau yang disebut juga *monocrystalline PV*, mempunyai kemurnian yang tinggi yaitu 99,999%. Efisiensi sel fotovoltaik jenis silikon monokristal mempunyai efisiensi konversi yang cukup tinggi yaitu sekitar 16 sampai 17%.

Gambar 3. 3 | Sel dan Modul Fotovoltaik Monokristal



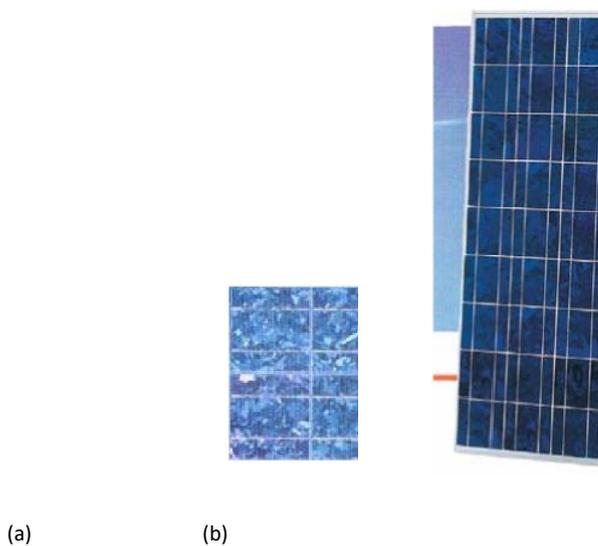
(a) Sel fotovoltaik; (b) Modul fotovoltaik

b. Polikristal

*Polycrystalline* PV atau sel surya yang bermateri polokristal dikembangkan atas alasan mahalnya materi monokristal per kilogram. Efisiensi konversi sel surya jenis silikon polikristal berkisar antara 12% hingga 15%.

**Commented [UAS15]:** Istilah asing silakan dimiringkan

Gambar 3. 4 | Sel dan Modul Fotovoltaik Polikristal



(a) Sel fotovoltaik; (b) Modul fotovoltaik

c. Amorfous

Sel surya bermateri *Amorphous Silicon* merupakan teknologi fotovoltaik dengan lapisan tipis atau *thin film*. Ketebalannya sekitar 10 $\mu$ m (micron) dalam bentuk modul surya. Efisiensi sel dengan silikon amorfous berkisar 6% sampai dengan 9%.

Gambar 3. 5 | Modul surya amorfous



#### Karakteristik Modul Surya

Sifat-sifat listrik dari modul surya diwakili oleh karakteristik arus tegangannya, yang mana disebut juga kurva I-V (lihat gambar 5).

Jika sebuah modul surya dihubung singkat ( $V_{\text{modul}} = 0$ ), maka arus hubung singkat ( $I_{\text{sc}}$ ) mengalir. Pada keadaan rangkaian terbuka ( $I_{\text{modul}} = 0$ ), tegangan modul disebut tegangan terbuka ( $V_{\text{oc}}$ ). Daya yang dihasilkan modul surya, adalah sama dengan hasil kali arus dan tegangan yang dihasilkan oleh modul surya.

$$P = V \times I$$

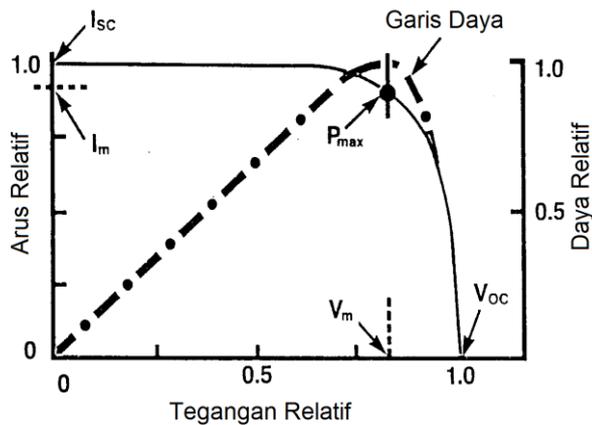
Dengan :

P = Daya keluaran modul (Watt)

V = Tegangan kerja modul (Volt)

I = Arus kerja modul (Ampere)

Gambar 3. 6 | Kurva Arus-Tegangan dari sebuah modul surya



Jika tegangan kerja dari modul digerakkan dari 0 sampai dengan tegangan terbuka  $V_{oc}$ , maka keluaran daya modul fotovoltaik pertama kali cenderung naik. Pada tegangan kerja tertentu, daya keluaran modul menurun secara drastis.

Tegangan kerja dan arus modul fotovoltaik yang terjadi pada saat daya maksimum ( $P_{max}$ ) tercapai berturut-turut dinyatakan sebagai  $V_m$  dan  $I_m$ . Apabila pengukuran dilakukan pada radiasi  $1000 \text{ W/m}^2$  dan suhu  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , maka daya maksimum ( $P_{max}$ ) yang dihasilkan oleh modul disebut pula sebagai daya puncak (*peak power*) suatu modul fotovoltaik, dan dinyatakan sebagai  $P_{peak}$ .

$$P_{max} = I_m \times V_m$$

Dengan :

$P_{max}$  = Daya maksimum keluaran modul (Watt)

$V_m$  = Tegangan kerja modul pada daya maksimum (Volt)

$I_m$  = Arus kerja modul pada daya maksimum (Ampere)

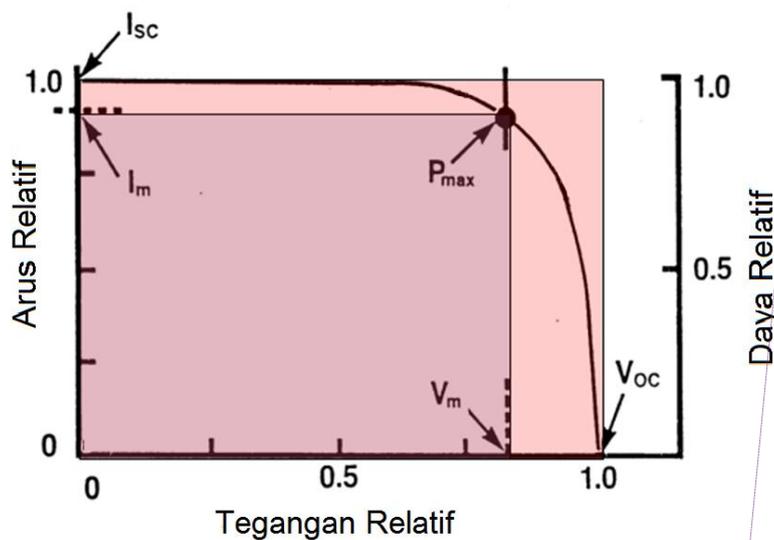
Catatan: Pada kondisi penyinaran 1000W/m<sup>2</sup> dan temperatur 25°C, maka  $P_{max} = P_{peak}$

Kualitas pabrikasi modul fotovoltaik dapat dilihat dari besaran *fill-factor*. Pada gambar 6, daya puncak suatu modul fotovoltaik dapat digambarkan sebagai luasan hasil kali  $I_m$  dan  $V_m$  dan daya maksimum ideal modul fotovoltaik adalah luasan dari hasil kali  $I_{sc}$  dan  $V_{oc}$ .

Fill-factor modul fotovoltaik didefinisikan menurut korelasi sebagai berikut:

$$FillFactor = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$$

Gambar 3. 7 Fill-factor

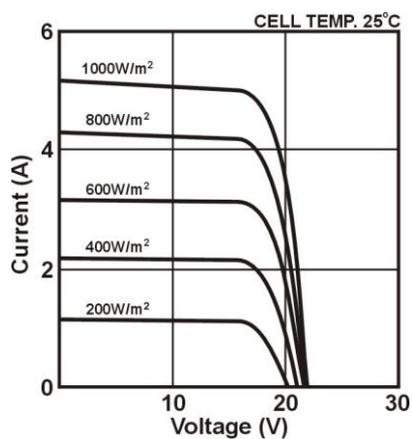


Commented [UAS16]: Sebutkan sumber gambar

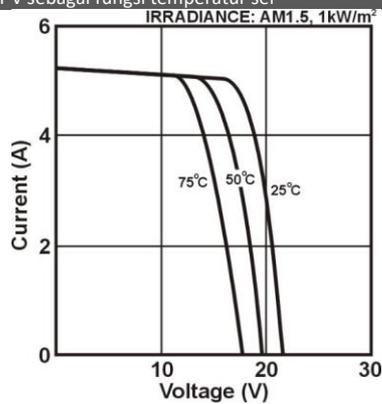
Arus dari modul bergantung antara lain pada tingkat radiasi dan temperatur. Gambar 7 menunjukkan hubungan kurva I-V dari sebuah modul fotovoltaik pada

berbagai macam tingkat radiasi. Kurva-kurva I-V pada berbagai macam temperatur sel ditunjukkan dalam gambar 8.

Gambar 3. 8 Kurva I-V sebagai fungsi radiasi matahari



Gambar 3. 9 Kurva I-V sebagai fungsi temperatur sel



Tegangan rangkaian terbuka bertambah dengan naiknya temperatur sel. Koefisien penurunan untuk jenis sel kristal berkisar 0,4%/°C.

### Efisiensi Modul Fotovoltaik

Berdasarkan uraian di atas, efisiensi modul surya berubah terhadap tegangan kerjanya, oleh karena itu efisiensi modul surya selalu ditetapkan pada daya puncaknya (*peak power*).

Daya input penyinaran matahari dapat dihitung berdasarkan pengukuran sebagai berikut:

$$P_{Input} = f \cdot G_U \cdot A$$

**Commented [UAS17]:** Secara konsisten, berikan nomor persamaan

Dengan:

- F = faktor kalibrasi pyranometer atau solarimeter (mV.m<sup>2</sup>/Watt)
- G<sub>U</sub> = intensitas matahari terukur (mV)
- A = luas efektif dari modul fotovoltaik (m<sup>2</sup>)

Efisiensi maksimum modul fotovoltaik dapat dihitung sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{Output}}{P_{Input}} = \frac{I_m \cdot V_m}{f \cdot G_U \cdot A}$$

**Commented [UAS18]:** Persamaan nomor ....?

Pengukuran intensitas standard laboratorium dapat dilakukan dengan simulasi matahari. Untuk keperluan percobaan didalam unit pembelajaran ini, intensitas matahari diperoleh secara alami. Sehingga kondisi standard hanya bisa dilakukan secara pendekatan.

a. Spesifikasi Pabrikasi

Pabrikasi modul fotovoltaik menerbitkan spesifikasi yang penting diketahui oleh pemakai. Hal ini dijelaskan pada contoh-contoh berikut.

b. Data kelistrikan:

### Electrical data

The electrical data apply to standard test conditions (STC):

Irradiance at the module level of 1.000 W/m<sup>2</sup> with spectrum AM 1.5 and a cell temperature of 25 °C.

|                                |           |        |        |        |
|--------------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| Nominal power                  | $P_{nom}$ | 160 Wp | 165 Wp | 170 Wp |
| Voltage at maximum-power point | $U_{mpp}$ | 35,9 V | 36,0 V | 36,0 V |
| Current at maximum-power point | $I_{mpp}$ | 4,46 A | 4,58 A | 4,71 A |
| Open-circuit voltage           | $U_{oc}$  | 43,5 V | 43,8 V | 44,0 V |
| Short-circuit current          | $I_{sc}$  | 5,12 A | 5,18 A | 5,25 A |

The rated power may vary by  $\pm 4\%$  and all other electrical parameters by  $\pm 10\%$ .

**Commented [UAS19]:** Tulis ulanh sebagai table, dan beri nomor tabel

Catatan:  $P_{nom}=P_{peak}$ ,  $U_{mpp}=V_m$ ,  $I_{mpp}=I_m$

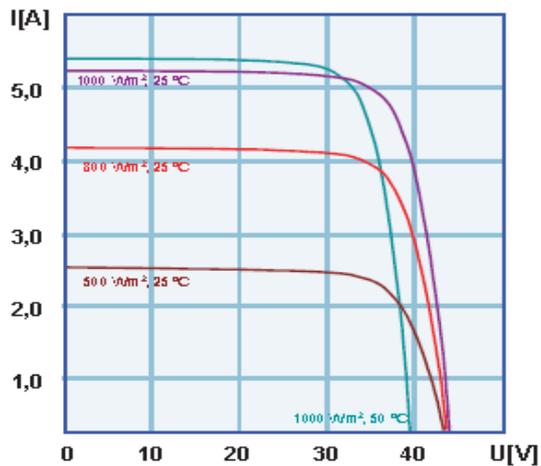
#### c. Dimensi, berat dan struktur modul:

|  |  |
|--|--|
| Dimensions (tolerances $\pm 3$ mm)           | 1.620 mm x 810 mm  |
| Thickness with frame (tolerances $\pm 1$ mm) | 50 mm  |
| Weight                                       | approx. 15,5 kg  |
| Solar cells per module                       | 72   |
| Type of solar cell                           | MAIN solar cell (multi-crystalline, 12,5 x 12,5 cm <sup>2</sup> , full-square)                                   |
| Connection                                   | Connection box with bypass diodes, 4 mm <sup>2</sup> -solar cable with Tyco-Connectors, lenght of pole: 1 m each |

#### d. Koefisien Temperatur

Koefisien temperatur dapat dinyatakan secara grafis (Gambar 10) atau korelasi matematis sebagai contoh berikut.

Gambar 3. 10 | Koefisien Temperatur



### Cell temperature coefficients

|                       |                |                               |
|-----------------------|----------------|-------------------------------|
| Power                 | $T_K (P_n)$    | - 0,47 % / $^{\circ}\text{C}$ |
| Open-circuit voltage  | $T_K (U_{oc})$ | - 0,38 % / $^{\circ}\text{C}$ |
| Short-circuit current | $T_K (I_{sc})$ | + 0,10 % / $^{\circ}\text{C}$ |

### PERCOBAAN KARAKTERISASI FOTOVOLTAIK

#### A. Langkah Kerja Percobaan

##### a. Maksud Percobaan

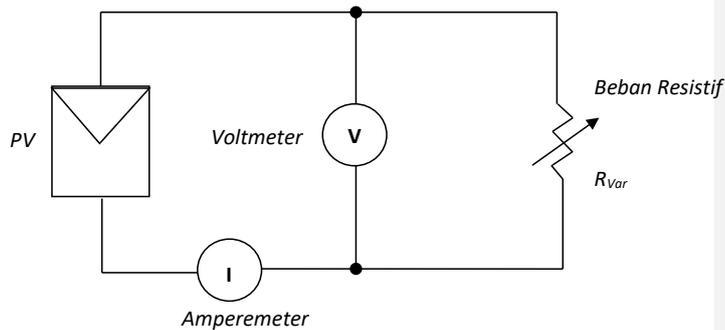
Maksud dari percobaan adalah untuk melakukan karakterisasi suatu modul fotovoltaik yang spesifikasinya tidak diketahui.

##### b. Rangkaian

Rangkaian komponen dan peralatan yang digunakan didalam ruangan yang terbebas dari penyinaran matahari secara langsung sebagai berikut.

**Commented [UAS20]:** Penomoran harus konsisten menggunakan pola yang tetap.

Gambar 3. 11 | Rangkaian pengukuran modul fotovoltaik



c. Alat Ukur Radiasi Matahari

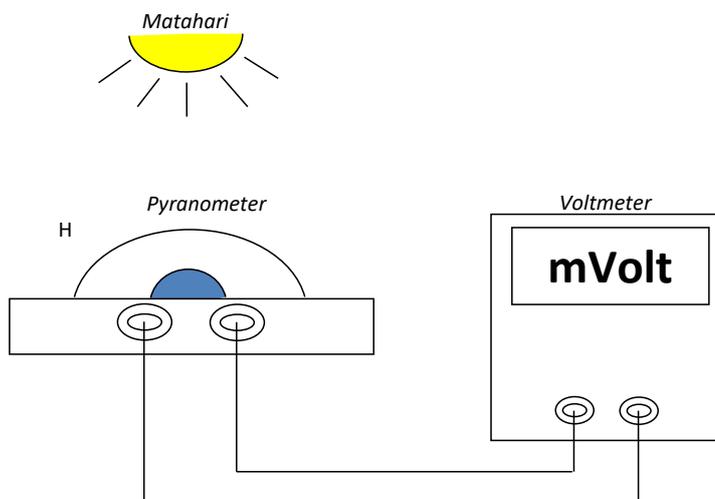
Pengukuran radiasi matahari umumnya dilakukan menggunakan pyranometer dengan faktor kalibrasi tertentu. Faktor kalibrasi biasanya tercantum pada pyranometer dan dinyatakan dengan satuan mV per  $W/m^2$ . Pyranometer mempunyai magnitude kira-kira sebesar 10mV pada intensitas radiasi sebesar  $1000W/m^2$ .

Selain menggunakan pyranometer, pengukuran intensitas matahari juga dapat dilakukan dengan sel fotovoltaik yang telah terkalibrasi. Langkah-langkah pengukuran radiasi sebagai berikut:

Letakkan pyranometer atau solarimeter pada posisi yang sebidang dan dekat dengan modul fotovoltaik. Hal ini penting untuk memastikan bahwa intensitas matahari yang terukur sama dengan radiasi yang diterima oleh modul fotovoltaik. Rangkaian pengukuran radiasi matahari secara skematis terlihat pada gambar berikut.

**Commented [UAS21]:** Beri nomor setiap langkah, agar pembaca dapat mengetahui “berapa langkah melakukan ini”

Gambar 3. 12 Skema pengukuran intensitas radiasi matahari



Catatan: H = intensitas matahari

d. Karakterisasi modul surya

Pengamatan karakteristik modul surya dilakukan dengan cara membebani rangkaian dengan resistor variabel, Besar arus dan tegangan yang terukur akan merupakan fungsi tahanan sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{R}$$

Dengan:

I = Arus (A)

V = Tegangan (V)

R = Tahanan beban variabel (Ohm)

Pada standar laboratorium, perbedaan pengaruh suhu dan radiasi terhadap karakteristik sel surya diawasi dengan cara membuat konstan salah satu dari kedua parameter sementara yang lain diubah-ubah, dan sebaliknya.

Dalam praktikum ini pengukuran disesuaikan dengan kondisi lapangan, dimana suhu sel dan radiasi tidak dapat diatur. Untuk itu, praktikum dilakukan dalam 3(tiga) tahap, yaitu: sekali pada saat modul fotovoltaik masih dingin (pada kondisi belum mengalami penyinaran matahari) dan dua-kali pada kondisi setelah modul dalam posisi panas (setelah terjemur beberapa saat di matahari) dengan intensitas matahari yang berbeda. Tujuan percobaan ini adalah untuk melihat efek perubahan suhu dan intensitas penyinaran matahari.

Pada setiap percobaan lakukan pencatatan data sesuai tabel karakteristik modul fotovoltaik pada lembar kerja. Lakukan pengukuran secara teliti, sesingkat mungkin dan pada kondisi cuaca yang cerah, khususnya untuk percobaan yang pertama

#### 4.2. Baterai

##### **Pengertian baterai.**

Baterai didalam unit pembelajaran ini adalah perangkat yang digunakan untuk menyimpan energi listrik. Baterai merupakan salah satu komponen penting pada PLTS, dan merupakan jantung agar PLTS dapat bekerja secara stabil pada berbagai cuaca dan pada malam hari. Baterai juga merupakan komponen yang paling rawan didalam PLTS

##### **Fungsi Baterai**

Baterai menyimpan energi listrik yang dibangkitkan modul surya pada saat matahari bersinar, dan baterai akan mengeluarkan kembali energi listrik pada saat modul surya tidak dapat lagi memenuhi permintaan energi listrik oleh beban. Pada kondisi normal baterai dipergunakan saat malam hari atau saat cuaca berawan, akan tetapi jika terjadi kondisi beban yang berlebih pada siang hari,

**Commented [UAS22]:** Definisi, atau tidak perlu diberi judul

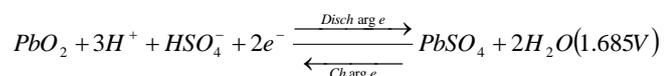
baterai dapat dipergunakan menambah daya yang dihasilkan modul surya agar memenuhi permintaan beban.

### Baterai Lead-acid

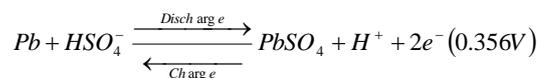
Uraian pembahasan mengenai baterai pada unit ini dibatasi pada jenis baterai asam timbal (*lead acid battery*). Sampai saat ini, jenis baterai asam-timbal masih merupakan teknologi yang paling handal dan relatif murah untuk keperluan penyimpanan listrik.

Proses penyimpanan listrik didalam baterai lead-acid terjadi melalui reaksi kimia-listrik. Baterai lead-acid memanfaatkan kombinasi antara pelat timah (*lead*) dan elektrolit asam sulfat encer (*acid*) untuk mengubah energi listrik menjadi energi potensial kimia dan mengubahnya kembali menjadi energi listrik.

Proses pengurasan listrik pada baterai terjadi melalui reaksi kimia sebagai berikut. Pada elektroda positif:

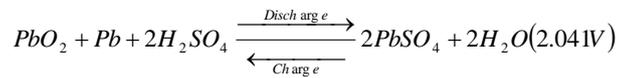


Pada elektroda negatif:



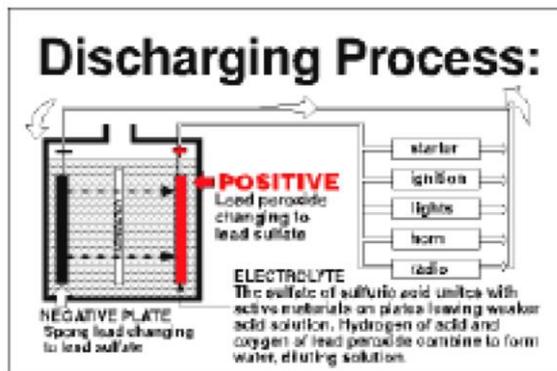
Secara skematis, reaksi kimia yang terjadi didalam baterai seperti disajikan pada Gambar 13.

Proses pengisian dan pengurasan baterai secara keseluruhan:

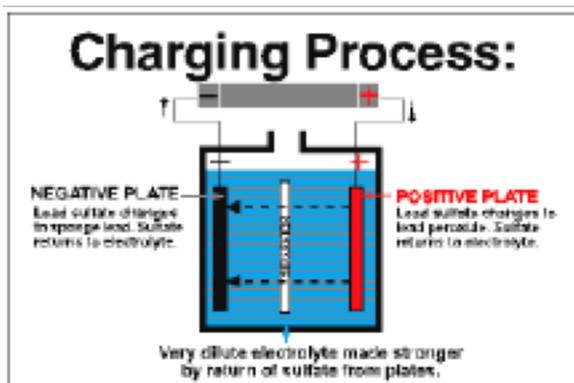


Baterai biasanya dibuat untuk keperluan tertentu yang spesifik/khusus, dalam hal ini dibedakan dari konstruksi yang dibuat untuk komponennya.

Gambar 3. 13 Proses Pengisian dan Pengurasan Baterai



(a) Proses Pengosongan (*discharging*)



(b) Proses Pengisian (*charging*)

### Klasifikasi Baterai

Berdasarkan penggunaannya, baterai dapat dibedakan menjadi 3(tiga) pemakaian, yaitu:

- Keperluan starter
- Keperluan traction
- Pemakaian floating

Berdasarkan siklusnya, secara umum terdapat dua macam baterai yang dibuat manufaktur yakni:

#### a. Baterai *Starter*;

*Baterai Starter* (atau populer dikenal sebagai baterai mobil) dibuat untuk memungkinkan penyalaan mesin atau *starting engine*. Baterai starter memiliki banyak pelat tipis yang memungkinkan untuk melepaskan energi (arus) listrik yang besar dalam waktu yang singkat.

Baterai starter tidak dapat dipaksa untuk melepaskan energi listrik terlalu besar dalam selang waktu yang panjang, karena konstruksi pelat-pelat yang tipis akan cepat rusak pada kondisi tersebut.

Gambar 3. 14 | Baterai Starter



**b. Baterai *Deep-cycle***

Baterai *Deep-Cycle* dibuat dengan pelat lebih tebal yang memungkinkan untuk melepaskan energi listrik dalam selang waktu yang panjang. Baterai deep cycle tidak dapat melepaskan energi listrik secepat dan sebesar baterai starter, tetapi baterai ini dimungkinkan untuk dapat menyalakan mesin. Semakin tebal pelat baterai semakin panjang usia baterai yang diharapkan.

Sambar 3.15 | Baterai *Deep-Cycle*

Commented [UAS23]: Cantumkan sumber gambar



Berat suatu baterai merupakan salah satu indikator dari pelat yang digunakan dalam suatu baterai. Semakin berat suatu baterai untuk ukuran grup yang sama akan semakin tebal pelat baterai tersebut, dan semakin tahan terhadap pelepasan energi listrik secara berlebihan.

**c. Sel Baterai**

Sel baterai adalah komponen individu terkecil dari sebuah baterai yang terdiri dari kontener dimana di dalamnya terdapat pelat timah dan tempat elektrolit bereaksi.

**d. Tegangan sel**

Tegangan sel berkisar antara 2,12 volt pada kondisi baterai penuh sampai dengan 1,75 volt pada kondisi baterai kosong. Semua baterai *lead-acid* beroperasi berdasarkan reaksi kimia yang sama.

Pada saat baterai mengeluarkan arus listrik/*discharge*, komponen aktif pada elektroda ( $PbO_2$  pada elektroda positif, dan  $Pb$  pada elektroda negatif) bereaksi dengan Asam Sulfat untuk membentuk Garam Sulfat dan Air. Sedangkan pada saat pengisian listrik/*charge*, garam sulfat pada kedua elektroda berubah kembali menjadi  $PbO_2$  pada elektroda positif,  $Pb$  pada elektroda negatif serta ion sulfat ( $SO_4$ ) kembali menjadi asam sulfat.

Tegangan nominal baterai bergantung pada jumlah sel yang dirangkai secara seri. Jadi baterai dengan tegangan nominal 12 volt tersusun secara seri dari 6 buah sel.

**e. State of charge**

*State of Charge* (SOC) merupakan suatu ukuran seberapa penuhnya muatan listrik dalam baterai. Hubungan antara tegangan dengan SOC sangat bergantung pada temperatur baterai.

Baterai dengan temperatur rendah akan memperlihatkan tegangan yang lebih rendah pada kondisi penuh dibandingkan dengan baterai dengan temperatur lebih tinggi. Oleh karena itu beberapa regulator atau sistem charging dilengkapi dengan sensor temperatur pada sisi baterai.

**f. Deep of Discharge**

*Deep of Discharge* (DOD) merupakan suatu ukuran seberapa dalam/seberapa banyak muatan listrik telah dilepaskan/dikeluarkan dari sebuah baterai.

Jika baterai penuh atau 100% SOC, maka DOD baterai tersebut adalah 0%; sebaliknya jika baterai kosong atau 0% SOC maka DOD baterai tersebut 100%.

Semakin dalam sebuah baterai muatannya dikeluarkan secara rata-rata maka semakin pendek usia baterai dan dinyatakan dalam *Cycle Life*.

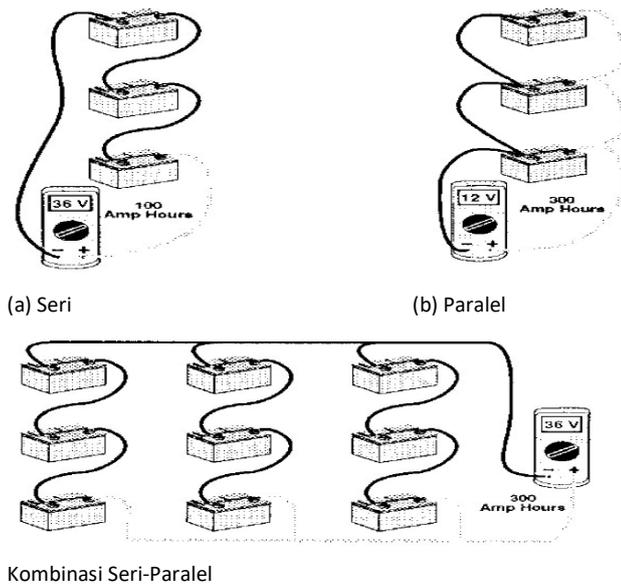
**g. Kapasitas baterai**

Kapasitas suatu baterai dinyatakan dalam *Ampere hour (Ah)* atau Ampere-Jam, yang merupakan suatu ukuran seberapa besar energi listrik yang dapat disimpan pada suatu tegangan nominal tertentu. Kapasitas suatu baterai bersifat aditif jika baterai dihubungkan secara paralel.

Jika tiga baterai dengan tegangan 12 volt dan kapasitas 100Ah dihubungkan *secara seri*, maka tegangan akan menjadi 36 volt sedangkan kapasitas tetap 100Ah (3600 watt-hour).

Jika tiga baterai dengan tegangan 12 volt dan kapasitas 100Ah dihubungkan *secara paralel*, maka tegangan akan tetap 12 volt sedangkan kapasitas menjadi 300Ah (3600 watt-hour).

Gambar 3. 16 | Hubungan baterai



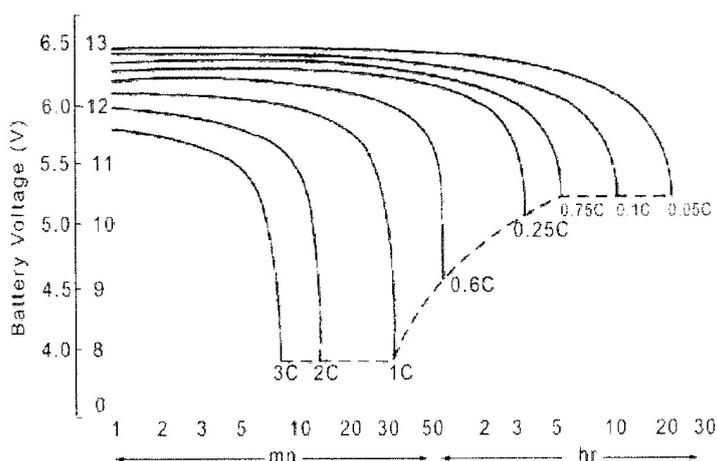
Energi proses pengisian dan pelepasan baterai bergantung pada reaksi kimia. Kapasitas yang tersedia (*available capacity*) relatif terhadap kapasitas total bergantung kepada kecepatan pengisian dan pelepasan, keduanya merupakan reaksi-reaksi kimia yang berbeda arah.

Kapasitas total/kapasitas nominal biasanya diberi tanda C, yang merupakan ukuran seberapa besar energi yang dapat disimpan dalam baterai. Kapasitas yang tersedia biasanya lebih kecil dibanding dengan kapasitas total.

Kapasitas Ampere-hour dari suatu baterai diukur pada suatu laju pengeluaran yang akan menyebabkan baterai habis/ kosong dalam 20 jam. (atau laju C/20 atau 0.05C). Jika dilakukan pelepasan pada laju lebih besar dari C/20, akan didapatkan kapasitas tersedia yang lebih kecil dari C total.

Selain laju C/20, kapasitas nominal kadang-kadang dinyatakan dalam C/10, C/100 dan lainnya, tergantung pada laju dimana baterai akan digunakan.

Gambar 3. 17 | Korelasi tegangan baterai vs laju discharge



#### h. Siklus baterai

*Cycle atau Siklus*, merupakan suatu interval yang meliputi satu perioda pengisian dan satu perioda pelepasan. Idealnya baterai selalu diisi/charge sampai dengan 100% SOC selama perioda pengisian pada tiap siklus. Sementara baterai dihindarkan digunakan atau *discharge* sampai dengan 0% SOC.

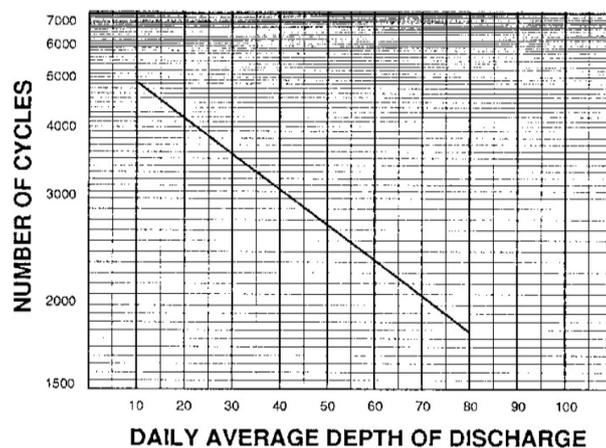
Baterai dengan siklus dangkal atau *Shallow Cycle* dirancang hanya untuk melakukan pelepasan/discharge sebesar 10-25% DOD dari kapasitas total pada tiap siklusnya. Sedangkan baterai siklus dalam atau *Deep-Cycle* dirancang untuk

dapat melakukan pelepasan/*discharge* sampai dengan 80% DOD dari kapasitas total pada tiap siklusnya.

Usia baterai jenis deep cycle, sangat dipengaruhi besarnya DOD pada tiap siklus. Semakin besar DOD akan semakin kecil jumlah siklus yang dapat dilalui baterai tersebut.

Gambar 16 menunjukkan hubungan antara siklus baterai dan tingkat pengosongannya (DOD).

Gambar 3. 18 | Siklus (*cycle life*) vs DOD baterai



#### i. Tahap charging

Pada dasarnya setiap rangkaian charging pada baterai basah (*flooded lead acid battery*) terdiri dari 3-4 tahap pengisian yaitu: *bulk*, *absorbtion*, *equalization* dan *float*.

- **Bulk Charging**

*Bulk charging* adalah proses pengisian baterai dengan arus besar. Beberapa pabrikan tidak membatasi arus pengisian pada tahap ini, dengan catatan bahwa tegangan baterai masih dibawah tegangan *gassing* (dimana larutan baterai

**Commented [UAS24]:** Kata baku dalam Bahasa Indonesia Pabrik

terlihat mulai mendidih). Beberapa pabrikan merekomendasikan pengisian arus charging konstan, sementara tegangan baterai meningkat. Hal arus konstan akan mudah dilakukan dengan catudaya konvensional (*battery charger*), tetapi sulit dilakukan dengan SESF karena pengaruh penyinaran yang berubah-ubah. Pada tahap ini dapat dilakukan pengisian arus yang dikehendaki asal tidak melebihi 20% diatas rating kapasitas Ah baterai, sehingga tidak akan terjadi *overheating*.

- **Absorption Charging**

Tahap *absorption charging* adalah tahap dimana tegangan charger konstan, sementara arus charging menurun sampai baterai mencapai tahap *fully charged*, atau penuh atau 100% SOC.

Indikasi ini diketahui manakala arus pengisian turun hingga mencapai 1% dari rating kapasitas Ah. Contohnya, jika kapasitas Baterai 100 Ah maka arus pengisian akhir atau *final charging current* nya adalah 1 Ampere.

- **Equalization Charging**

Tahap ini adalah tahap pengisian berlebih yang terkendali (5% *overcharge*), dimaksudkan untuk menyeimbangkan tegangan sel dan *specific gravity* di dalam baterai. Keseimbangan dapat tercapai akibat dinaikkannya tegangan pengisian sampai ke level tertentu selama beberapa saat.

Ekualisasi akan memulihkan gejala-gejala kerusakan seperti stratifikasi, yaitu terkonsentrasinya asam di bagian bawah baterai, ataupun sulfasi yaitu terbentuknya kristal sulfat secara berlebihan dibagian pelat aktif.

Tahap ekualisasi ini dilakukan pada interval waktu tertentu saja dapat dilakukan sekali sebulan sampai dengan setahun sekali, setelah 10 sampai 100 deep-cycle bergantung pada rekomendasi dari pihak manufaktur baterai. Ekualisasi wajib dilakukan bila hasil pemantauan *specific gravity* sel menunjukkan perbedaan lebih dari 0,03.

- **Float Charging**

Tahap *Float Charging* adalah tahap pengisian dimana tegangan charging diturunkan dan dijaga konstan dalam tempo yang tak berhingga, dengan maksud menjaga agar baterai selalu dalam kondisi sehat (100% SOC).

Berikut adalah tabel yang menggambarkan panduan pengisian baterai sebagai fungsi dari kapasitasnya yang dinyatakan dalam *reserve capacity*. Panduan ini dapat digunakan untuk menentukan besarnya *bulk charging current* untuk masing-masing baterai sesuai dengan kapasitasnya.

**Tabel 3. 1 | Bulk charging current sesuai kapasitas baterai**

| Reserve Capacity (RC) Rating                 | Slow Charge (RECOMMENDED) | Fast Charge         |
|--|---------------------------|---------------------|
| 80 Minutes or less (32 ampere hours or less) | 15 Hours @ 3 amps         | 5 Hours @ 10 amps   |
| 80 to 125 Minutes (32 to 50 ampere hours)    | 21 Hours @ 4 amps         | 7.5 Hours @ 10 amps |
| 125 to 170 Minutes (50 to 68 ampere hours)   | 22 Hours @ 5 amps         | 10 Hours @ 10 amps  |
| 170 to 250 Minutes (68 to 100 ampere hours)  | 23 Hours @ 6 amps         | 7.5 Hours @ 20 amps |
| Above 250 Minutes (over 100 ampere hours)    | 24 Hours @ 10 amps        | 6 Hours @ 40 amps   |

Untuk menentukan setting tegangan *bulk charging*, *float charging* maupun *equalization charging* pada kontrol pengisian baterai, tabel berikut dapat digunakan sebagai panduan.

Tabel 3. 2 | Tegangan charging berdasarkan tipe baterai

| Battery Type         | Charging Voltage | Float Voltage | Equalizing Voltage |
|----------------------|------------------|---------------|--------------------|
| Wet Low Maintenance  | 14.4             | 13.2          | 15.1               |
| Wet Maintenance Free | 14.8             | 13.4          | 15.5               |
| Sealed & VRLA        | 14.4             | 13.2          | 15.1               |
| AGM                  | 14.4             | 13.6          | 15.5               |
| Gel Cell             | 14.1             | 13.2          | N/A                |
| Wet Deep Cycle       | 14.5             | 13.2          | 15.8               |

Untuk memastikan harga-harga parameter charging sebaiknya diminta petunjuk dari pihak manufaktur merek baterai yang bersangkutan.

Pemilihan charger untuk baterai lead-acid harus mempertimbangkan kemampuan charger dalam memenuhi parameter-parameter pengisian tersebut diatas, sehingga dapat dipenuhi kriteria perawatan baterai melalui cara pengisian yang tepat.

❖ **Pengendali Baterai**

Proses pengisian arus listrik dengan fotovoltaik ke baterai tidak sama dengan pengisi baterai konvensional (*battery charger*) yang menggunakan listrik. Hal ini disebabkan karena arus listrik yang dihasilkan fotovoltaik bisa besar, bisa juga kecil tergantung dari penyinaran/radiasi matahari. Proses pengisian akan berlangsung selama ada radiasi matahari, tidak melihat apakah baterai tersebut sudah penuh atau belum.

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

**Commented [UAS25]:** Uraian/penjelasan yang mana? Tiba-tiba ada pernyataan “membahayakan”

Pengendali baterai di dalam PLTS dikenal dengan berbagai istilah, seperti:

- Solar charge regulator (SCR)
- Battery charge regulator (BCR)
- Battery control unit (BCU)

Istilah Battery control unit (BCU) akan digunakan untuk menyatakan unit pengendali baterai. Contoh lain yang mempunyai fungsi sama dengan BCU, yaitu pada kendaraan bermotor (mobil atau motor) dimana alat ini dikenal sebagai "Cut-Out"

Fungsi BCU pada umumnya:

- Mengatur transfer energi dari modul PV --> baterai --> beban, secara efisien dan semaksimal mungkin;
- mencegah baterai dari :
  - *Overcharge* : pemutusan pengisian (*charging*) baterai pada tegangan batas atas, untuk menghindari 'gasing', yang dapat menyebabkan penguapan air baterai dan korosi pada grid baterai;
  - *Underdischarge* : pemutusan pengosongan (*discharging*) baterai pada tegangan batas bawah, untuk menghindari pembebanan berlebih yang dapat menyebabkan sulfasi baterai;
- 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.

#### a. Overcharge

*Overcharge* adalah suatu pengisian (*charging*) arus listrik kedalam baterai (*Accu*) secara berlebihan. Apabila pengisian dilakukan dengan alat *charger* (*charging Accu*) yang biasa dikenal dipasaran, maka pengisian akan berhenti sendiri jika arus dari 'charging accu' sudah mencapai angka nol (tidak ada arus pengisian lagi), dimana ini berarti baterai sudah penuh.

Pemutusan arus pengisian baterai dilakukan pada saat baterai telah terisi penuh. Hal ini dapat dipantau (diketahui) melalui pengukuran tegangan baterai, yaitu baterai dikatakan penuh, jika tegangan baterai (untuk sistem 12V) telah mencapai sekitar antara 13,8 s/d 14,5 volt (tergantung dari jenis baterai) dan baterai akan “gasing” (mengeluarkan gelembung-gelembung gas), jika tegangan baterai telah mencapai sekitar antara 14,5 s/d 15,0 volt. Oleh karena itu apabila tegangan baterai telah mencapai sekitar 13,8 – 14,5 volt, maka pengisian arus listrik tersebut harus segera diputuskan.

Pada kondisi tertentu (yaitu untuk keperluan “ekualisasi”), baterai dapat diputuskan pengisiannya, jika tegangan baterai telah mencapai sekitar 14,5 – 15,0 Volt.

Pemutusan arus pengisian pada umumnya dilakukan secara elektronik oleh alat atau sistem kontrol BCU yang secara otomatis akan memutuskan pengisian arus listrik, jika baterai telah mencapai tegangan untuk kondisi penuh tersebut.

Pemutusan arus ini adalah untuk mencegah agar tidak terlalu sering terjadi “gassing” pada baterai yang akan menyebabkan penguapan air baterai dan korosi (karatan) pada grid baterai.

#### **b. Underdischarge**

*Underdischarge* adalah pengurasan (pengeluaran/pelepasan) arus listrik dari baterai secara berlebihan sehingga baterai menjadi kosong sama sekali (habis Amperenya). Dapat dijelaskan lebih jauh disini yaitu BCU pada sistem Fotovoltaik, berbeda dengan “Cut-Out” yang ada pada mobil atau motor dimana disini “Cut-Out” tidak mempunyai sistem atau kontrol untuk menghentikan/memutuskan pengeluaran arus yang terus menerus apabila baterai telah mencapai kondisi minimum (kosong), hal ini dapat dimengerti tentunya karena apabila mobil tersebut bergerak/hidup, maka akan selalu terjadi pengisian arus listrik kedalam baterai oleh “Dynamo-Ampere”, sehingga baterai tidak pernah kosong, sekalipun baterai dipakai untuk menyalakan lampu, A/C, tape-radio, dll; asal “dynamo-Ampere” tersebut tidak rusak/berfungsi dengan baik dan baterainya-pun tidak lemah (tidak “Swak” dalam istilah bengkel mobil).

Sedangkan dalam sistem **Fotovoltaik**, dimana tentunya tidak ada “dynamo-Ampere” dan hanya tergantung dari radiasi matahari, maka apabila baterai tersebut dipakai terus menerus untuk menyalakan beban (lampu, tape-radio, dll) terutama pada malam hari, maka hal ini akan menyebabkan baterai berangsur-angsur mulai menuju kosong dan apabila tidak ada penambahan arus listrik kedalam baterai tersebut. Juga, jika pemakaian beban cukup besar dan terus menerus atau tidak dibatasi, maka baterai akan menjadi kosong sama sekali (habis Amperenya). Kondisi ini disebut sebagai “*underdischarge*”. Untuk mencegah terjadinya “*underdischarge*”, maka digunakan alat atau sistem kontrol elektronik pada BCU yang secara otomatis akan memutuskan atau menghentikan pengeluaran arus listrik dari baterai tersebut.

**Commented [UAS26]:** Fotovoltaik, tidak perlu huruf kapital

Hal ini dapat dipantau/diketahui dari tegangan baterai, yaitu baterai akan mencapai kondisi minimum (hampir kosong Amperenya), jika tegangan baterai telah mencapai sekitar 11,4 s/d 11,7 volt. Oleh karena itu apabila tegangan baterai telah mencapai sekitar 11,4 – 11,7 volt, maka penggunaan arus listrik dari baterai harus dihentikan atau hubungan beban ke baterai harus segera diputuskan.

Hal ini adalah untuk mencegah apabila baterai terlalu sering mencapai kondisi kosong akan menyebabkan sulfasi baterai sehingga baterai akan cepat menjadi rusak.

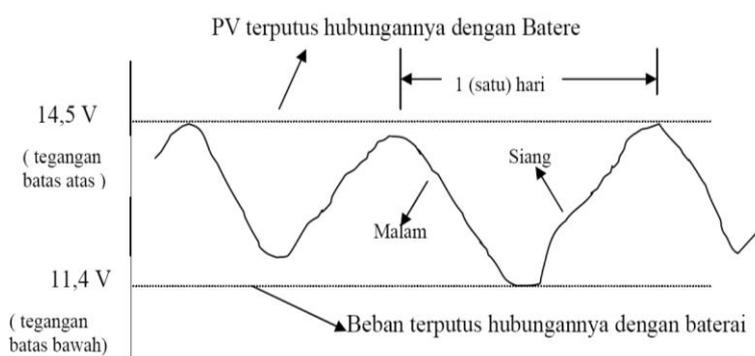
**c. Daerah tegangan kerja baterai**

Daerah tegangan kerja baterai adalah daerah tegangan dimana sistem Fotovoltaik masih mampu menyalakan beban. Untuk Sistem tegangan 12 volt, maka daerah tegangan kerja baterai adalah antara 11,4 volt - 14,5 volt.

Biasanya dalam pemakaian sehari-hari harus diusahakan agar pemakaian beban jangan sampai menyebabkan tanganan baterai mencapai 11,4 Volt, karena apabila mencapai titik tegangan tersebut, beban akan segera dimatikan secara otomatis. Untuk pemakaian beban sehari-hari sebaiknya lihat contoh cara pemakaian beban seperti yang disajikan pada perancangan sistem

Adapun grafik turun dan naik tegangan baterai terhadap pemakaian beban dan pengisian arus listrik melalui Fotovoltaik dapat digambarkan seperti Gambar 17.

Gambar 3. 19 | Grafik tegangan baterai harian



#### d. Beban Berlebih dan Hubung Singkat

Beban berlebih adalah suatu pemakaian beban yang melebihi kapasitas maksimum output BCU. Sebagai contoh, jika kapasitas maksimum output BCU adalah 10 Ampere, maka apabila pemakaian beban melebihi 10 Ampere, dikatakan beban berlebih, dan biasanya BCU mempunyai proteksi/pencegahan yang secara otomatis akan memutuskan beban, jika terjadi adanya beban berlebih tersebut.

Hubung singkat terjadi akibat adanya hubungan langsung antara polaritas positif (+) dengan polaritas negatif (-) dari suatu sumber tegangan. Dalam hal ini terminal positif beban (beban +) dan terminal negatif beban (beban -) pada BCU juga merupakan suatu sumber tegangan yang akan mensuplai daya listrik ke beban.

Kemungkinan hubung singkat tersebut dapat saja terjadi akibat terhubungnya terminal positif dan negatif beban pada BCU melalui suatu benda logam yang bersifat sebagai konduktor, misalnya obeng, kawat konduktor, kunci pas, dll; atau mungkin juga terjadi hubungan langsung antara kabel positif dengan kabel negatif pada kabel yang menuju beban (ujung-ujung kabel tersebut tersambung langsung).

Pada kondisi hubung singkat ini terjadi arus yang sangat besar, maka apabila BCU tidak dilindungi dengan proteksi hubung singkat, tentunya akan terjadi kerusakan pada komponen elektronik yang ada didalam BCU tersebut.

Untuk sistem yang sederhana perlindungan hubung singkat ini dapat dilakukan dengan menggunakan sikring pengaman (*fuse*), tetapi untuk sistem yang di dalamnya terdapat komponen elektronik yang sensitif sekali terhadap pengaruh arus hubung singkat, maka diperlukan suatu rangkaian elektronik khusus yang mampu memberi perlindungan terhadap terjadinya hubung singkat.

Pada umumnya rangkaian elektronik untuk proteksi hubung singkat ini adalah sama dengan rangkaian elektronik untuk proteksi arus beban lebih.

Untuk BCU yang mempunyai kapasitas arus output maksimum yang cukup besar, kejadian hubung singkat harus dihindari secepat mungkin, karena apabila hubung singkat ini kejadiannya cukup lama, maka ada kemungkinan komponen elektronik yang ada didalam BCU rusak juga.

**e. Polaritas terbalik**

Polaritas terbalik dapat terjadi pada :

- Terbaliknya hubungan antara PV dengan BCU.
- Terbaliknya hubungan antara Baterai dengan BCU.
- Terbaliknya hubungan antara BCU dengan beban.

BCU yang ber-mutu, akan mempunyai perlindungan terhadap kerusakan sebagai akibat terjadinya polaritas terbalik untuk hubungan PV-BCU (butir 1) dan polaritas terbalik untuk hubungan Baterai-BCU (butir 2), *sedangkan untuk hubungan BCU-Beban, proteksi polaritas terbaliknya berada pada beban yang bersangkutan.*

Perlindungan terhadap polaritas terbalik untuk hubungan PV – BCU adalah dilakukan dengan memberikan suatu "*Blocking-Diode*", yang sekaligus merupakan pencegahan **arus balik** ("*reverse current*") dari baterai menuju PV, sedangkan perlindungan polaritas terbalik untuk hubungan Baterai-BCU, harus dilengkapi dengan beberapa tambahan komponen atau rangkaian elektronik.

**f. Pemberian Informasi Kondisi Sistem ke Pemakai**

Informasi kondisi sistem yang diberikan kepada pemakai dapat berupa suara yaitu seperti misalnya **suara Alarm** atau suatu **nyala Lampu** seperti yang kita kenal pada BCU yaitu lampu LED (*Light Emitting Diode*). Informasi ini diberikan untuk memberi peringatan atau pemberitahuan kepada pemakai bahwa sistem berada di luar kondisi operasi; sistem berada dalam kondisi operasi ataupun sistem berada dalam kondisi “*emergency*”.

**g. Kriteria Penting BCU**

Kriteria yang penting perlu diperhatikan untuk pemilihan BCU antara lain adalah:

- Fungsi pengaman dan kinerjanya terpenuhi;
- handal (tidak mudah rusak);
- pabrikan sederhana; serta
- harga yang memadai.

**4.3. Inverter**

Inverter didalam PLTS berfungsi untuk mengubah arus searah (*direct current – DC*) yang dibangkitkan oleh sistem modul fotovoltaik dan baterai menjadi arus bolak balik (*alternating current – AC*), sehingga PLTS dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebagaimana disediakan oleh pembangkit konvensional (diesel genset dan PLN).

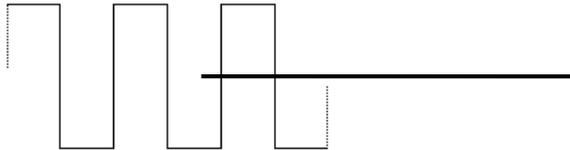
**a. Gelombang output**

Berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan, inverter diklasifikasikan menjadi 3 macam:

• **Square-wave inverter**

Bentuk gelombang yang dihasilkan diilustrasikan pada gambar 18.

Gambar 3. 20 | Square Wave

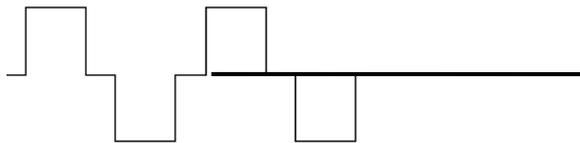


Efisiensi konversi pada *square wave inverter* dapat dikatakan tinggi (dapat mencapai 98%) dan pada umumnya sangat murah. Tetapi, inverter jenis ini tidak direkomendasikan untuk peralatan yang menggunakan motor listrik, karena tidak efisien, sering menimbulkan bunyi dan menyebabkan motor panas.

- **Modified Sine-wave Inverter**

Jenis inverter yang sering digunakan dan dipasarkan adalah inverter yang menghasilkan gelombang bentuk kotak yang dimodifikasi. Disamping harganya yang relatif murah juga efisiensinya yang masih mendekati inverter *square wave*. Meskipun demikian, inverter jenis ini bisa menimbulkan noise yang bisa mengganggu sebagian peralatan elektronik. Bahkan sama sekali tidak berfungsi jika digunakan untuk peralatan yang menggunakan fungsi timer seperti: charger baterai, light dimmer, dsb.

Gambar 3. 21 | Modified Sine Wave



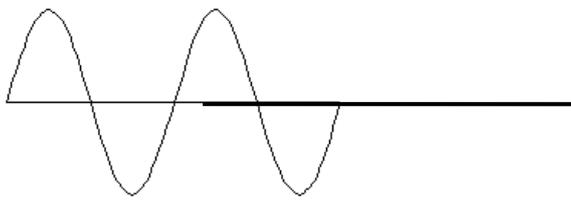
Peralatan yang mampu menggunakan inverter jenis ini misalnya: komputer, bor dan gergaji listrik, microwave, kulkas, kipas angin, pompa, dan beberapa beban motor kecil lainnya.

- **Pure Sine-wave Inverter**

Inverter jenis ini mampu menghasilkan listrik yang sama dengan listrik jaringan PLN yang tentunya lebih handal dan tidak menghasilkan gangguan noise. Bahkan

kualitasnya seringkali lebih baik dari listrik PLN. Hal ini membuatnya cocok untuk peralatan elektronik yang 'sensitif', termasuk charger baterai, motor dengan kecepatan bervariasi, serta peralatan audio/visual.

Gambar 3. 22 | Pure Sine Wave



#### 1. Klasifikasi Penggunaan Inverter

Didalam PLTS penggunaan inverter dapat dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu: grid inverter, stand-alone inverter, dan aplikasi khusus.

##### a. Grid Inverter

Merupakan inverter yang langsung mengkonversikan arus searah dari modul fotovoltaik menjadi arus bolak-balik, dan langsung dipasok/terhubung ke jaringan PLN. Inverter ini pada umumnya tidak dilengkapi dengan baterai.

##### b. Stand-alone Inverter

Merupakan inverter yang pada umumnya mengkonversikan arus searah yang berasal dari baterai. Arus modul fotovoltaik digunakan untuk mengisi baterai terlebih dahulu sebelum dikonversikan menjadi arus bolak-balik. Sesuai namanya, inverter ini pada umumnya dipergunakan untuk penyediaan listrik secara *isolated* atau *island*.

##### c. Inverter Khusus

Inverter untuk aplikasi khusus pada dasarnya merupakan suatu inverter yang dirancang untuk suatu aplikasi spesifik atau diintegrasikan kedalam suatu sistem pemakaian, Inverter untuk aplikasi spesifik yang utama adalah inverter yang

dirancang untuk keperluan penggerak pompa air. Inverter ini tidak menggunakan baterai, sehingga inverter langsung menghubungkan modul fotovoltaik langsung ke pompa air (*direct coupling*).

Selain itu inverter yang diintegrasikan dengan peralatan sedemikian rupa sehingga peralatan AC tersebut dapat langsung bekerja dengan tegangan DC. Pemakaian terbanyak untuk jenis inverter ini adalah untuk keperluan catudaya lampu neon (*tubular lamp – TL*).

## 2. Balast Elektronik

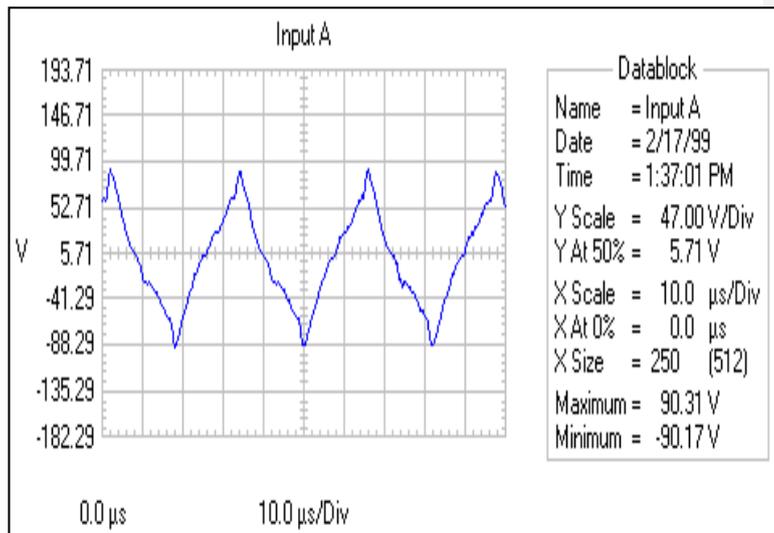
Inverter klasifikasi terakhir tersebut diatas (sebut saja inverter SHS), atau dikenal sebagai balast elektronik, yang akan dibahas didalam unit ini.

Beberapa hal penting dari balast elektronik ini:

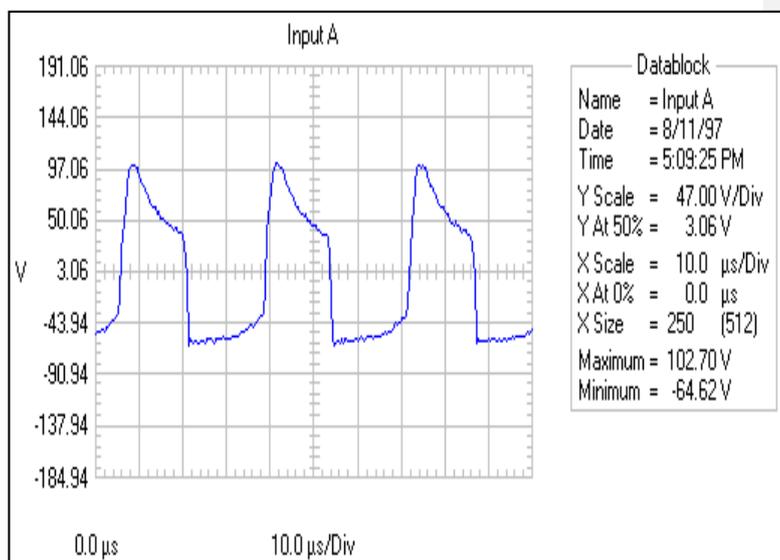
- Efisiensi dapat mencapai >80%
- karakteristik operasional dan kinerja (performance) ballast tergantung sebagian pada jenis tabung fluorescent yang dipakai
- Ballast yang baik tetapi dipakai dengan tabung fluorescent yang jelek, mungkin tidak menunjukkan kinerja terbaiknya.
- Sebagai 'Ballast' untuk lampu TL Fluorocent pada SHS. Umumnya tegangan output ac bervariasi antara 45 s/d 70 Vac(rms), dan frekuensi > 20 kHz
- Terminal output inverter umumnya ada yang 2 kabel, 3 kabel atau 4 kabel
- Harus diperhatikan adanya 'interferensi' pada gelombang radio AM Broadcast.

Dua contoh bentuk gelombang dari inverter SHS disampaikan sebagai berikut:

Gambar 3. 23 | Gelombang Output Inverter Dengan 2 Terminal



Gambar 3. 24 | Gelombang Output Pada Inverter Dengan 3 Terminal



### 3. Gangguan Gelombang Harmonis

Kualitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu neon (fluorescent) tergantung pada frekuensi dan bentuk gelombang ac dari output inverternya. Kualitas cahaya akan meningkat dengan semakin dekatnya bentuk gelombang output inverter ke bentuk gelombang sinus murni.

Harmonics pada bentuk gelombang sinus yang tidak sempurna akan membuang daya tanpa menghasilkan cahaya yang baik dan memungkinkan interferensi radio.

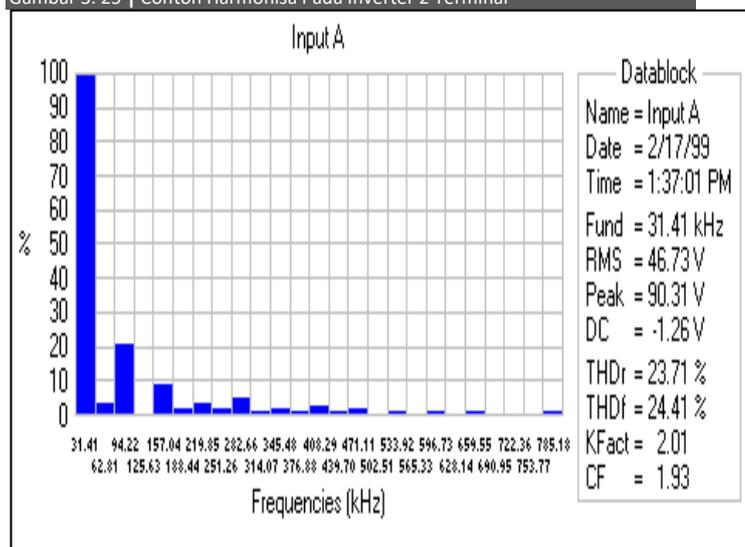
Interferensi yang dihasilkan oleh ballast merupakan masalah yang serius.

Berdasarkan data yang terkumpul, sebagian besar interferensi berada pada AM band, sedangkan Interferensi pada FM and VHF TV dapat dikatakan kecil.

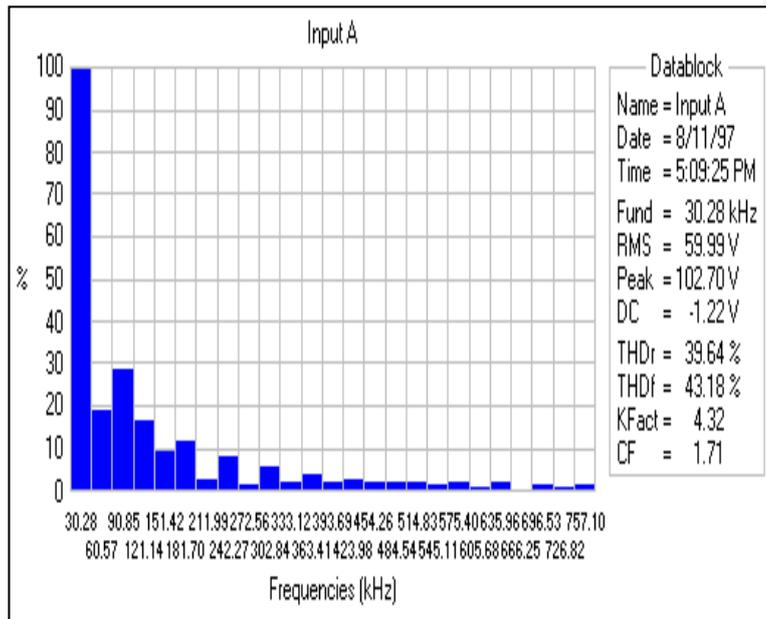
Mengatasi Radio Frequency Interference (RFI)

- Dengan Shielding dan disambung ke negative ground akan mendapatkan hasil terbaik
- Cost/benefit dari shielding ini masih diperdebatkan
- Membuat ballast yang menghasilkan gelombang menyerupai gelombang sinus sebaik mungkin.

Gambar 3. 25 | Contoh Harmonisa Pada Inverter 2 Terminal



Gambar 3. 26 | Contoh Harmonisa Pada Inverter 3 Terminal



**4. Beban**

Investasi PLTS pada dasarnya sangat mahal, karenanya agar dayaguna dari PLTS tinggi dan bersaing dengan pembangkit listrik tenaga disel (PLTD), PLTS harus mampu bekerja secara efisien dan handal.

Menggunakan rumusan yang disampaikan dimuka, suatu PLTS dengan kapasitas 100 Wp (misalnya) akan menghasilkan listrik sekitar 350 Wh per-hari. Listrik ini akan termanfaatkan dengan baik apabila digunakan peralatan yang efisien dan memiliki kehandalan (tidak mudah rusak) yang tinggi.

Secara umum, agar pemakaian energi PLTS menjadi efektif, pengelolaan bebannya juga harus optimal, yaitu:

- Menggunakan peralatan listrik yang memiliki efisiensi dan kehandalan yang tinggi

- Titik kerja beban sesuai (*match*) dengan titik kerja optimum PLTS. Hal ini akan sangat penting untuk PLTS yang tidak menggunakan baterai seperti PLTS untuk pompa air dengan skema *direct coupling*.
- Penggunaan energi secara efektif (benar-benar digunakan pada saat yang diperlukan) dan menganut asas *demand side management* (DSM)

Sebagai contoh, didalam hal penerangan saat ini, para konsumen dapat memilih untuk menggunakan lampu yang memiliki efisiensi tinggi, seperti: *compact fluorescent lamp* (CFL). Jenis lampu CFL juga dikenal sebagai *energy saving lamp* (ESL). Perkembangan tertakhir didalam sistem pencahayaan adalah mulai digunakannya (meskipun masih terbatas untuk beberapa keperluan) jenis penerangan yang menggunakan *light emitting diode* (LED).

Apabila diperbandingkan dengan lampu pijar 100W, maka kuat cahaya lampu pijar ini setara dengan lampu jenis CFL dengan daya 20 Watt atau LED dengan daya 5 Watt.

Secara umum, lampu CFL sudah dapat menggantikan peran lampu pijar atau lampu TL. Sedangkan untuk LED (menurut beberapa sumber karena sifatnya yang *monochromatic*), belum direkomendasikan untuk keperluan penerangan didalam rumah (*indoor*). Karenanya, pemakaian LED masih terbatas untuk, antara lain: penerangan jalan umum, lampu traffic, dan lampu mobil

#### A. Langkah kerja

Sebagaimana disampaikan, tidak ada tugas atau kewajiban yang perlu dilakukan dalam hal pembelajaran tentang beban ini. Kendatipun demikian apabila ada diantara siswa tertarik untuk melakukan pengujian atau karakterisasi beban, siswa dapat melakukan kegiatan percobaan sebagai berikut:

- Pengukuran dan perhitungan konsumsi energi spesifik per-output dari berbagai peralatan, misal:
  - berapa besar konsumsi listrik (Watt) dari suatu lampu per-kuat cahaya (Lumen) yang dihasilkan

- berapa besar konsumsi listrik (Watt) dari suatu motor untuk menghasilkan daya mekanik ( $Watt_{mek}$  atau HP)
- berapa besar daya listrik dari (watt) suatu pompa air terhadap daya hidrolis ( $Watt_{hyd}$ ) yang dihasilkan
- Korelasi antara efisiensi peralatan ( $\eta$ ) terhadap kapasitas pembebanan (Watt)

Korelasi antara efisiensi peralatan ( $\eta$ ) terhadap perubahan parameter kerja seperti; frekuensi atau RPM, dan tegangan listrik (Volt)

#### D. Aktivitas Pembelajaran

##### B. Tugas

Karakteristik modul surya

- a) Gambarkan karakteristik modul surya dalam bentuk kurva I-V dalam satu diagram. Berikan analisa anda!
- b) Jelaskan mengapa pengukuran pada percobaan pertama harus dilakukan sesingkat mungkin.
- c) Jelaskan pula mengapa pengukuran intensitas (kuat pencahayaan) matahari, sebagaimana diuraikan pada lembar kerja, harus dilakukan dalam interval waktu yang pendek.
- d) Menurut saudara mengapa pengukuran sebaiknya dilakukan pada saat kondisi cerah.
- e) Hitung berapa efisiensi modul fotovoltaik dari hasil percobaan Saudara.
- f) Hitung berapa nilai fillfactor dari modul fotovoltaik yang diuji.
- g) Bagaimana distribusi penyinaran matahari ditempat percobaan dan taksir berapa besar energi matahari selama satu hari persatuan luas ( $kWh/m^2$ ) melalui pengamatan dan pengukuran cuaca sesuai lebar kerja dibawah ini

##### Lembar Kerja

###### a. Karakteristik modul surya

Data-data pengukuran sebagaimana diuraikan pada bagian E dicatat pada tabel berikut:

| Jam :               |         |          | Jam<br>:            |         |          | Jam<br>:            |         |          |
|---------------------|---------|----------|---------------------|---------|----------|---------------------|---------|----------|
| G <sub>U</sub> : mV |         |          | G <sub>U</sub> : mV |         |          | G <sub>U</sub> : mV |         |          |
| Rvar                | I (Amp) | V (Volt) | Rvar                | I (Amp) | V (Volt) | Rvar                | I (Amp) | V (Volt) |
| 1                   |         |          | 1                   |         |          | 1                   |         |          |
| 2                   |         |          | 2                   |         |          | 2                   |         |          |
| 3                   |         |          | 3                   |         |          | 3                   |         |          |
| 4                   |         |          | 4                   |         |          | 4                   |         |          |
| 5                   |         |          | 5                   |         |          | 5                   |         |          |
| 6                   |         |          | 6                   |         |          | 6                   |         |          |
| 7                   |         |          | 7                   |         |          | 7                   |         |          |
| 8                   |         |          | 8                   |         |          | 8                   |         |          |
| 9                   |         |          | 9                   |         |          | 9                   |         |          |
| 10                  |         |          | 10                  |         |          | 10                  |         |          |
| 11                  |         |          | 11                  |         |          | 11                  |         |          |
| 12                  |         |          | 12                  |         |          | 12                  |         |          |

Ingat: Lakukan pengukuran sesingkat mungkin dan pada kondisi cuaca yang cerah, khususnya untuk percobaan yang pertama

Catatan: Lakukan masing percobaan untuk tipe modul monokristal, polikristal, dan amorfous.

**a. Distribusi Penyinaran Matahari**

Untuk melengkapi kegiatan pengukuran, lakukan pengamatan cuaca dan pengukuran beberapa parameter cuaca, seperti: intensitas matahari, suhu udara, dan kelembaban udara.

Maksud dari percobaan pengamatan dan pengukuran matahari adalah untuk membekali peserta dengan pengetahuan tentang: profil penyinaran matahari, perhitungan total energi matahari harian dan korelasinya terhadap parameter cuaca lainnya, seperti: suhu dan kelembaban udara. Lakukan pengamatan dan pengukuran dalam selang waktu yang pendek (paling tidak setiap 15 menit), dan catat hasil pengamatan dan pengukuran tersebut pada tabel berikut.

Jumlah energi matahari yang jatuh pada permukaan bumi selama selang waktu pengukuran dapat dihitung dengan rumus:

$$E = \frac{H \cdot \Delta t}{60} \text{ (kWh/m}^2\text{)}$$

$\Delta t$  adalah periode pengukuran (menit)

#### Distribusi intensitas radiasi matahari

| No. | Waktu | Suhu (°C) | Cuaca | Pembacaan tegangan pyranometer (mV) | Radiasi matahari (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----|-------|-----------|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1   |       |           |       |                                     |                                      |
| 2   |       |           |       |                                     |                                      |
| 3   |       |           |       |                                     |                                      |
| 4   |       |           |       |                                     |                                      |
| 5   |       |           |       |                                     |                                      |
| 6   |       |           |       |                                     |                                      |
| 7   |       |           |       |                                     |                                      |
| 8   |       |           |       |                                     |                                      |
| 9   |       |           |       |                                     |                                      |
| 10  |       |           |       |                                     |                                      |
| 11  |       |           |       |                                     |                                      |
| 12  |       |           |       |                                     |                                      |
| 13  |       |           |       |                                     |                                      |

|    |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|
| 14 |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |
| 16 |  |  |  |  |  |

Catatan: Idealnya, pengamatan dan pengukuran cuaca dilakukan selama satu hari penuh.

#### EKSPERIMENTASI BATERAI

##### A. Langkah kerja

Didalam kegiatan eksperimentasi baterai akan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

##### 1. Tujuan praktikum

Praktikum akan diarahkan untuk menghitung kapasitas dan efisiensi baterai untuk kondisi C10 dan C20. Penelitian terhadap siklus baterai tidak dilakukan karena akan memerlukan waktu yang lama.

##### 2. Tipe Baterai

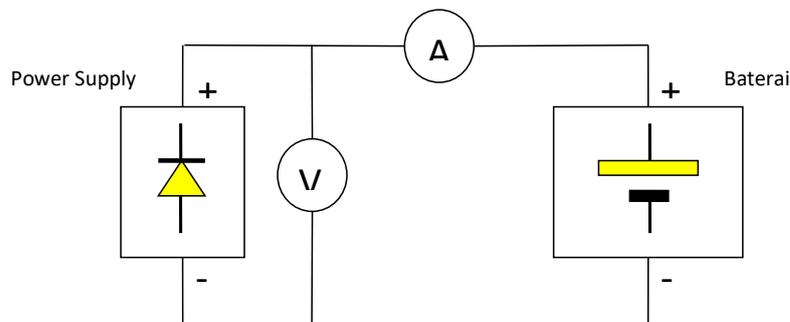
Baterai yang akan digunakan untuk penelitian adalah baterai basah asam-timbal (*flooded lead acid battery*) karena jenis baterai inilah yang banyak digunakan untuk berbagai aplikasi SESF, khususnya pada SHS.

##### 3. Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai dipilih tidak terlalu besar sehingga tidak diperlukan power supply dan beban (*ballast load*) yang besar dan mahal. Untuk keperluan ini direkomendasikan menggunakan baterai kapasitas 70 Ah / 12 VDC.

##### 4. Percobaan Pengisian

- Pastikan power supply dalam keadaan off dan semua tombol pengatur arus dan tegangan pada posisi minimum.
- Pastikan baterai dalam keadaan kosong atau tegangan baterai  $\leq 10,5$  V.
- Rangkaikan sistem pengisian baterai sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut (perhatikan polaritas power supply dan baterai).



Keterangan:            A=    arus yang terbaca pada meter power supply  
                                  B=    tegangan yang terbaca pada power supply

**Gambar 1: Rangkaian Pengisian Baterai**

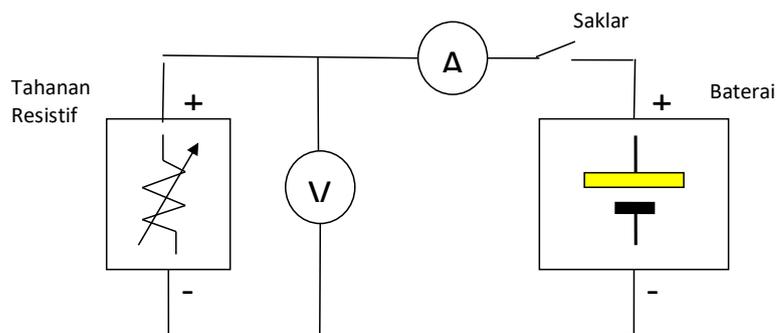
- Hidupkan power supply
- Atur arus pengisian sesuai kemampuan power supply tetapi tidak melebihi 85A. Apabila digunakan baterai dengan kapasitas lain, setting arus dilakukan tidak boleh melebihi 20% kapasitas baterai untuk menghindari overheating.
- Lakukan pencatatan baik arus dan tegangan setiap periode 15 menit
- Pada saat baterai mencapai tegangan sekitar 14,4 V, lakukan pengisian pada tegangan konstan (antara 14,4 – 14,5 V) dengan menurunkan arus pengisian secara bertahap.
- Tetap lakukan pencatatan baik arus dan tegangan setiap periode 15 menit.
- Setelah arus mencapai sekitar 0,7 A atau 1% kapasitas baterai (C10) hentikan proses pengisian.
- Integrasikan jumlah pengisian (Ah) selama proses pengisian menggunakan rumusan:

$$Ah = \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{4}$$

Dengan  $I_i$  = data arus pengisian baterai yang tercatat selama pengukuran.

### 5. Percobaan Pengurusan

- Rangkaikan sistem pengurusan baterai sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut.
- Pastikan saklar dalam keadaan terbuka (off)



Keterangan: A: arus diukur dengan multimeter  
B: tegangan diukur dengan multimeter

**Gambar 2: Rangkaian Pengurusan Baterai**

- Atur tahanan resistif sedemikian rupa sehingga  $I_{10} = 7A$  dan  $I_{20} = 3,5$  atau besar tahanan berturut-turut mendekati  $R_{10} = 1,7 \text{ Ohm}$  dan  $R_{20} = 3,4 \text{ Ohm}$ .
- Catat besar arus dan tegangan setiap periode 15 menit
- Hentikan percobaan ketika tegangan baterai mencapai 10,5 V
- Hitung kapasitas baterai, atau besar amper-jam yang dapat diambil dari baterai dengan rumusan:

$$Ah = \sum_{k=1}^n \frac{I_k}{4}$$

Dengan  $I_k$  = data arus pengurasan/pengosongan baterai yang tercatat selama pengukuran.

- Hitung dan evaluasi karakteristik baterai:
  - Hitung kapasitas baterai berturut-turut untuk C10 dan C20.
  - Efisiensi total baterai berturut-turut untuk C10 dan C20.

#### B. Lembar kerja

| n  | Pengisian (i) |     | Pengurasan (k) |     |
|----|---------------|-----|----------------|-----|
|    | I10           | I20 | C10            | C20 |
| 1  |               |     |                |     |
| 2  |               |     |                |     |
| 3  |               |     |                |     |
| 4  |               |     |                |     |
| 5  |               |     |                |     |
| 6  |               |     |                |     |
| 7  |               |     |                |     |
| 8  |               |     |                |     |
| 9  |               |     |                |     |
| 10 |               |     |                |     |
| 11 |               |     |                |     |
| 12 |               |     |                |     |
|    |               |     |                |     |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| n |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|

Jumlah pengukuran (n) disesuaikan dengan kebutuhan.

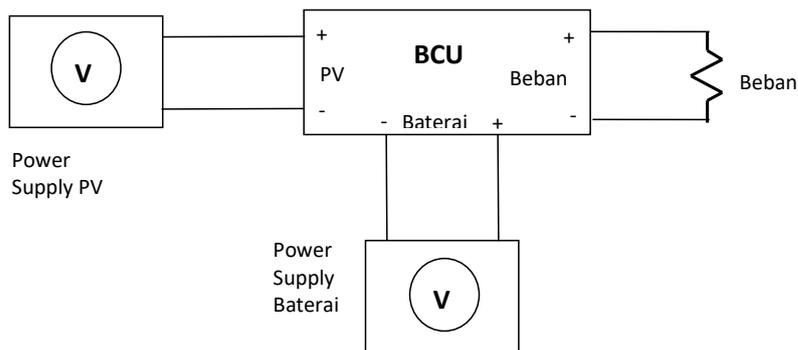
### Praktikum BCU

#### A. Langkah kerja

Siapkan rangkaian pengujian BCU seperti dibawah ini.

Pertamkali, set semua catudaya (*power supply*) pada tegangan 11 VDC. Pada saat ini lampu atau beban seharusnya tidak menyala (*load disconnect*).

Gambar 3. 27 | Rangkaian Pengujian BCU



Selanjutnya lakukan percobaan sesuai urutan langkah berikut:

#### ✓ Load reconnect

- Naikkan tegangan catudaya pada terminal baterai dengan secara perlahan
- Hentikan proses kenaikan tegangan pada saat lampu menyala
- Catat tegangan pada terminal baterai

Tegangan ini disebut sebagai *load reconnect voltage* atau tegangan hubung beban

#### ✓ Over voltage

- Naikkan tegangan catudaya pada terminal modul fotovoltaik secara perlahan.

- Hentikan proses kenaikan tegangan tepat pada saat arus dari terminal fotovoltaik menunjukkan nol
- Catat tegangan pada terminal baterai

Tegangan ini disebut sebagai *over voltage* atau tegangan batas atas baterai

#### ✓ **Under voltage**

- Turunkan tegangan catudaya pada terminal modul fotovoltaik mendekati 11 VDC
- Turunkan tegangan catudaya pada terminal baterai secara perlahan.
- Hentikan proses penurunan tegangan baterai tepat pada saat lampu mati
- Catat tegangan pada terminal baterai

Tegangan ini disebut sebagai *under voltage* atau tegangan batas bawah baterai. Tegangan ini juga dikenal sebagai *load disconnect voltage*, yaitu tegangan dimana beban akan diputus dari sistem.

#### ✓ **Proteksi Hubung Singkat**

Sesuai dengan beberapa ketentuan, BCU pada umumnya dilengkapi dengan apa yang dikenal sebagai *short circuit* atau *overload protection* (proteksi kelebihan beban atau hubung singkat - PHS). Apabila BCU yang digunakan memang dilengkapi dengan fasilitas ini, maka pengujian dapat dilakukan dengan mengganti beban dengan kawat konduktor (kabel).

#### ✓ **Proteksi Polaritas**

Proteksi polaritas merupakan suatu pengaman BCU sedemikian rupa agar BCU tidak rusak apabila terjadi kesalahan pada pemasangan kutub-kutub baterai atau modul fotovoltaik. Lakukan percobaan dengan membalikkan tegangan baik pada terminal PV maupun terminal baterai untuk beberapa saat, kemudian kembalikan pada tegangan yang benar dan periksa bila BCU masih bekerja dengan baik.

### B. Lembar kerja

Berdasarkan spesifikasi BCU dan hasil percobaan, tabulasikan data-data nya sebagai berikut:

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Merek BCU               |  |
| Tipe BCU *)             |  |
| - Shunt                 |  |
| - Series                |  |
| - MPPT                  |  |
| - PWM                   |  |
| Load Reconnect Voltage  | Volt   |
| Overcharge voltage      | Volt   |
| Under-discharge Voltage | Volt   |
| Overload protection     | <input type="checkbox"/> OK, <input type="checkbox"/> Not OK |
| Proteksi polaritas      | <input type="checkbox"/> OK, <input type="checkbox"/> Not OK |

\*) Beri tanda ✓ untuk baris yang sesuai.

### Praktikum inverter

#### A. Langkah kerja

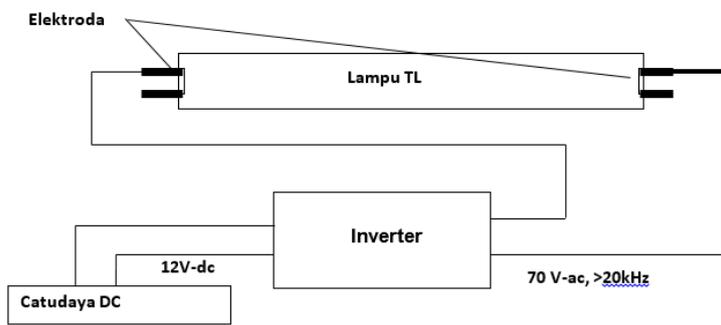
Untuk memperdalam pemahaman mengenai inverter SHS (balast elektronik) akan dilakukan beberapa percobaan pengukuran sebagai berikut:

#### ✓ Rangkaian Percobaan

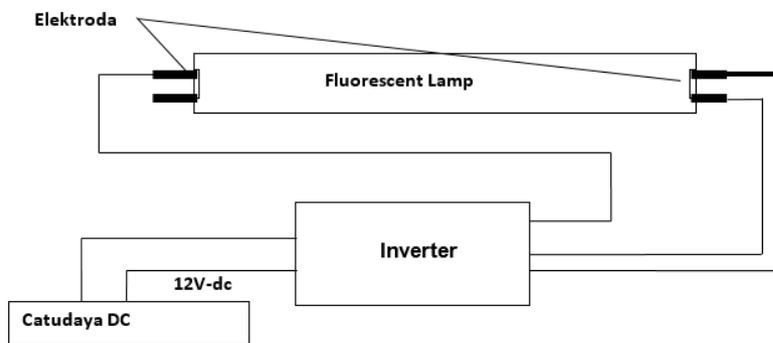
Sebagaimana dijelaskan, inverter atau balast elektronik SHS dapat dirancang dengan 2, 3 atau 4 kabel. Dengan demikian rangkaian percobaan dirangkai sesuai Gambar 28:

- a) Untuk 2 kabel
- b) Untuk 3 kabel
- c) Untuk 4 kabel

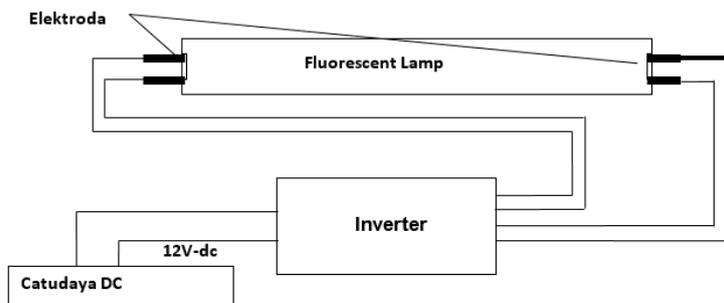
Gambar 3. 28 | Rangkaian Pemasangan Inverter



(a) Inverter dengan 2 kabel



(b) Inverter dengan 3 kabel



(c) Inverter dengan 4 kabel

✓ **Percobaan**

- Dengan Shielding dan disambung ke negative ground akan mendapatkan hasil terbaik
- Lakukan beberapa kali pengukuran dengan sistem catudaya diatur pada tegangan: 11,0 V, 11,5 V, 12,0 V, dan 12,5 V.
- Menggunakan meter pada sistem catudaya catat arus input ke inverter pada setiap setting tegangan.
- Menggunakan osiloskop amati frekuensi dan tegangan keluaran inverter.
- Secara visual, amati perubahan intensitas pada lampu TL

**B. Lembar kerja**

Catat pengamatan percobaan pada tabel berikut

| No | Input    |      | Output   |           |
|----|----------|------|----------|-----------|
|    | Tegangan | Arus | Tegangan | Frekuensi |
| 1  |          |      |          |           |
| 2  |          |      |          |           |
| 3  |          |      |          |           |
| 4  |          |      |          |           |

Praktikum Beban

**B. Lembar Kerja**

Dua contoh percobaan beban yang diberikan (sebagai contoh) pada unit pembelajaran ini meliputi pengukuran berbagai lampu dan pompa air.

✓ **Pengukuran lampu**

Alat kerja:

- 1 buah Lampu pijar 100 W
- 1 buah Lampu TL 20 W
- 1 buah Compact Fluorescent Lamp (CFL) 20 W
- 1 buah Lampu LED 5 W
- 1 buah Lux meter
- 1 buah Watt-meter

| No | Pijar |     | TL   |     | CFL  |     | LED  |     |
|----|-------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
|    | Watt  | Lux | Watt | Lux | Watt | Lux | Watt | Lux |
| 1  |       |     |      |     |      |     |      |     |
| 2  |       |     |      |     |      |     |      |     |
| 3  |       |     |      |     |      |     |      |     |
|    |       |     |      |     |      |     |      |     |
|    |       |     |      |     |      |     |      |     |
| n  |       |     |      |     |      |     |      |     |

✓ **Pengukuran pompa air:**

Alat kerja:

- 1 set pompa air
- 1 buah Watt-meter
- 2 buah Multimeter
- 1 buah manometer
- 1 buah water-counter
- 1 set perpipaa

| No | Data Kelistrikan |        |         | Data Hidrolis |      |
|----|------------------|--------|---------|---------------|------|
|    | V(Volt)          | I(Amp) | P(Watt) | Q(l/s)        | h(m) |
| 1  |                  |        |         |               |      |
| 2  |                  |        |         |               |      |
| 3  |                  |        |         |               |      |
|    |                  |        |         |               |      |
|    |                  |        |         |               |      |
| n  |                  |        |         |               |      |

### E. Rangkuman

Modul fotovoltaik adalah suatu kesatuan rangkaian yang terdiri atas beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri, atau paralel, atau kombinasi dari seri dan paralel.

Jenis modul surya antara lain monokristal, polikristal dan amorfous.

Sifat-sifat listrik dari modul surya biasanya diwakili oleh karakteristik arus tegangannya, yang mana disebut juga kurva I-V. Tegangan kerja dan arus modul fotovoltaik yang terjadi pada saat daya maksimum ( $P_{max}$ ) tercapai berturut-turut dinyatakan sebagai  $V_m$  dan  $I_m$ .

Efisiensi modul surya berdasarkan tegangan kerjanya, efisiensi modul surya selalu ditetapkan pada daya puncaknya (peak power).

Pengukuran radiasi matahari pada umumnya dilakukan dengan suatu alat yang dikenal sebagai pyranometer.

Baterai menyimpan energi listrik yang dibangkitkan modul surya pada saat matahari bersinar, dan baterai akan mengeluarkan kembali energi listrik pada saat modul surya tidak dapat lagi memenuhi permintaan energi listrik oleh beban.

Overcharge adalah suatu pengisian (charging) arus listrik kedalam baterai (Accu) secara berlebihan.

Underdischarge adalah pengurasan (pengeluaran/pelepasan) arus listrik dari baterai secara berlebihan sehingga baterai menjadi kosong sama sekali (habis Amperenya).

Inverter didalam PLTS berfungsi untuk mengubah arus searah (direct current – DC) yang dibangkitkan oleh sistem modul fotovoltaik dan baterai menjadi arus bolak balik (alternating current – AC).

Pemakaian energi PLTS yang efektif dengan pengelolaan beban optimal, seperti:

- Menggunakan peralatan listrik yang memiliki efisiensi dan kehandalan yang tinggi
- Titik kerja beban sesuai (match) dengan titik kerja optimum PLTS. Hal ini akan sangat penting untuk PLTS yang tidak menggunakan baterai seperti PLTS untuk pompa air dengan skema direct coupling.
- Penggunaan energi secara efektif (benar-benar digunakan pada saat yang diperlukan) dan menganut asas demand side management (DSM).

## F. Tes Formatif

1. Jenis sel surya yang menggunakan teknologi dengan lapisan tipis atau thin film adalah ...
  - a. Monokristal
  - b. Polikristal
  - c. Amorfous
  - d. Photons

2. Ukuran seberapa penuhnya muatan listrik dalam baterai disebut ...
  - a. State of charge
  - b. Deep of charger
  - c. Bulk charger
  - d. Absorption charger
3. Inverter yang langsung mengkonversikan arus searah dari modul fotovoltaik menjadi arus bolak-balik, dan langsung dipasok/terhubung ke jaringan PLN adalah ...
  - a. Stand alone inverter
  - b. Grid inverter
  - c. Balast inverter
  - d. Tubular inverter
4. Pemakaian energi PLTS menjadi efektif, dengan pengelolaan pemakaian sebagai berikut ....
  - a. Peralatan listrik yang handal
  - b. Penggunaan energi pada saat yang diperlukan
  - c. Titik kerja beban optimum PLTS
  - d. Penggunaan energi secara berkala
5. Gangguan gelombang listrik akan membuang daya tanpa menghasilkan cahaya yang baik dan memungkinkan interferensi radio disebabkan oleh ....
  - a. Harmonics pada bentuk gelombang sinus yang tidak sempurna
  - b. Tegangan listrik yang selalu berubah-ubah
  - c. Arus listrik kurang memenuhi kebutuhan
  - d. Frekuensi listrik terlalu tinggi

### **G. Kunci Jawaban**

1. c
2. a
3. b
4. b
5. a

## KEGIATAN PEMEBELAJARAN 4 : PEMASANGAN PLTS SHS DAN POMPA AIR

### A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 4 pemasangan PLTS SHS dan Pompa air peserta mampu melakukan pemasangan dan pengoperasian pembangkit listrik tenaga surya untuk *solar home system* dan pompa air

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi, peserta mampu :

- ✓ Mengidentifikasi komponen PLTS SHS dan Pompa air
- ✓ Melaksanakan pengujian komponen PLTS SHS dan Pompa air
- ✓ Melaksanakan pemasangan instalasi PLTS SHS dan Pompa air

### C. Uraian Materi

#### 4.1. Keselamatan Kerja

Prosedur keselamatan utama pada percobaan kali ini lebih kepada hal-hal yang berhubungan dengan lead-acid baterai.

Pada percobaan kali ini, tidak disarankan menyentuh atau memindah-mindahkan baterai. Untuk mendapatkan informasi spesifikasi baterai, dapat dilakukan dengan membuka penutup baterai di bagian atas baterai, sehingga tidak perlu mengangkat-angkat atau membolak-balikkan baterai.

Jika tanpa sengaja larutan asam tertumpah dari baterai, segera netralisir asam baterai yang tumpah dengan bubuk *baking soda* atau deterjen yang sudah dicampur dengan air (hati-hati agar larutan asam tersebut tidak menciprat saat mencampur dengan larutan deterjen). Untuk itu sebaiknya sediakan sedikit deterjen, ember dan air ledeng di lokasi percobaan.

Hindari 3(tiga) hal tentang baterai yang membahayakan, seperti:

- Bahaya larutan baterai Accu Zuur atau asam baterai, jangan sampai tersentuh kulit;
- Hubung singkat pada batere;

- Merokok dekat batere. Pada saat charging baterai menghasilkan gas hidrogen yang bersifat eksplosif, untuk itu hindari adanya loncatan bunga api atau *spark* di sekitar baterai;

Jika diperlukan, pergunakan topi keselamatan: sarung tangan dan pelindung mata. Hal lain adalah melakukan pengoperasian sesuai dengan urutan prosedur untuk melindungi komponen-komponen sistem dari kerusakan. Khusus untuk baterai dihubungkan paling akhir ke sistem, setelah selesai memeriksa rangkaian secara keseluruhan.

#### 4.2. Peralatan Komponen PLTS

##### 1. Modul surya

- Kapasitas : 50 Wp
- Jumlah : 1 buah

##### 2. Kotak baterai, dilengkapi BCU dan saklar

- Jumlah : 1 unit

##### 3. Baterai/Accu

- Jumlah : 1 buah

##### 4. Rangka penyangga modul fotovoltaik

##### 5. Kabel daya Fotovoltaik

- Tipe : Outdoor serabut, 2 x 2,5 mm
- Jumlah : 7m

##### 6. Kabel instalasi

- Tipe : Indoor serabut, 2 x 1,5 mm
- Jumlah : 25m

##### 7. Lampu, meliputi:

- Box lampu
- Inverter lampu (balast elektronik)
- Tabung Lampu TL, 10 W
- Jumlah: 3 set

#### 8. Aksesoris/Utility

- Jumlah: 1 set

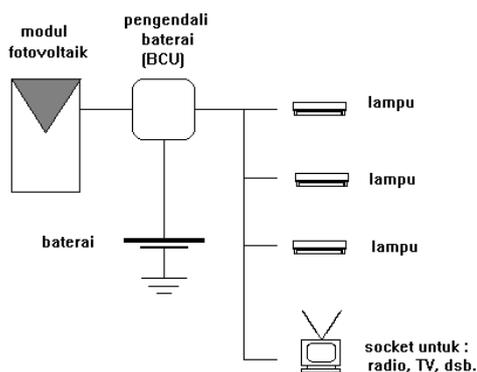
#### 4.3. Solar home system

SESF Individual (yang umum disebut Solar Home System) di Indonesia pada umumnya mempunyai tegangan kerja 12 Volt DC, dengan kapasitas modul surya berkisar antara 50 Wp sampai dengan 300 Wp. Paket yang paling banyak tersedia dipasar adalah paket sistem dengan kapasitas modul surya 50 Wp.

Sistem SHS ini umumnya dipasang pada rumah-rumah di daerah terpencil dengan pola penyebaran rumah yang terpencar.

SHS selain terdiri dari modul surya juga terdiri dari komponen-komponen lain seperti baterai dengan kapasitas 70 Ah, sistem pengontrol kondisi baterai (BCR), Lampu DC 12 volt, dan stop kontak, seperti pada gambar berikut ini:

Gambar 4. 1 | Sistem penerangan individual atau Solar Home System (SHS)

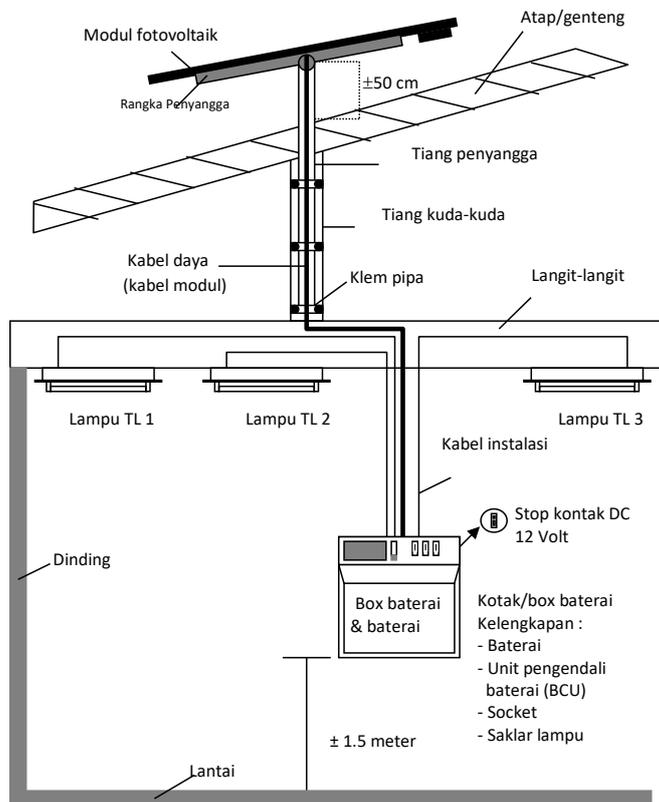


**a. Langkah Kerja**

1. Cara pemasangan SHS

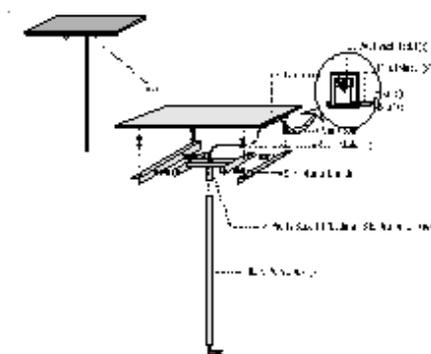
- Pasang Kabel daya di modul dengan memperhatikan kutub positif (+) dan kutub negatif (-).
- Pasang modul fotovoltaik pada penyangganya dengan kuat.

Gambar 4. 2 | Skema pemasangan SHS (3 lampu)



- Pasang tiang penyangga di kuda – kuda atap rumah dengan ujungnya menembus atap rumah kurang lebih 50cm, berikutnya masukkan kabel daya ditiang penyangga lalu pasang dan arahkan modul mengikuti arah utara, lalu kunci atau putar skrup penyangga modul.
- Pasang kotak baterai di dinding terdekat dengan tempat modul terpasang dengan ketinggian kurang lebih 1.5 meter dari lantai.
- Hubungkan kabel daya dari modul ke terminal modul yang terletak pada kotak baterai dan pasang kutub yang sesuai.
- Pastikan saklar dalam posisi off /mati.
- Pasang lampu – lampu ditempat yang diinginkan, dengan menggunakan kabel instalasi hubungkan kutub (+) dan (-) inverter yang ada di lampu dengan kutub yang sesuai pada SW1 – SW3.
- Pasang baterai/accu di kotak bateraii lalu pasang kabel bateraii dari BCU ke kepala bateraii/accu dengan kutub positif (+) dan negatif (-) yang sama.
- Bila lampu indikator merah menyala berarti listrik habis, oleh sebab itu tunggu pengisian listrik dari matahari sampai lampu indikator merah mati dan tekan saklar indikator untuk mengetahui berapa persen (10% - 100%) listrik yang tersimpan.
- Nyalakan lampu dengan menekan saklar pada posisi On.

Gambar 4. 3 | Skema pemasangan modul ke dudukan modul



b. Cara pemasangan tiang penyangga modul :

- Rangkaikan *kabel modul (a)* ke *box panel modul (b)* sesuai dengan kutub (+) dan (-) masing - masing.
- Pasang 2 (dua) *siku (d)* ke *profile T (e)* dengan mur baut yang telah tersedia.
- Pasang *tiang penyangga (f)* di kuda - kuda atau dinding/tiang rumah keluar menembus atap sepanjang  $\pm 50$  cm. Pasang klem U yang disediakan (3 buah) dengan rapat (usahakan jangan sampai goyang atau berputar).
- Pasang profile T yang sudah diset pada langkah 2 ke tiang peyangga.
- Masukkan kabel modul ke lubang yang sudah disediakan di bagian atas profile T sampai keluar melalui bagian bawah tiang penyangga.
- Pasang modul ke aluminium siku dan kunci dengan mur baut (4 buah) yang telah disediakan.
- Posisikan modul ke arah utara dengan cara memutar profileT. Kunci 2 (dua) mur yang ada.

c. Berbagai pilihan pemakaian beban/lampu

Tabel 4. 1 | Variasi beban lampu SHS

| Pilihan | Jenis Beban             | Jumlah Beban (watt) | Lama Pemakaian (Jam) | Total Pemakaian Watt-jam ( Wh ) |
|---------|-------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------------|
| A       | Lampu ruang tamu (TL.1) | 10                  | 6                    | 160 Wh                          |
|         | Lampu dapur (TL. 2)     | 10                  | 2                    |                                 |
|         | Lampu teras (TL. 3)     | 10                  | 8                    |                                 |
| B       | Lampu ruang tamu (TL.1) | 10                  | 5                    | 180 Wh                          |
|         | Lampu dapur (TL. 2)     | 10                  | 2                    |                                 |
|         | Lampu teras (TL. 3)     | 10                  | 11                   |                                 |
| C       | Lampu ruang tamu (TL.1) | 10                  | 6                    | 180 Wh                          |
|         | Lampu dapur (TL. 2)     | 10                  | 2                    |                                 |
|         | Lampu teras (TL. 3)     | 10                  | 8                    |                                 |
|         | Radio/tape              | 5                   | 4                    |                                 |
| D       | Lampu ruang tamu (TL.1) | 10                  | 3                    | 175 Wh                          |
|         | Lampu dapur (TL. 2)     | 10                  | 5                    |                                 |
|         | Lampu teras (TL. 3)     | 10                  | 5                    |                                 |
|         | TV hitam putih          | 15                  | 3                    |                                 |

#### 1.4. Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF)

##### ❖ Peralatan SESF

1. Modul surya :
  - Kapasitas : 50 Wp
  - Jumlah : 4 buah
2. Baterai :
  - Kapasitas : 100 Ah/12VDC
  - Jumlah : 1 buah
3. Inverter:
  - Kapasitas : 200 Watt
  - Input : 12 VDC
  - Output : 230 VAC/ 50 Hz
  - Jumlah : 1 buah
4. Beban :
  - Jenis : Lampu Pijar
  - Kapasitas, Jumlah : 25 Watt, 1 buah

50 Watt, 1 buah

100 Watt, 2 buah
5. Alat Ukur
  - Multimeter : 1 buah
  - Clamp meter : 1 buah
6. Perlengkapan instalasi:
  - Kuci pas : 1 set
  - Obeng : 1 set
  - Berbagai jenis tang : 1set
  - Cutter : 1 buah
7. Rangka penyangga modul fotovoltaik
  - Jumlah: 1 set

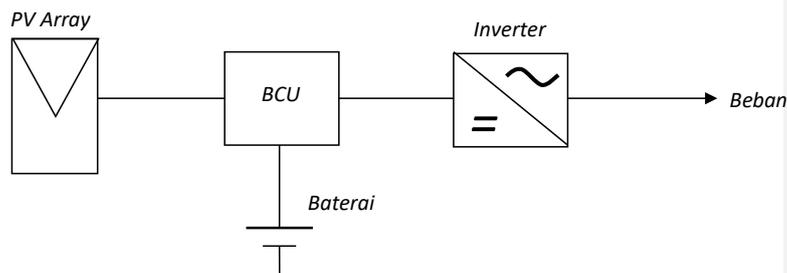
#### ❖ Sistem energi surya fotovoltaik

SESF terpusat diaplikasikan untuk memasok listrik di daerah terpencil dengan pola penyebaran rumah yang terkumpul atau kawasan dengan kepadatan rumah yang cukup banyak.

Sistem terpusat ini umumnya mempunyai keluaran sistem tegangan 220VAC (sama dengan sistem PLN), karena itu diperlukan inverter untuk mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik

Blok diagram sistem SESF terpusat dapat dilihat pada gambar 5:

Gambar 4. 4 | Blok diagram Sistem SESF terpusat



#### 1. Panel surya

Modul fotovoltaik sebagai komponen utama dari SESF terpusat, pada umumnya menggunakan tipe monokristal dan/atau polikristal berbasis silikon.

Untuk keperluan pemasangan, modul fotovoltaik dilengkapi dengan box koneksi (*junction box*) termasuk *blocking-diode*, bingkai modul, dan kerangka penyangga modul.

#### 2. Pengendali Baterai (BCU)

Fungsi pengendali baterai (*battery control unit* - BCU) adalah untuk melindungi baterai dari pengisian berlebihan (*over charged*) dan pengosongan habis-habisan (*over discharged*), karena hal tersebut dapat mempercepat kerusakan baterai. Baterai dikatakan rusak apabila baterai tidak dapat lagi menyimpan listrik dalam batas waktu yang diharapkan.

Pada dasarnya terdapat dua tipe pengendali BCU yang tersedia, yaitu : tipe seri dan paralel. Pada tipe seri, apabila kapasitas baterai telah maximum atau penuh maka hubungan modul fotovoltaik ke baterai akan diputus dengan cara mengaktifkan suatu *relay* (baik secara mekanik maupun elektronik). Sedangkan pada BCU tipe paralel, keluaran modul fotovoltaik akan dihubung-singkatkan apabila baterai telah penuh.

Kelengkapan BCU antara lain terminal-terminal untuk modul fotovoltaik, baterai dan beban. Selain itu, BCU pada umumnya dilengkapi dengan berbagai indikator, seperti : lampu indikator LED, atau berupa layar (dan panel) yang dapat mengindikasikan bahwa baterai dalam keadaan normal, pengisian atau kosong. Apabila indikator baterai kosong menyala (tegangan baterai turun sampai tegangan lepas - *disconnect voltage*), maka semua hubungan beban akan diputus dan akan tersambung kembali apabila baterai telah penuh atau normal kembali (pada tegangan baterai mencapai tegangan terhubung - *reconnect voltage*).

### 3. Baterai

Fungsi baterai adalah didalam SESF pada umumnya untuk keperluan menyimpan listrik yang dibangkitkan oleh modul fotovoltaik pada siang hari dan digunakan untuk memasok listrik ke beban pada malam hari.

Dewasa ini terdapat banyak jenis baterai yang pada dasarnya disesuaikan untuk keperluan tertentu. Jenis baterai yang sudah terbukti handal untuk keperluan SESF adalah baterai stasioner dari jenis *lead acid*.

Pada percobaan ini digunakan baterai lead-acid tipe baterai starter yang sering digunakan pada kendaraan mobil.

Baterai stasioner pada umumnya dirancang untuk pemakaian arus relatif kecil tetapi dalam jangka waktu yang lama. Karenanya permukaan sel aktif yang

luas tidak diperlukan sehingga jumlah rugi-rugi baterai (*self discharge*) dapat ditekan dan baterai dapat bekerja lebih efisien.

Disamping itu konstruksi baterai stasioner pada umumnya dirancang sedemikian rupa sehingga erosi material aktif pada saat gasing dapat ditekan minimum dan ruang pengendapan untuk sel-sel yang telah dibuat cukup (menghindari kemungkinan hubung singkat internal) sehingga baterai dapat berumur lebih lama.

Umur baterai ditentukan oleh mekanisme degradasi (berkurangnya sel-sel aktif), korosi, dan kejadian hubung singkat.

Penyebab proses penuaan baterai yang terutama karena :

- baterai sering mengalami kekosongan (*over discharged*)
- pengisian yang berlebihan (*over charged*)
- pemeliharaan yang tidak memadai

Dua alasan pertama dapat dihindarkan dengan cara penghitungan kapasitas baterai (*battery sizing*) yang optimal dan dilengkapi dengan BCU yang tepat.

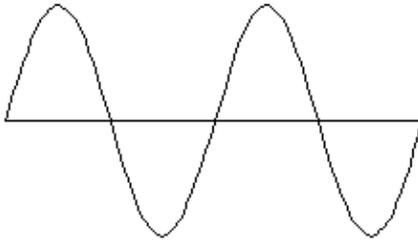
#### 4. Inverter

Inverter mengubah listrik DC dari panel surya menjadi listrik AC, yang sesuai dengan kebutuhan beban. Tegangan keluaran biasanya 230VAC, 50Hz.

Tegangan input DC inverter menunjukkan jumlah modul yang harus disambungkan secara seri, sedangkan tegangan output AC menjelaskan tegangan AC beban yang digunakan.

Jenis gelombang AC yang dihasilkan sebaiknya *Pure Sine Wave* atau gelombang AC murni. Gelombang AC murni sesuai dengan kebutuhan rata-rata peralatan rumah tangga, karena tidak menimbulkan gangguan listrik berupa *noise*.

Gambar 4. 5 | Bentuk gelombang *Pure Sine Wave*



#### ❖ Langkah kerja

Ruang lingkup kegiatan instalasi meliputi pekerjaan pemasangan dan konstruksi modul surya, instalasi listrik dan pengkabelan. Bagian berikut menjelaskan petunjuk pemasangan setiap komponen dan sub-sistem PLTS terpusat.

SESF terpusat terdiri atas 4 komponen utama yaitu meliputi :

- Modul surya
- BCU
- Baterai
- Inverter

Dilihat dari bentuk kegiatannya, instalasi sistem ini meliputi: pekerjaan elektrikal, mekanikal dan sipil. Namun untuk mempersempit ruang lingkup, pekerjaan sipil tidak disertakan pada percobaan kali ini.

Pekerjaan elektrikal yang perlu dilakukan adalah:

- Pekerjaan pemasangan dan pengkabelan modul.
- Sistem instalasi kabel pada junction box, combiner box, baterai, dan inverter.

Pekerjaan mekanikal yang perlu dilakukan adalah:

- Pemasangan meja atau penyangga modul fotovoltaik.
- Pemasangan penyangga dan blok baterai.

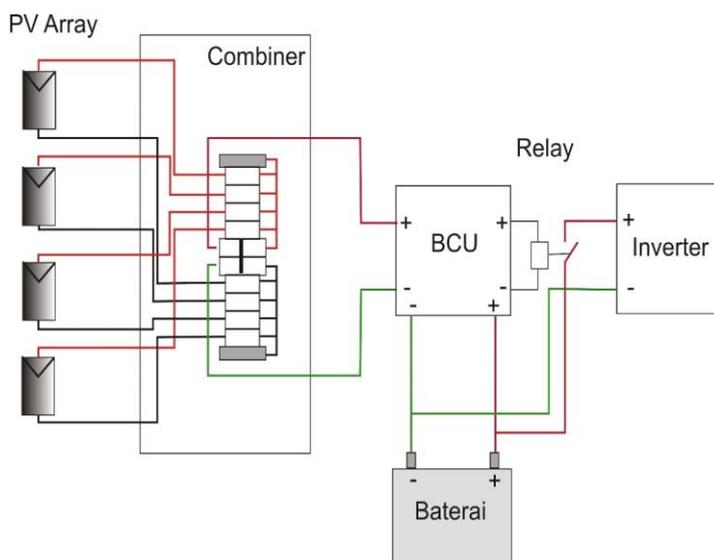
#### Pemasangan Rangka Penyangga

Siapkan rangka penyangga modul fotovoltaik sesuai petunjuk pemasangan. Pasang setiap komponen SESF Terpusat, yaitu ; modul fotovoltaik, panel combiner, BCU, baterai dan inverter, pada tempat yang telah disediakan.

#### Rangkaian

Lakukan pengkabelan SESF terpusat, sesuai dengan diagram berikut :

Gambar 4. 6 | Setup SESF terpusat



#### 1. Modul Fotovoltaik

Modul fotovoltaik berjumlah 4 buah dipasang pada suatu penyangga sedemikian rupa sehingga membentuk 2 grup generator fotovoltaik. Setiap grup terdiri atas 2 modul fotovoltaik. Setiap bagian penyangga modul fotovoltaik terbuat dari struktur besi yang diberi lapisan galvanis sehingga memberikan perlindungan terhadap kemungkinan timbulnya karat.

Untuk memudahkan transportasi, meja modul dirancang dan dibuat dalam bentuk knock-down dan pengesetan akan dilakukan pada saat pemasangan dilokasi.

Pemasangan modul dilakukan setelah semua meja terpasang dan diperiksa kelurusannya untuk menghindari terjadinya moment yang bekerja pada modul fotovoltaik.

## **2. Baterai**

Baterai bisa terjadi peristiwa yang berakibat fatal, misalnya :

- Arus hubung singkat yang besar.
- Baterai dapat membangkitkan gas asam.

Karenanya, sebelum memulai dengan pekerjaan pemasangan baterai beberapa petunjuk keselamatan harus diperhatikan :

- Selalu menggunakan kaca mata pengaman dan siapkan selalu air bersih dalam jumlah cukup untuk pertolongan pertama dalam keadaan darurat.
- Pada saat bekerja dengan larutan asam baterai (accu zur) gunakan selalu sarung tangan karet dan hindarkan kontak dengan larutan asam baterai.
- Apabila menggunakan alat-alat mekanikal, seperti: obeng, tang dan kunci pas, harus digunakan dengan sangat hati-hati. Apabila mungkin gunakan peralatan yang terisolasi dengan baik guna menghindari terjadinya hubung singkat.
- Gunakan alas kaki yang mempunyai isolasi yang baik, apabila dimungkinkan gunakan sepatu yang dirancang khusus untuk keperluan pekerjaan listrik.
  
- Pikirkan baik-baik langkah yang akan dilaksanakan, kemudian lakukan secara bertahap, hati-hati, dan hindarkan kondisi terburu-buru.

- Pada saat pengisian larutan elektrolit baterai, usahakan agar dilakukan pada tempat yang bersih, kering dan memiliki sirkulasi udara yang baik.

Baterai yang digunakan merupakan jenis baterai asam-timbal (*lead acid*) dari tipe *stationary*. Baterai tersebut dikirim dalam keadaan kering-terisi (*dry-charged*), yaitu belum diberi larutan elektrolit tetapi telah diberi muatan listrik. Larutan elektrolit atau asam baterai disimpan pada tempat tersendiri, dan dituangkan kedalam baterai pada kesempatan terakhir yaitu pada saat baterai siap dipasang.

Langkah-langkah pemasangan baterai adalah sebagai berikut:

1. Periksa suhu dan berat jenis larutan elektrolit. Jika yang digunakan adalah baterai *lead-acid stationary* maka siapkan larutan elektrolit dalam jumlah yang cukup dan sesuai dengan ketentuan yang dianjurkan oleh pabrikan.
2. Isikan larutan elektrolit yang telah disiapkan kedalam baterai sampai batas atas yang dianjurkan. Pada saat larutan baterai diisi suhu larutan akan meningkat karena terjadinya reaksi elektro-kimia didalam baterai.
3. Usahakan tidak ada larutan elektrolit yang tercecer pada permukaan baterai, apabila terjadi sebaliknya bersihkan menggunakan lap yang lembab dan cuci lap tersebut dengan air yang banyak.

#### **4. Sistem Pengkabelan**

1. Pastikan semua saklar dan sekering pada tiap sub-sistem dalam keadaan "OFF".
2. Menggunakan kabel modul rangkai hubungan seri dari modul fotovoltaik melalui junction box di belakang modul sehingga membentuk satu jaringan generator fotovoltaik sesuai gambar 8.
3. Hubungkan kutub positif dan kutub negatif dari rangkaian generator fotovoltaik pada combiner box sesuai gambar 8.

4. Pasang panel baterai pada lokasi yang telah ditentukan dan pastikan sekering pada panel baterai sudah dilepas. ;
5. Pastikan seluruh pengkabelan baterai sudah benar, kemudian rangkakan ke BCU.
6. Hubungkan ujung-ujung kabel yang berasal dari junction box, dan baterai pada terminal yang sesuai. Pastikan polaritas kabel tidak terbalik
7. Hubungkan inverter ke BCU, dan terakhir ke baterai.
8. Rangkai sistem pentanahan.
9. Pastikan warna polaritas kabel tidak terbalik.
10. Hubungkan soket listrik AC pada inverter, untuk siap digunakan beban AC.

#### **2.4. PLTS untuk Pompa air**

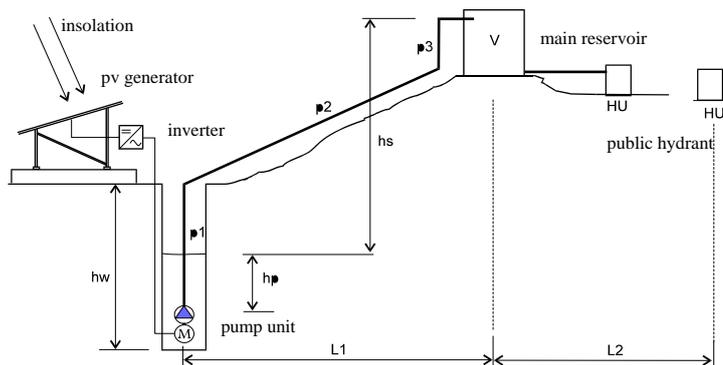
##### **Peralatan komponen PLTS untuk pompa air**

1. Unit SESF Terpusat
  - Kapasitas: 200 Wp (sebagaimana diuraikan pada pembelajaran ke 2)
2. Pompa air
  - Jumlah: 1 unit
  - Daya: maksimum 75 Watt
  - Head: min 20 meter
3. Bak air
  - Jumlah: 2 buah
  - 1(satu) buah berfungsi sebagai sumber air
  - 1(satu) buah berfungsi sebagai penampung air
4. Alat Ukur
  - Water counter (water meter), 1 buah
  - Manometer, 1 buah
  - Wattmeter, 1 buah
5. Sistem perpipaan & komponen pendukung (kran, klep, knee, dsb)

##### **Pompa Air tenaga surya**

Deskripsi umum instalasi pompa air tenaga surya yang ada di lapangan, dapat diilustrasikan seperti gambar 4 berikut:

Gambar 4. 7 | Skema umum instalasi pompa air tenaga surya



Peralatan utama sistem pompa air tenaga surya terdiri dari: modul surya, inverter dan unit pompa air.

### 1. Panel surya

Panel surya terdiri dari beberapa modul surya yang menghasilkan energi listrik dari insolasi matahari. Panel surya tersebut dirangkai sedemikian rupa sehingga menghasilkan daya yang dibutuhkan pompa air dan sesuai dengan output listrik inverter.

### 2. Inverter

Inverter mengubah listrik DC dari panel surya menjadi listrik AC, yang sesuai dengan kebutuhan daya AC pompa air.

Tegangan input DC inverter menunjukkan jumlah modul yang harus disambungkan secara seri, sedangkan tegangan output AC menjelaskan tipe motor pompa air yang bisa digunakan.

## 5.5. Pompa air

Pompa air yang ada digunakan di lapangan umumnya adalah pompa air submersible. Jenis pompa ini sudah terbukti kehandalan dan ketahanannya untuk kegunaan sistem penampungan air.

### **Storage tank dan pipa air**

Pompa air berfungsi menyedot air dari sumbernya untuk ditampung di storage tank yang kemudian mengalirkannya secara alami melalui gaya gravitasi ke pipa-pipa pengguna.

Volume *storage tank* tersebut harus dirancang untuk kebutuhan pada saat musim kemarau ataupun saat mendung yang menyebabkan berkurangnya penyinaran matahari.

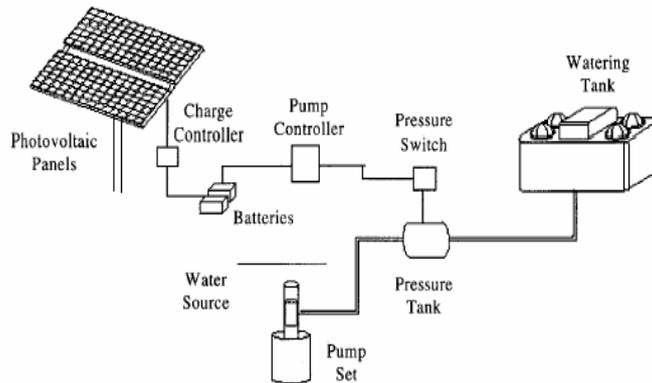
Selain hambatan penyinaran matahari dan ketersediaan air pada masa-masa tertentu, rugi-rugi akibat gesekan air di pipa juga perlu diperhitungkan pada saat merancang sistem pompa air.

Ada dua tipe umum system pompa air tenaga surya: *battery-coupling* dan *direct-coupling*.

#### **a. Battery-coupling**

Sistem ini melibatkan baterai untuk menyimpan energi, sehingga pompa masih dapat beroperasi di malam hari atau saat tidak ada penyinaran. Sistem terdiri dari panel surya, BCU, pengontrol pompa, *pressure switch* dan tangki, dan pompa air DC. Arus listrik yang dihasilkan panel surya digunakan untuk mengisi baterai, yang kemudian menyuplai pompa air kapanpun dibutuhkan.

Gambar 4. 8 | Sistem pompa air tenaga air Battery-coupling



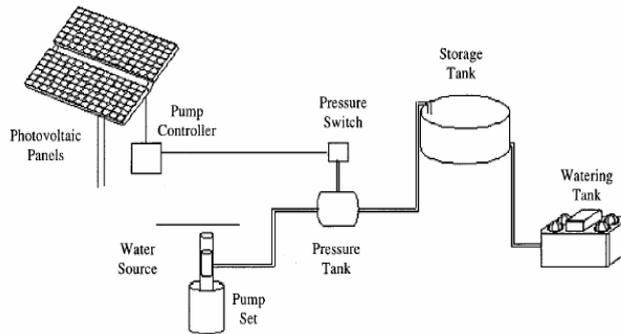
#### b. Direct-coupling

Cara kerja sistem ini, listrik yang dihasilkan oleh modul surya langsung disuplai ke pompa. Pompa beroperasi dengan memompa air melalui pipa-pipa air untuk dialirkan ke tanki air.

Sistem pompa air tenaga surya pada umumnya di negara berkembang tidak menggunakan baterai sebagai penyimpan energi, karena ini akan mengurangi efisiensi dan tidak ekonomis. Karenanya sistem ini dirancang untuk bekerja pada saat matahari bersinar. Sehingga besar tanki air sebaiknya sudah diperhitungkan untuk memasok kebutuhan di saat musim penghujan atau cuaca mendung berhari-hari.

Banyaknya air yang tertampung per hari tergantung dari banyaknya penyinaran, dan juga pemasangan sudut kemiringan modul surya. Selain itu pemilihan pompa juga berpengaruh.

Gambar 4. 9 | Sistem pompa air tenaga surya tipe direct coupling

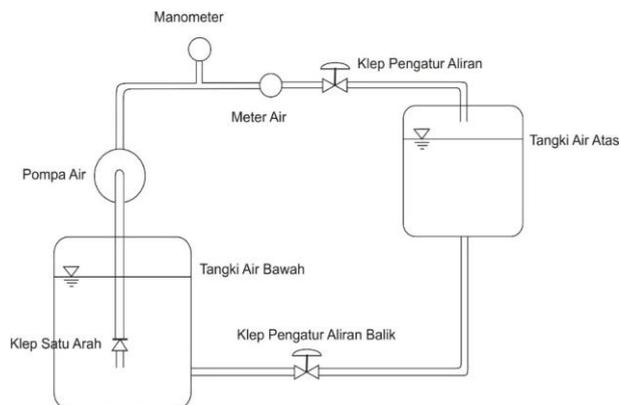


#### A. Langkah kerja

Untuk memberikan pemahaman terhadap pemasangan SESF untuk sistem pompa air, akan diberikan melalui pelatihan pemasangan unit simulasi pompa air. SESF yang digunakan untuk catudaya pompa air digunakan SESF terpusat sebagaimana diuraikan atau dijelaskan pada unit pembelajaran terdahulu.

Skema simulasi pompa air diperlihatkan pada gambar dibawah ini:

Gambar 4. 10 | Setup percobaan pompa air tenaga surya



Rangkai pipa-pipa sesuai gambar 5, hubungkan pipa-pipa tersebut dengan peralatan berikut :

- Pompa air
- Manometer
- Debit meter/meter air
- Klep pengatur aliran atas
- Klep pengatur aliran balik
- Tangki air bawah sebagai simulator sumber air
- Tangki air atas sebagai penampung air

- 1) Isi tangki air bawah dengan air hingga di atas klep air, yang berfungsi sebagai simulator sumber air.
- 2) Atur klep pengatur aliran pada tangki air atas untuk mendapatkan debit yang diinginkan.
- 3) Atur juga klep pengatur aliran balik untuk mengembalikan air dari tangki air atas ke tangki air bawah.

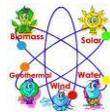
#### D. Aktivitas Pembelajaran

Lembar kerja 1. Pemasangan dan pengoperasian shs 3 lampu dc



**Pemasangan  
pengoperasian  
Lampu DC**

**Dan  
SHS 3**



##### I. Tujuan LK

- a. Peserta diklat dapat memasang SHS dengan beban 3 Lampu.
- b. Peserta diklat dapat mengoperasikan SHS 3 lampu Neon.

## II. Materi Singkat

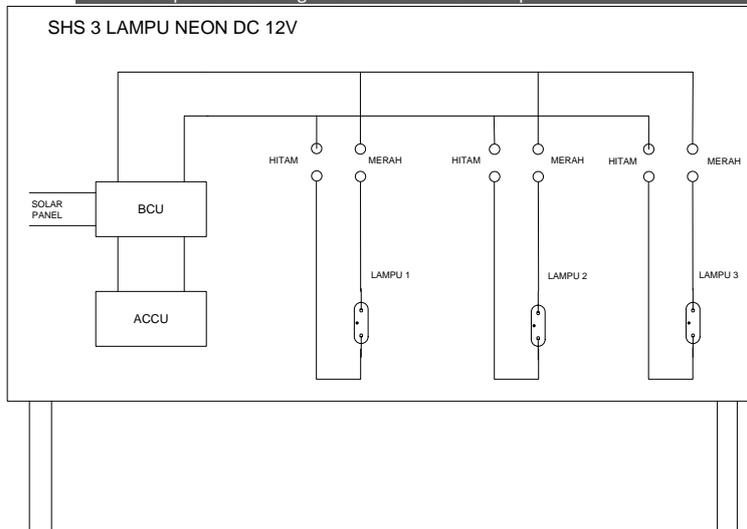
Solar House Sistem ini terdiri dari Panel Surya, Baterai Control Unit dan Beban 3 Lampu Neon DC 12V. Panel menghasilkan tegangan DC yang langsung diisikan ke Akumulator. Untuk pengisiannya menggunakan BCU (Baterai Control Unit). Pada BCU terdapat indikator baterai dan Saklar untuk tiga lampu. Indikator mampu memberikan informasi mengenai level baterai, beban lebih dan saat pengisian berlangsung seperti pada gambar 1.

Gambar 1. | Panel BCU

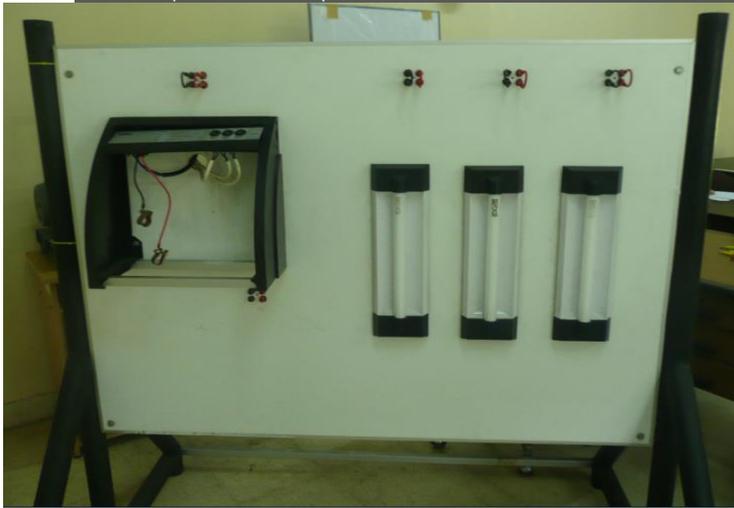


Ada tiga buah saklar yang masing-masing untuk Lampu 1, lampu 2, dan lampu 3.

Gambar 2. | Skematik Pengkabelan Panel SHS 3 Lampu



Gambar 2. | Panel SHS 3 Lampu



### III. Alat/Bahan

- i. Panel Surya
- ii. Panel SHS 3 Lampu
- iii. BCU
- iv. Baterai 12V
- v. Lampu TL 3 Buah 10W/12VDC
- vi. Sambungan BNC

### IV. Langkah Kerja

- a. Gunakan solder 30W-40W.
- b. Panaskan solder dan simpan pada tempat yang telah disediakan.
- c. Jangan menghirup asap dari solder.
- d. Periksa komponen sesuai daftar komponen
- e. Pasang komponen sesuai dengan schematic rangkaian jika belum terbiasa membaca komponen, tanyakan pada instructor/widayiswara.

- f. Solder komponen yang sudah terpasang.
- g. Potong kaki komponen yang masih panjang dengan tang potong.
- h. Pasang kabel sesuai kebutuhan.
- i. Gunakan Pompa solder jika terjadi kesalahan dalam pemasangan komponen.
- j. Lakukan pengujian. Gunakan osiloskop untuk melihat bentuk gelombang dan tegangan keluarannya.
- k. Lakukan ujicoba menggunakan Lampu 20W

#### V. Evaluasi

- a. Dari rangkaian yang telah dibuat berapakah daya maksimum dari inverter tersebut?
- b. Dari Skematik rangkaian gambar kan blok diagramnya?
- c. Bandingkan ketiga mode inverter tersebut buat dalam table kelebihan dan kekurangan masing-masing?

#### Lampiran 1: IC7400

Lembar kerja 2. Pemasangan dan pengoperasian adjustable shs



**Pemasangan Dan pengoperasian Adjustable SHS**



#### I. Tujuan LK

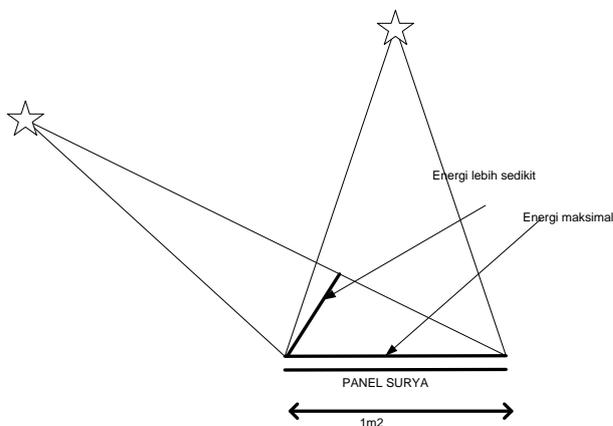
- a. Peserta diklat dapat memasang solar house dengan panel yang dapat diatur.

- b. Peserta diklat dapat mengoperasikan solar house dengan panel surya yang dapat diatur.
- c. Peserta diklat menemukan posisi yang tepat untuk memperoleh daya optimal.

## II. Materi Singkat

Untuk mendapatkan daya maksimal diusahakan pemasangan panel surya harus tegak lurus dengan cahaya yang datang. Untuk memperoleh keadaan perlu adanya control dari pemutar panel surya. Kontrol ini dapat secara otomatis maupun manual. Untuk pemasangan fixed bisanya menghadap ke utara atau ke selatan atau keatas. Tergantung dari posisi dari lintang. Sebagai contoh pulau jawa diusahakan menghadap miring ke utara karena berada di lintang selatan. Untuk posisi khatulistiwa tegak lurus ke atas.

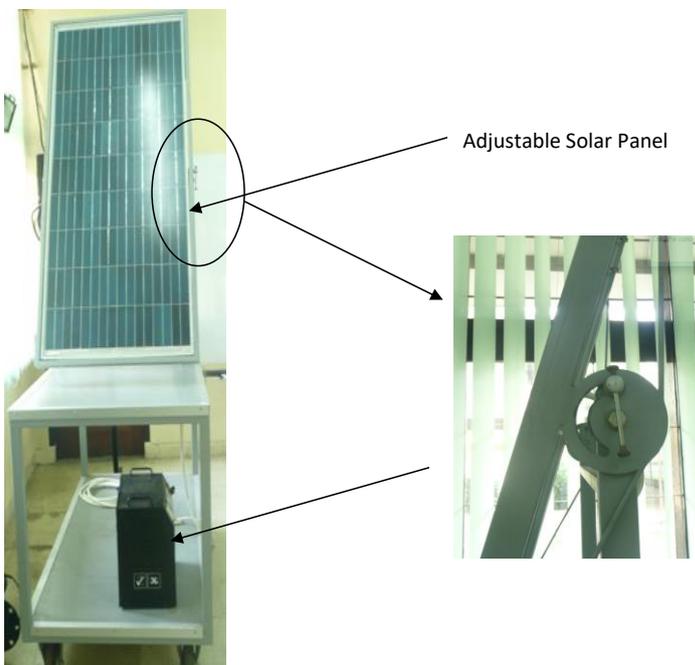
Gambar 1. | Solar Panel Tegak lurus dengan sumber cahaya



Solar House Sistem ini terdiri dari Panel Surya yang arahnya dapat diatur, Mini generator set, dan beban Temperatur meter, Volt meter dan Ampermeter digital. Panel surya ini dapat diputar dari  $225^{\circ}$  hingga  $325^{\circ}$ . Mini generator set ini berfungsi sebagai pengisi baterai otomatis dan juga inverter dari 12 V dc menjadi 220Vac. Alat ini telah dilengkapi

dengan Amper meter, Voltmeter Analog. Beban yang digunakan adalah temperatur meter, Frekuensi meter, Voltmeter, dan Amperemeter yang menggunakan tegangan 220V. Frekuensi keluaran dapat terlihat pada frekuensi counter. Panel menghasilkan tegangan DC yang langsung diisikan ke Akumulator.

Gambar 2. | Adjustable Panel Surya



Gambar 3. | Mini Generator Set



### III. Alat/Bahan

- i. Panel Surya dapat disetel
- ii. Mini Generator Set
- iii. Beban Berupa Temperatur dan Frekuensi Counter
- iv. Busur derajat

### IV. Langkah Kerja

- a. Letakkan Panel Surya pada tempat yang terkena sinar matahari/sumber cahaya.
- b. Sambungkan keluaran dari panel ke 12V DC INPUT-OUTPUT mini generator set
- c. Hubungkan Beban AC ke output 220V.
- d. Nyalakan Saklar
- e. Pertahankan sumber cahaya tetap.
- f. Pasang beban maksimum atau dalam kondisi pengisian ACCU kosong
- g. Buat panel surya tegak lurus sumber cahaya
- h. Ukur Berapa arus dan tegangan dari panel surya.
- i. Aturlah/putar panel surya
- j. Isi tabel berikut:

| Delta Sudut   | Arus | Tegangan | Beban |
|---------------|------|----------|-------|
| 0/Tegak Lurus |      |          |       |
| 10            |      |          |       |
| 20            |      |          |       |
| 30            |      |          |       |
| 45            |      |          |       |
| 60            |      |          |       |
| -10           |      |          |       |
| -20           |      |          |       |
| -30           |      |          |       |

|     |  |  |  |
|-----|--|--|--|
| -45 |  |  |  |
| -60 |  |  |  |

#### V. Evaluasi

- Dapatkah kita menggunakan beban DC dari mini generator set?
- Dari hasil percobaan kondisi mana yang menghasilkan daya max?
- Dari percobaan apa pengaruh sudut terhadap daya output?
- Adakah formula/ persamaan antara sudut dengan daya yang dihasilkan?

Lembar kerja 3. Mengkaji sistem PLTS untuk pompa air

### Tugas Mengkaji sistem PLTS untuk pompa air

#### 1. Tujuan LK

Tugas ini diberikan untuk mengetahui sejauhmana pemahaman siswa terhadap:

- aplikasi PLTS
- Spesifikasi komponen sistem
- Karakteristik operasional sistem

#### 2. Kondisi

Diberikan satu unit sistem PLTS yang digunakan untuk menjalankan pompa air. Serta perangkat alat ukur.

#### 3. Tahapan pelaksanaan tugas

- Identifikasi komponen komponen yang terpasang pada system.
- Gambarkan susunan rangkaian system PLTS untuk pompa air
- Identifikasi karakteristik dan spesifikasi pompa air.

- d. Analisis/ kaji kebutuhan baterai, inverter dan panel surya (solar sel) yang terpasang apakah sesuai dengan beban terpasang untuk kebutuhan daya pompa air terpasang serta kebutuhan operasional secara kontinu.
- e. Jika tidak berikan alasan serta solusi pemecahannya

#### 4. Laporan hasil kajian

- a. Dasar Penugasan.
- b. Konsep/ dasar teori yang digunakan dalam pengkajian ini.
- c. Metoda/ teknik pengkajian
- d. Data system PLTS untuk pompa air
- e. Kajian data dan hasil Kajian

#### 5. Kesimpulan dan rekomendasi

Mengetahui,  
Instruktur

....., ..... 2015

Petugas,

Nama

Nama

#### E. Rangkuman

Prosedur keselamatan utama yang berhubungan dengan lead-acid baterai, Hindari 3 (tiga) hal tentang baterai yang membahayakan, seperti: bahaya larutan baterai Accu Zuur atau asam baterai, jangan sampai tersentuh kulit; hubung singkat pada batere; merokok dekat batere, pada saat charging baterai menghasilkan gas hidrogen yang bersifat eksplosif, untuk itu hindari adanya loncatan bunga api atau *spark* di sekitar baterai.

SHS terdiri dari modul surya, baterai dengan kapasitas 70 Ah, sistem pengontrol kondisi baterai (BCR), Lampu DC 12 volt, dan stop kontak.

SESF terpusat diaplikasikan untuk memasok listrik di daerah terpencil dengan pola penyebaran rumah yang terkumpul atau kawasan dengan kepadatan rumah yang cukup banyak.

SESF terpusat terdiri atas 4 komponen utama yaitu modul surya, BCU, baterai, dan Inverter.

Peralatan utama sistem pompa air tenaga surya terdiri dari: modul surya, inverter dan unit pompa air.

Sistem *battery-coupling* terdiri dari panel surya, BCU, pengontrol pompa, *pressure switch* dan tangki, dan pompa air DC. Arus listrik yang dihasilkan panel surya digunakan untuk mengisi baterai, yang kemudian menyuplai pompa air kapanpun dibutuhkan.

#### F. Tes Formatif

1. Pada saat charging baterai dilarang merokok disebabkan baterai menghasilkan gas yang bersifat eksplosif, gas yang dihasilkan adalah ...
  - a. Hidrogin
  - b. Hidrokarbon
  - c. Karbon dioksida
  - d. Asam sulfat
  
2. Komponen *Solar home system* terdiri dari modul surya dan ....
  - a. Baterai, BCR, lampu dan stop kontak
  - b. Baterai, BCR, inverter dan lampu
  - c. Baterai, inverter, lampu dan stop kontak
  - d. BCR, inverter, lampu dan stop kontak
  
3. Sistem terpusat mempunyai keluaran sistem tegangan 220VAC, untuk mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik diperlukan aqilat ....
  - a. Inverter

- b. BCR
- c. Trafo
- d. PV array

4. Peralatan utama sistem pompa air tenaga surya terdiri dari ...

- a. Modul surya, inverter, unit pompa air
- b. Modul surya, BCU, pompa air
- c. Modul surya, baterai, pompa air
- d. Modul surya, stop kontak, pompa air

5. System pompa air PLTS masih dapat beroperasi di malam hari atau saat tidak ada peninaran karena ....

- a. Mekanik coupling
- b. Hidroulik coupling
- c. Inverter coupling
- d. Baterai coupling

### **G. Kunci Jawaban**

1. a
2. a
3. a
4. a
5. d

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : PENGOPERASIAN PLTS

### A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 5 pengoperasian PLTS peserta mampu melakukan pengoperasian PLTS sesuai dengan K3 dan SOP.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi, peserta mampu :

- ✓ Mengidentifikasi komponen PLTS
- ✓ Melaksanakan K3 pengoperasian PLTS
- ✓ Melaksanakan prosedur pengoperasian PLTS

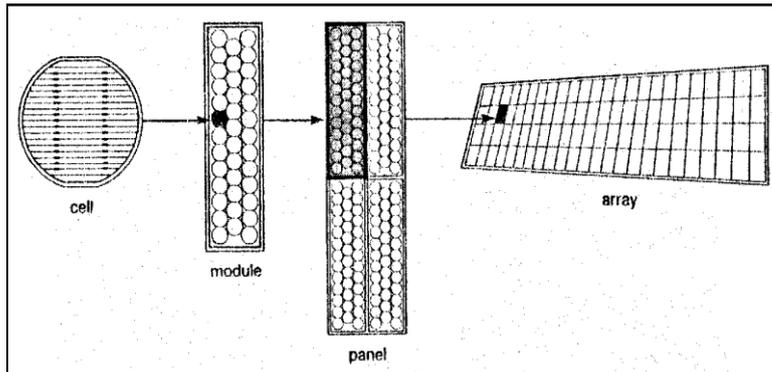
### C. Uraian Materi

#### Mengidentifikasi komponen/ peralatan untuk pengoperasian PLTS

##### Solar Module

Listrik tenaga matahari dibangkitkan oleh komponen yang disebut solar cell yang besarnya kira-kira 10 ∞ 15 cm. Komponen ini mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Solar Cell merupakan komponen vital yang terbuat dari bahan semi konduktor. Tenaga listrik dihasilkan oleh satu solar cell yang sangat kecil, maka beberapa solar cel harus digabung sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut **module**. Produk yang dihasilkan oleh Industri Solar Cell ini sudah dalam bentuk modul ini. Pada aplikasinya karena tenaga listrik yang dihasilkan oleh module ini masih kecil (rata-rata sekitar 130 W) maka dalam pemanfaatannya beberapa modul digabungkan sehingga terbentuklah apa yang disebut Array. Dalam pengoperasian PLTS haruslah dipastikan bahwa solar module ini harus bekerja dengan baik dengan cara mengukur tegangan yang dihasilkan oleh setiap modul. Perhatikan Gambar dibawah ini.

Gambar 1 | Diagram Hubungan Sel Surya, Modul, Panel & Array



#### AC Module

Agar energi listrik yang dihasilkan oleh solar module dapat dimanfaatkan maka harus dirubah menjadi listrik AC oleh alat yang disebut **Power Conditioner**. Karena menggabungkan listrik dari beberapa modul menyebabkan sistem pengkabelannya menjadi rumit dan kapasitas power conditionerpun menjadi besar, maka dikembangkanlah apa yang disebut **AC Module**. Yaitu modul yang langsung menghasilkan listrik AC

Sebagai contoh di bawah ini diberikan gambar Power Conditioner buatan Sharp Jepang dengan type JK40EK.

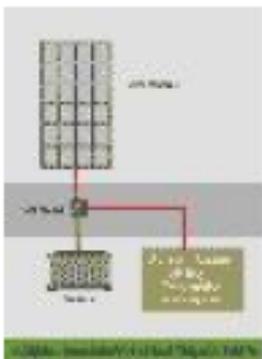
Gambar 2. | Power Conditioner JH40EK



#### Controller

Kontroler sering disebut dengan berbagai nama seperti Gcharge Regulator, BCU dan sebagainya. Berfungsi mengatur lalu lintas listrik dari modul Surya ke Battery,

apabila battery/accu sudah penuh maka listrik tidak akan diteruskan ke battery/accu dan sebaliknya. Kemudian dari Battery beban (apabila listrik dalam accu tinggal 20 – 30 %, maka listrik beban otomatis dimatikan.



Gambar 3  
Pemasangan BCU

Versi Standar seperti tampak dalam gambar ini dilengkapi dengan fungsi-fungsi untuk melindungi battery/accu dengan proteksi-proteksi berikut :

a. LVD (Low Voltage Disconnect)

Apabila tegangan dalam battery rendah  $\sim 11,2$  VDC, maka untuk sementara beban tidak dapat dinyalakan. Apabila trngangan battery sudah normal melewati 12 VDC (setelah di cahrge oleh modul surya) secara otomatis beban akan dapat dinyalakan lagi (reconnect)

b. HVD (High Voltage Disconnect)

Bertugas memutuskan aliran listrik dari modul surya jika battery/accu sudah penuh, listrik dari panel surya akan dihubungkan kembali ke battery hanya apabila tegangan battery kembali rendah.

c. Short Circuit Protection

Menggunakan *electronic fuse* sehingga tidak memerlukan sekering cadangan sebagai pengganti. Berfungsi untuk melindungi sistem PLTS apabila terjadi arus hubungansingkat baik di modul surya maupun di beban. Apabila terjadi short

circuit maka jalur ke beban secara otomatis.otomatis akan dihentikan sementara, dalam beberapa detik berikutnya akan kembali terhubung

d. Reverse Polarity

Melindungi dari kesalahan pemasangan kutup (+) atau (-).

e. Reverse Current

Melindungi agar listrik dari batteray/accu tidak mengalir ke modul surya pada malam hari.

f. PV Voltage Spike

Melindungi tegangan tinggi dari modul surya pada saat batteray tidak disambungkan.

g. Lightning Protection

Melindungi terhadap sambaran petir (s/d 20,000volt)



Gambar 4

Contoh Sistem Rumah (Sumber Sharp co.Ltd, Jepang)

Keterangan :

- 1 adalah Solar Panel,
- 2 adalah Power Conditioner
- 3 adalah Alat Pendistribusian Listrik
- 4 Meteran mengukur pemakaian listrik

## 2. Pemeriksaan Instalasi Listrik

Sebelum mengoperasikan PLTS hendaklah di lakukan pemeriksaan terhadap segala sesuatu (Komponen PLTS, Jaringan, Panel Tenaga) dan lain sebagainya dengan merujuk pada panduan pengoperasian, gambar instalasi, Peraturan Umum Instalasi Listrik.

Bagian-bagian yang perlu di periksa diantaranya adalah :

- a. Saklar Power yang ada di panel distribusi
- b. Kabel power diperiksa dengan menggunakan merger, atau AVO meter untuk mengetahui apakah ada kebocoran pada kabel jaringan.
- c. Perhatikan pula laporan konsumen apakah ada titik- titik lampu yang tidak menyala pada hari sebelumnya.

Gambar 5 | Kontroler elektrik yang bersih menjamin keamanan dan keselamatan



Gambar 6 | Kontroler Listrik yang menjadi sarang tikus ( Berbahaya, hindari)



Gambar 7 | Pelanggan mengganti sekering dengan kabel (sangat berbahaya, hindari perbuatan ini)



Gambar 8 | Meteran Listrik yang dilengkapi dengan catatan pemakaian beban



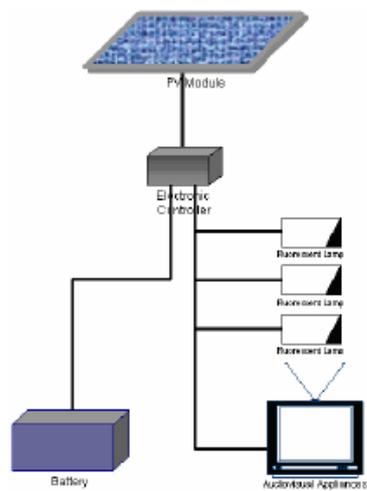
Gambar 9 | Jaringan Listrik di atas atap rumah



Gambar 10 | Jaringan Kabel Listrik pada tiang jaringan



Gambar 11 | Semua komponen di atas harus diperiksa



Gambar 12. | Contoh Lembaran Isian Harian

| LEMBAR ISIAN HARIAN                |                           |     |
|------------------------------------|---------------------------|-----|
| Data Teknis                        | Jumlah Jam Operasi        | Jam |
|                                    | Jumlah Produksi Listrik   | KWh |
| <b>Gangguan dan Penanggulangan</b> |                           |     |
| Gangguan                           | Penanggulangan            |     |
| <b>Pemeriksaan Rutin Harian</b>    |                           |     |
| Alat PLTMH                         | Yang Dilakukan            | Jam |
| Bendung                            |                           |     |
| Intake                             |                           |     |
| Saluran Pembawa                    |                           |     |
| Bak Pendedap                       |                           |     |
| Lubang Pemasukan (inlet)           |                           |     |
| Pipa Pesat                         |                           |     |
| Rumah Pembangkit                   |                           |     |
| Turbin                             |                           |     |
| Generator                          |                           |     |
| Panel Kontrol                      |                           |     |
| Bak Balas                          |                           |     |
| Tanggal:                           | Operator:<br>Tanda Tangan |     |

#### 4.4. Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pengoperasian PLTS

Dalam pelaksanaan proyek pembangunan listrik tenaga surya, diupayakan sebisa mungkin untuk dapat memaksimalkan peran serta masyarakat setempat dalam pembangunan dan tahap pelaksanaannya, sehingga ketika proyek nanti selesai dan diserahkan kepada masyarakat lokal mereka telah terbiasa dan terbangun rasa memiliki untuk mengelola dan merawatnya dikemudian hari. Peran serta lokal dapat berupa teknologi lokal, peralatan lokal, material lokal, dan tenaga kerja lokal. Pemakaian alat dari luar negeri harus dipertimbangkan dengan baik terutama berkenaan dengan kemampuan masyarakat desa untuk mengoperasikan dan keberlanjutan pengoperasian peralatan. Ketersediaan suku cadang dalam negeri dan teknisi yang menguasai pengoperasian, perawatan dan perbaikan jika terjadi

kerusakan pada alat merupakan suatu hal yang sangat penting jika peralatan dan komponen didatangkan dari luar negeri.

Merupakan hal yang penting untuk operasional yang berkelanjutan, bahwa masyarakat pengguna merasa akrab dan mengenal sistem merupakan milik mereka. Penghargaan mereka terhadap keberadaan listrik dan kesadaran akan kewajiban yang harus dilakukan dapat dibangun dengan memberikan kesadaran memiliki dalam masyarakat. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan peran serta masyarakat lokal, seperti pada tahap implementasi proyek. Setiap komponen asing dapat diterima, jika dapat dioperasikan, diperbaiki dan diganti secara lokal. Jika hal tersebut tidak memungkinkan, maka diperlukan peninjauan ulang dari desain yang diusulkan. Sebelum tahap pemasangan dilaksanakan ada beberapa hal yang harus diselesaikan, sehingga tidak menghambat pekerjaan dari proyek dikemudian hari. Adapun hal-hal tersebut seperti;

1. Desain dan gambar final serta anggaran biayanya
2. Perjanjian jual beli listrik dengan pln jika itu interkoneksi atau on grid dan kesepakatan harga tarif dengan pengguna untuk sistem off grid
3. Kajian dampak sosial, ekonomi dan lingkungan
4. Kontrak perjanjian kerja dengan kontraktor
5. Ijin-ijin lainnya

sebelum tahap pemasangan dimulai, pastikan segala sesuatu telah siap dan tersedia. Segala hal yang belum diselesaikan dapat menghambat pekerjaan dan pada akhirnya dapat menghambat penyelesaian proyek (proyek jadi terlambat).

#### 1. Penyusunan Spesifikasi peralatan

Pemilihan dan spesifikasi teknis peralatan dan komponen pembangkit tenaga surya biasanya dilakukan pada proses feasibility study dan perencanaan detail. Dalam proses ini spesifikasi dari peralatan harus sudah ditentukan. Pemilihan dan desain teknis disesuaikan dengan kondisi lokasi dan karakteristik operasional system yang dikehendaki, misalnya sistem SESF *Off-Grid*, SHS, terpusat, *hybrid* atau SESF *On-Grid*.

Jika semua aspek teknis dan desain telah siap, hubungi pihak manufaktur atau pabrikanpabrikan untuk mendapatkan penawaran harga dan kesepakatan lainnya. Baiknya untuk menghubungi lebih dari satu pabrikanpabrikan untuk membandingkan harga dan kelebihan lain yang ditawarkan masing-masing pabrikanpabrikan. Selain harga yang kompetitif, perlu diperhatikan juga kualitas pekerjaan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan. Hal ini sangat penting untuk pengaturan jadwal pekerjaan dengan bagian yang lain. Suatu hal yang perlu dipertimbangkan adalah pemilihan pabrikanpabrikan lokal untuk mensuplai peralatan yang kita butuhkan. Hal ini mengingat alasan pemberdayaan masyarakat lokal dan juga alasan biaya.

## 2. Quality control

Quality control digunakan untuk menjaga standard kualitas pekerjaan telah sesuai antara desain dengan spesifikasi aktualnya. Untuk melaksanakan quality control, standardisasi harus telah dibuat untuk semua pekerjaan yang akan dilalui dari mulai pembelian material sampai pelaksanaan dan pekerjaan harus dikontrol sesuai dengan standard itu.

- Standard untuk material : standard kualitas untuk material yang akan digunakan harus ditentukan sesuai dengan jenis pekerjaan
- Quality standard : kontrol karakteristik untuk kualitas yang dikehendaki harus didefinisikan dan secara kuantitatif ditentukan.
- Standard bekerja : standard fasilitas penanganan, standard operasi, standar inspeksi, dan standard untuk perawatan sebaiknya didefinisikan.
- Metode test dan inspeksi

Dalam kondisi tertentu, standard dapat mengacu pada standard yang telah ditentukan oleh pemerintah atau instansi terkait seperti PLN dll. Untuk aplikasi tenaga surya pemerintah telah menetapkan prosedur dan standarnya, baik dari material maupun instalasi.

## 3. Partisipasi Masyarakat

Proyek PLTS pada umumnya terletak di daerah terpencil, dimana akses transportasi dan fasilitas komunikasi sangat terbatas. Selain itu orang luar maupun pemerintah tidak mempunyai kepentingan secara langsung terhadap keberadaan PLTS tersebut. Oleh karena itu kemandirian dan partisipasi masyarakat dalam menjaga keberlangsungan sebuah proyek PLTS sangat berperan penting. Partisipasi masyarakat setempat dimulai dari tahap perencanaan dimana mereka dilibatkan melalui sosialisasi, mendengar pendapat dan tanya jawab mengenai segala sesuatu menyangkut keberadaan PLTS di daerah mereka. Masukan dan saran dari masyarakat pada tahap perencanaan harus dimasukkan sebagai pertimbangan yang sangat berharga dalam pembangunan dan operasional PLTS serta keberlanjutannya dikemudian hari.

Partisipasi masyarakat dalam tahap perencanaan, pembangunan serta operasional PLTS merupakan suatu kunci pokok dalam keberhasilan proyek secara umum. Salah satu tujuan dari metode ini adalah untuk menumbuhkan rasa memiliki dalam diri masyarakat. Semakin banyak mereka terlibat dengan aktif, secara psikologi masyarakat akan merasa dekat dan akrab dengan PLTS sehingga diharapkan mampu menunjang keberlanjutan PLTS tersebut. Hal ini berdasarkan bahwa masyarakat setempat adalah pengguna akhir dari PLTS, merekalah yang sehari-harinya akan berurusan dan berhubungan langsung dengan operasionalnya PLTS. Partisipasi masyarakat dalam pembangunan dapat berupa tenaga, material atau bahkan dana tambahan jika ada kekurangan dari budget yang dianggarkan.

## **B. PENGOPERASIAN**

Seperti halnya fasilitas utility dan pembangkit energi lain, PLTS juga memiliki standard operasi. Hal ini bertujuan untuk menjaga keandalan dan kesinambungan operasional pembangkit sesuai dengan prosedur dan standard yang telah ditetapkan. Dalam operasi, pihak manajemen maupun operator harus mengerti hal-hal berikut;

- Operator harus melaksanakan operasi dengan efisien sesuai dengan manual, peraturan dan standard yang diberlakukan. Baik itu oleh pihak pabrikan/pabrikan maupun pengelola.

- Operator harus terbiasa dan mengenali semua komponen pembangkit beserta fungsi – fungsinya.
- Operator harus selalu memeriksa kondisi fasilitas dan alat-alat pembangkit. Ketika dia menemukan suatu kerusakan atau keganjilan dia harus melaporkan kepada orang yang bertanggungjawab dan mengatasinya jika dianggap mampu.
- Operator harus mencoba untuk mencegah segala macam kerusakan dan kecelakaan. Dilakukan dengan tindakan pencegahan berupa perawatan dan penyediaan fasilitas pencegah kecelakaan.

Manual petunjuk operasi untuk setiap pembangkit tenaga surya harus disiapkan sebelum pembangkit mulai beroperasi. Selain itu training untuk operator juga perlu dilaksanakan sehingga mereka benar-benar siap untuk diserahi segala kewajiban dan tanggungjawab dalam mengoperasikan dan merawat pembangkit.

### **1. Operasi pembangkit**

Operasional sebuah pembangkit tenaga surya tidak hanya membangkitkan energi listrik yang memanfaatkan sinar matahari. Tetapi juga untuk mengontrol fasilitas dan peralatan pembangkitan lainnya dan mensuplai energi listrik ke konsumen pada kondisi yang stabil dan memastikan semua komponen dalam kondisi yang baik.

Karena peralatan dan fasilitas pembangkit yang dipasang tergantung pada kondisi lokasi dan dana yang tersedia, ada beberapa cara yang beragam untuk operasional sebuah pembangkit tenaga surya. Pada kasus dalam suatu pembangkit, maka operator tidak harus selalu mengontrol setiap saat peralatan tetapi dilakukan lebih periodik dan pada saat tertentu saja, misalnya start Up, stopping dan emergency. Sedangkan untuk pembangkit yang lebih canggih dimana stoping dilakukan dengan otomatis keberadaan operator tidak terlalu diperlukan secara tetap dan terus menerus.

Dalam kebanyakan kasus tenaga surya untuk listrik pedesaan, dimana dana yang tersedia terbatas, kadang sistem proteksi dan control otomatis ditiadakan. Oleh karena itu pada umumnya keberadaan operator sangat diperlukan untuk

mengantisipasi masalah yang mungkin terjadi. Prosedur operasi pembangkit tenaga surya pada umumnya dikategorikan sebagai berikut.

## 2. Pemeriksaan sebelum operasi

Sebelum pembangkit dijalankan operator harus memeriksa dan menjamin komponen dan fasilitas pembangkit berada pada kondisi aman dan siap beroperasi. Pengecekan dilakukan setelah pembangkit berhenti lama atau perbaikan. Bagian-bagian yang harus diperiksa pada umumnya adalah sebagai berikut;

### a. sistem pembangkit

Merupakan bagian utama pembangkit listrik yang terdiri dari satu atau lebih rangkaian modul fotovoltaik.

### b. Sistem penyimpan/baterai

Merupakan bagian SESF yang berfungsi sebagai penyimpan listrik (baterai/accu). Sistem penyimpan listrik pada dasarnya diperlukan untuk SESF yang dirancang untuk operasi malam hari atau SESF yang harus memiliki kehandalan tertentu.

### c. Sistem Pengaturan dan Pengkondisi Daya

Berfungsi untuk memberikan pengaturan, pengkondisian daya misalnya merubah arus searah menjadi arus bolak balik, dan atau pengamanan sedemikian rupa sehingga SESF dapat bekerja secara efisien, handal dan aman

### d. Sistem Beban

Bagian akhir dari penggunaan SESF yang mengubah listrik menjadi energi akhir seperti lampu penerangan, televisi, radio tape, VCD, lemari es dan pompa air.

### e. Kabel transmisi

Merupakan bagian untuk menghubungkan ke cabang jaringan konsumen

## 3. Peran operator selama operasi normal

Operator harus menjaga operasional dari komponen pembangkit dalam kondisi yang baik dan aman. Operator berperan dalam menjaga kualitas listrik yang

dihasilkan pembangkit masih dalam batasan yang ditetapkan. Tindakan yang harus dilakukan operator selama operasional pembangkit diantaranya sebagai berikut:

- Periksa modul surya dalam kondisi baik. Bersihkan sampah pada modul surya yang menghalangi sinar matahari
- Periksa BCR dalam keadaan baik.
- Periksa baterai dalam keadaan baik. Matching charger dengan kebutuhan baterai, hindarkan underdischarge dan overdischarge, jaga agar elektrolit berada pada level yang tepat, jaga kebersihan baterai, hindari kondisi overheating dan lakukan ekualisasi secara periodik terhadap sel baterai yang lemah.
- Periksa setiap kondisi yang tidak normal, lakukan tindakan penanggulangan dan perbaikan, hentikan pembangkit jika dirasa perlu  
Untuk mencegah kondisi yang berbahaya bagi peralatan pembangkit dan konsumen, diperlukan prosedur penghentian pembangkit yang benar.

#### 4. Operasional darurat

Selama keadaan tertentu, operasional pembangkit harus dilakukan dengan teliti dan hati-hati atau bahkan harus dihentikan untuk sementara waktu. Adapun keadaan darurat dapat berupa kecelakaan

Jika terjadi kecelakaan selama operasional pembangkit, misalnya ada bagian yang lepas atau konsleting listrik dll. Operator sebaiknya segera menghentikan pembangkit. Langkah-langkah yang dapat dilakukan diantaranya adalah:

1. hentikan pembangkit dengan segera
2. berikan bantuan atau pertolongan jika kecelakaan menimpa orang
3. laporkan kejadian kepada orang yang berwenang (ketua, RT, lurah,dll)
4. selidiki penyebab kecelakaan dengan teliti
5. kembali operasikan pembangkit jika operator dapat menangani dan memperbaiki penyebab kecelakaan dan kerusakan
6. hubungi pembuat peralatan jika operator tidak dapat menemukan dan memperbaiki kerusakan, minta petunjuk dan jika tidak yakin minta mereka untuk memperbaikinya.

#### 5. Jaringan distribusi konsumen

Jaringan transmisi dan distribusi digunakan untuk menghantarkan energi listrik ke konsumen yang biasanya pada tegangan rendah. Jaringan distribusi pada umumnya terdiri dari tiga kabel, 1 netral dan 1 line dan 1 grounding. Hal-hal yang dapat dilakukan untuk memelihara jaringan distribusi adalah :

- Pemeriksaan sepanjang jaringan dari gangguan yang diakibatkan oleh tumbuhan. Seperti pohon roboh dan ranting yang menghalangi jaringan distribusi.
- Periksa kerusakan yang mungkin terjadi pada tiang penyangga kabel akan adanya kemungkinan roboh, keropos dll.
- Periksa kabel-kabel penghantar terhadap kemungkinan kendur atau putus. Ganti jika dianggap perlu dengan jenis yang sama
- Kontrol secara berkala sambungan perumahan/konsumen. Pastikan masih bagus.

#### 6. Buku catatan (log book)

- Logbook merupakan bagian penting dari kegiatan operasi dan perawatan. Logbook adalah catatan sejarah kondisi pembangkit. Dengan logbook kita dapat memonitor operasi sehari-hari, proses perawatan, gangguan yang kadang-kadang muncul dan pengalaman dalam mengatasi gangguan yang timbul.
- *Log book* harus diisi oleh operator pada kegiatan operasional sehari-hari, pada saat melakukan perawatan, mengatasi gangguan, maupun mengganti parts yang rusak. Adapun contoh *log book* seperti dibawah ini.

Bulan : Agustus 2008

| Tgl | Kondisi | Waktu | Vo<br>lt<br>[V] | Cu<br>rr<br>[A] | P<br>[K<br>w] | kWh | OPR | TTD |
|-----|---------|-------|-----------------|-----------------|---------------|-----|-----|-----|
| 1   |         |       |                 |                 |               |     |     |     |
| 2   |         |       |                 |                 |               |     |     |     |

| Tgl | Kondisi | Waktu | Volt<br>[V] | Curr<br>[A] | P<br>[Kw] | kWh | OPR | TTD |
|-----|---------|-------|-------------|-------------|-----------|-----|-----|-----|
| 3   |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 4   |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 5   |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 6   |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 7   |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 8   |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 9   |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 10  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 11  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 12  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 13  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 14  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 15  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 16  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 17  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 18  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 19  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 20  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 21  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 22  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 23  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 24  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 25  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 26  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 27  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 28  |         |       |             |             |           |     |     |     |
| 29  |         |       |             |             |           |     |     |     |

| Tgl                   | Kondisi | Waktu | Volt<br>[V] | Cu<br>rr<br>[A] | P<br>[K<br>w] | kWh | OPR | TTD |
|-----------------------|---------|-------|-------------|-----------------|---------------|-----|-----|-----|
| 30                    |         |       |             |                 |               |     |     |     |
| 31                    |         |       |             |                 |               |     |     |     |
| KOMULATIF AKHIR BULAN |         |       |             |                 |               |     |     |     |

- Setiap akhir bulan operator harus mencatat jam total operasional yang dihasilkan oleh pembangkit.
- Pada saat mengganti parts yang rusak hour meter harus dicatat juga sebagai informasi dari life time parts.
- Part yang terdeteksi bekerja secara tidak baik atau tidak semestinya, harus segera diganti. Jangan menunggu sampai rusak atau hancur total. Part yang bekerja tidak normal dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah terhadap part-part lainnya.
- Apabila persediaan parts sudah habis harap segera dipesan parts yang baru. Jangan menunggu sampai pembangkit harus diberhentikan total.

### C. MENGAMATI BESARAN LISTRIK

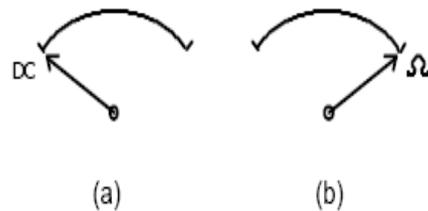
Dalam pengukuran hasil yang didapat seringkali tidak berhubungan dengan besaran yang diukur, perbedaan ini dinamakan eror (kesalahan).

Definisi eror adalah perbedaan dari besaran yang diukur dengan besaran sebenarnya. Kesalahan yang terjadi pada pengukuran mempunyai banyak alasan, secara tradisional eror digolongkan pada random eror (kesalahan sembarangan), sistematik eror dan gross eror (kesalahan kasar) atau blunders (perbuatan keliru). Random eror disebabkan oleh pengaruh keadaan luar kontrol dan operator.

Sistematik eror adalah kesalahan yang terjadi pada sebagian besar, mempunyai karakteristik tersendiri dan setiap eror ini seolah olah pengukuran memberikan nilai tertentu. Sebagai tambahan dapat dibuat cara lain dan salah satu cara adalah meneliti atau memperhatikan tempat terjadinya eror.

## 1. Menggunakan Multimeter

Pertama-tama jarum penunjuk meter diperiksa apakah sudah tepat pada angka 0 pada skala DCmA, DCV atau ACV posisi jarum nol di bagian kiri (lihat gambar 2 a), dan untuk skala ohmmeter posisi jarum nol di bagian kanan (lihat gambar 2 b). Jika belum tepat harus diatur dengan memutar sekrup pengatur kedudukan jarum penunjuk meter ke kiri atau ke kanan dengan menggunakan obeng pipih (-) kecil.



Gambar 13

Kedudukan Normal Jarum Penunjuk Meter

## 2. Multimeter digunakan untuk mengukur hambatan

Untuk mengukur resistansi suatu rangkaian, posisi saklar pemilih multimeter diatur pada kedudukan  $\Omega$  dengan batas ukur  $\times 1$ . Test lead merah dan test lead hitam saling dihubungkan dengan tangan kiri, kemudian tangan kanan mengatur tombol pengatur kedudukan jarum pada posisi nol pada skala  $\Omega$ . Jika jarum penunjuk meter tidak dapat diatur pada posisi nol, berarti baterainya sudah lemah dan harus diganti dengan baterai yang baru. Langkah selanjutnya kedua ujung test lead dihubungkan pada ujung-ujung resistor yang akan diukur resistansinya. Cara membaca penunjukan jarum meter sedemikian rupa sehingga mata kita tegak lurus dengan jarum meter dan tidak terlihat garis bayangan jarum meter. Supaya ketelitian tinggi kedudukan jarum penunjuk meter berada pada bagian tengah daerah tahanan. Jika jarum penunjuk meter berada pada bagian kiri (mendekati maksimum), maka batas ukurnya diubah dengan memutar saklar pemilih pada posisi  $\times 10$ . Selanjutnya dilakukan lagi

pengaturan jarum penunjuk meter pada kedudukan nol, kemudian dilakukan lagi pengukuran terhadap resistor tersebut dan hasil pengukurannya adalah penunjukan jarum meter dikalikan 10  $\Omega$ .

### **3. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan DC**

Untuk mengukur tegangan DC (misal dari baterai atau power supply DC), saklar pemilih multimeter diatur pada kedudukan DCV dengan batas ukur yang lebih besar dari tegangan yang akan diukur. Test lead merah pada kutub (+) multimeter dihubungkan ke kutub positif sumber tegangan DC yang akan diukur, dan test lead hitam pada kutub (-) multimeter dihubungkan ke kutub negatif (-) dari sumber tegangan yang akan diukur. Hubungan semacam ini disebut hubungan paralel. Untuk mendapatkan ketelitian yang paling tinggi, usahakan jarum penunjuk meter berada pada kedudukan paling maksimum, caranya dengan memperkecil batas ukurnya secara bertahap dari 250 V, 100 V, 50 V, 25 V dan seterusnya. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah bila jarum sudah didapatkan kedudukan maksimal jangan sampai batas ukurnya diperkecil lagi, karena dapat merusakkan multimeter.

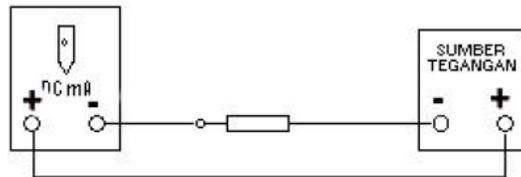
#### **a. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan AC**

Untuk mengukur tegangan AC dari suatu sumber listrik AC, saklar pemilih multimeter diputar pada kedudukan ACV dengan batas ukur yang paling besar misal 250 V. Kedua test lead multimeter dihubungkan ke kedua kutub sumber listrik AC tanpa memandang kutub positif atau negatif. Selanjutnya caranya sama dengan cara mengukur tegangan DC di atas.

#### **b. Multimeter digunakan untuk mengukur arus DC**

Untuk mengukur arus DC dari suatu sumber arus DC, saklar pemilih pada multimeter diputar ke posisi DCA dengan batas ukur 5 A. Kedua test lead multimeter dihubungkan secara seri pada rangkaian sumber DC ( perhatikan gambar di bawah ini )

Gambar 14. | Multimeter untuk Mengukur Arus DC



Ketelitian paling tinggi akan didapatkan bila jarum penunjuk multimeter pada kedudukan maksimum. Untuk mendapatkan kedudukan maksimum, saklar pilih diputar setahap demi setahap untuk mengubah batas ukurnya dari 5 A; 2,5 A; dan 1 A. Yang perlu diperhatikan adalah bila jarum sudah didapatkan kedudukan maksimal jangan sampai batas ukurnya diperkecil lagi, karena dapat merusakkan multimeter.

Gambar 15. | Operator harus selalu berpedoman pada buku Manual/Petunjuk Teknis Operasi seperti di atas



#### D. KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

Tindakan keselamatan kerja bertujuan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan, baik jasmani maupun rohani manusia, serta hasil kerja dan budaya tertuju pada

kesejahteraan masyarakat pada umumnya. Keselamatan kerja manusia secara terperinci antara meliputi : pencegahan terjadinya kecelakaan, mencegah dan atau mengurangi terjadinya penyakit akibat pekerjaan, mencegah dan atau mengurangi cacat tetap, mencegah dan atau mengurangi kematian, dan mengamankan material, konstruksi, pemeliharaan, yang kesemuanya itu menuju pada peningkatan taraf hidup dan kesejahteraan umat manusia.

Dasar-dasar keselamatan kerja yang ada di Indonesia antara lain telah diatur dalam Undang-Undang RO No. 1 Th 1970. Pada pasal satu ayat lima misalnya, dikemukakan bahwa ahli keselamatan kerja adalah tenaga teknis berkeahlian khusus dari luar Departemen Tenaga Kerja yang ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja untuk mengawasi ditaatinya UU No. 1 Th 1970. Organisasi keselamatan kerja dalam administrasi pemerintah di tingkat pusat diwadahi dalam bentuk Direktorat Pembinaan Norma Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Direktorat Perlindungan Perawatan Tenaga Kerja. Fungsi Direktorat ini antara lain: melaksanakan pembinaan, pengawasan, serta penyempurnaan dalam penetapan norma keselamatan kerja di bidang mekanik, bidang listrik, uap dan kebakaran.

Selain Undang-Undang yang mengatur keselamatan kerja, terdapat pula suatu organisasi lain yang dibentuk oleh perusahaan-perusahaan sebagai bagian dari struktur organisasi yang ada di perusahaan, yang disebut bidang keselamatan kerja. Selain organisasi-organisasi di atas ada satu organisasi yang konsen terhadap keselamatan kerja, misalnya organisasi Ikatan Higine Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja, yang didirikan pada tahun 1971.

Adapun tujuan organisasi tersebut antara lain (a) Menunjang terlaksananya tugas-tugas pemerintah, khususnya di bidang peningkatan taraf hidup dan kesejahteraan tenaga kerja di perusahaan, industri, perkebunan, pertanian yang meliputi di antaranya tentang penanganan keselamatan kerja. (b) Menuju tercapainya keragaman tindak di dalam menanggulangi masalah antara lain keselamatan kerja.

### **1. Standar Keselamatan Kerja**

Dalam penggolongan pengamanan sebagai tindakan keselamatan kerja ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Pelindung badan, meliputi pelindung mata, tangan, hidung, kaki, kepala, dan telinga.

2. Pelindung mesin, sebagai tindakan untuk melindungi mesin dari bahaya yang mungkin timbul dari luar atau dari dalam atau dari pekerja itu sendiri
3. Alat pengaman listrik, yang setiap saat dapat membahayakan.
4. Pengaman ruang, meliputi pemadam kebakaran, sistim alarm, air hidrant, penerangan yang cukup, ventilasi udara yang baik, dan sebagainya.

Di samping penggolongan pengamanan tersebut di atas, standar keselamatan kerja terutama di bengkel mekanik elektro, ada urutan penanggung jawab keselamatan kerja. Seorang instruktur mempunyai tugas dan kewajiban antara lain: memberikan instruksi dengan benar kepada anak buahnya secara tepat dan aman untuk tiap-tiap bagian yang akan dikerjakan. Jika terjadi kecelakaan, seorang instruktur berkewajiban menyelidiki sebab-sebab terjadinya kecelakaan dan kerusakan yang terjadi. Instruktur wajib melaporkan kepada atasannya atas kejadian kecelakaan tersebut, melaporkan tentang kerusakan mesin maupun alat-alat yang digunakan serta mencatat peristiwa tersebut secara akurat dan tertib.

Seorang Storeman (teknisi), bertugas dan bertanggung jawab penuh terhadap alat-alat dan mesin yang ada di ruang bengkel untuk : memelihara alat-alat kerja, memberikan layanan peminjaman alat bagi pekerja atau siswa praktikan, mencatat barang yang masuk dan keluar, mencatat jumlah barang yang ada di bengkel, dan mencatat kerusakan alat-alat kerja, baik alat tangan maupun peralatan mesin.

Seorang pekerja atau praktikan, mempunyai tugas dan kewajiban antara lain: mentaati segala peraturan dan instruksi yang ada . Ia berkewajiban melakukan pekerjaan dengan hati-hati dan aman, menjaga keutuhan alat dan kebersihan ruangan kerja, bertindak secara tepat jika terjadi kecelakaan dan melaporkan kepada instruktur.

## **2. Sistem Keselamatan Kerja**

Seorang pekerja baik siswa, teknisi maupun instruktur yang akan bekerja dalam lingkungan bengkel atau laboratorium khususnya dalam teknik kejuruan haruslah mengetahui tentang pengetahuan keselamatan kerja. Mereka juga harus mengetahui tata-cara bekerja secara benar, cara bekerja yang aman dan selamat baik bagi dirinya sebagai orang yang terlibat dalam pekerjaan itu maupun benda kerja yang dikerjakan

serta lingkungan kerja di sekitarnya. Terjadinya kecelakaan menyebabkan kerugian pada tiap-tiap orang yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pekerjaan tersebut. Jika terjadi kecelakaan maka orang yang bersangkutan akan menderita sakit atau gangguan fisik lainnya. Kerugian lainnya adalah kerugian benda, usaha kerja, kesehatan dan aktivitas sosial lainnya.

### **3. Sebab-Sebab terjadinya Kecelakaan**

Suatu kecelakaan sering terjadi yang diakibatkan oleh lebih dari satu sebab. Kecelakaan dapat dicegah dengan menghilangkan hal-hal yang menyebabkan kecelakaan tersebut. Ada dua sebab utama terjadinya suatu kecelakaan. Pertama, tindakan yang tidak aman. Kedua, kondisi kerja yang tidak aman. Orang yang mendapat kecelakaan luka-luka sering kali disebabkan oleh orang lain atau karena tindakannya sendiri yang tidak menunjang keamanan. Berikut beberapa contoh tindakan yang tidak aman, antara lain:

1. Memakai peralatan tanpa menerima pelatihan yang tepat
2. Memakai alat atau peralatan dengan cara yang salah
3. Tanpa memakai perlengkapan alat pelindung, seperti kaca mata pengaman, sarung tangan atau pelindung kepala jika pekerjaan tersebut memerlukannya
4. Bersendaugurau, tidak konsentrasi, bermain-main dengan teman sekerja atau alat perlengkapan lainnya.
5. Sikap tergesa-gesa dalam melakukan pekerjaan dan membawa barang berbahaya di tempat kerja
6. Membuat gangguan atau mencegah orang lain dari pekerjaannya atau mengizinkan orang lain mengambil alih pekerjaannya, padahal orang tersebut belum mengetahui pekerjaan tersebut.

Di sisi lain, kecelakaan sering terjadi akibat kondisi kerja yang tidak aman. Berikut ini beberapa contoh yang menggambarkan kondisi kerja tidak aman antara lain:

1. Tidak ada instruksi tentang metode yang aman.
2. Tidak ada atau kurangnya pelatihan si pekerja.
3. Memakai pakaian yang tidak cocok untuk mengerjakan tugas pekerjaan tersebut.
4. Menderita cacat jasmani, penglihatan kabur, pendengarannya kurang.

5. Mempunyai rambut panjang yang mengganggu di dalam melakukan pekerjaan.
6. Sistem penerangan ruang yang tidak mendukung.

Persentase penyebab kecelakaan di bengkel kerja mesin berdasarkan penelitian yang dilakukan para ahli dapat digambarkan dalam bentuk tabel berikut ini :

Tabel 1.

Persentase kejadian kecelakaan

|   |                        |
|---|------------------------|
| 1. terluka akibat mengangkat barang (30%) | 6. menabrak benda (6%) |
| 2. jatuh (20%)                            | 7. alat angkut (5%)    |
| 3. obyek yang jatuh(10%)                  | 8. terbakar (2%)       |
| 4. peralatan tangan (10%)                 | 9. arus listrik (2%)   |
| 5. mesin (9%)                             | 10. zat berbahaya (1%) |
|   | 11. lain-lain (5%)     |

#### 4. Tindakan menghindari cara kerja yang tidak aman

Menghindarkan cara kerja yang tidak nyaman merupakan tanggung jawab semua pekerja yang bekerja di ruang kerja. Sebaliknya sikap yang tidak bertanggung jawab merupakan suatu tindakan kebodohan. Sikap yang bodoh menyebabkan bahaya bagi dirinya sendiri maupun orang lain. Oleh karena itu ikutilah instruksi supervisor (pengawas/pimpinan). Pakailah cara-cara kerja yang benar, tenang dan tidak ceroboh dalam segala hal jika akan memulai bekerja.

Kerja sama dari semua orang yang terlibat dalam bekerja sangat diperlukan dalam mencegah kondisi yang tidak aman. Kondisi kerja yang aman tidak hanya memiliki alat-alat yang bagus dan mesin yang baru. Kerjasama dari setiap individu tempat kerja merupakan hal yang sangat penting. Menjadikan tempat kerja yang bersih, sehat, tertib, teratur dan rapi merupakan syarat yang sangat menentukan keberhasilan kerja secara maksimal.

#### 5. Mencegah Terjadinya Kecelakaan

Tindakan pencegahan terhadap kemungkinan terjadinya kecelakaan adalah hal yang lebih penting dibandingkan dengan mengatasi terjadinya kecelakaan. Kecelakaan

dapat dicegah dengan menghindarkan sebab-sebab yang bisa mengakibatkan terjadinya kecelakaan. Tindakan pencegahan bisa dilakukan dengan cara penuh kehati-hatian dalam melakukan pekerjaan dan ditandai dengan rasa tanggung jawab. Mencegah kondisi kerja yang tidak aman, mengetahui apa yang harus dikerjakan dalam keadaan darurat, maka segera melaporkan segala kejadian, kegagalan dan kerusakan peralatan sekecil apapun kepada atasannya. Kerusakan yang kecil atau ringan jika dibiarkan maka semakin lama akan semakin berkembang dan menjadi kesalahan yang serius jika hal tersebut tidak segera diperbaiki.

Tindakan pencegahan terjadinya kecelakaan harus dilakukan dengan rasa bertanggung jawab sepenuhnya terhadap tindakan keselamatan kerja. Bertanggung jawab merupakan sikap yang perlu dijunjung tinggi baik selama bekerja maupun saat beristirahat. Hal ini akan sangat bermanfaat bagi keselamatan dalam bekerja. Peralatan perlindungan anggota badan dalam setiap bekerja harus selalu digunakan dengan menyesuaikan sifat pekerjaan yang dilakukan. Beberapa alat pelindung keamanan anggota badan, terdiri dari pelindung mata, kepala, telinga, tangan, kaki dan hidung. Penggunaan alat pelindung ini disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang dikerjakan. Sebagai contoh pelindung mata, pakailah kaca mata atau goggles untuk melindungi dari sinar yang kuat, loncatan bunga api, loncatan logam panas dan sebagainya

#### **6. Kesehatan dan keselamatan kerja**

1. Tersedia kotak PPPK sebagai suatu keharusan yang harus disediakan, dengan isinya antara lain : obat pusing, bethadin, pencuci mata (poor woter), kapas, dan plester atau perban..
2. Diperlukan adanya kesadaran akan tindakan keselamatan kerja dari semua unsur
3. Adanya kerja sama yang sinergis antar pengguna dan yang terkait dengan ruang kerja tersebut serta selalu menjunjung tinggi peran dan tanggung jawabnya masing-masing.
4. Upaya tindakan keselamatan kerja yang perlu dilakukan antara lain adalah sebagai berikut :

Tindakan pencegahan terjadinya kecelakaan harus dilakukan dengan rasa bertanggung jawab sepenuhnya terhadap tindakan keselamatan kerja.

Sikap hati-hati dan kesungguhan di lingkungan tempat kerja.

Hindarkanlah bertengkar atau bergumul dengan orang lain di tempat kerja.

Jangan bersendau-gurau, bermain atau melawak tanpa kontrol!

Jangan bermain api, listrik, udara kompresor atau semprotan air di tempat/ruang kerja bengkel !

Jangan melemparkan sesuatu ke tempat kerja dan berkonsentrasilah pada pekerjaan yang sedang dikerjakan dan sadarlah apa yang terjadi di sekeliling tempat kerja !

### 1.3. MEMBUAT LAPORAN PENGOPERASIAN PLTS

Setelah mempelajari materi ini Peserta Latih dapat :

- Mencatat semua kejadian yang ada kaitannya dengan PLTS dalam buku catatan (log book)
- Membuat laporan pengoperasian sesuai dengan format dan prosedur yang ditetapkan oleh perusahaan PLTS

#### Laporan pengoperasian PLTS

Laporan pengoperasian PLTS hanya diperuntukkan bagi PLTS yang besar dan terpusat dimana sebuah PLTS mempunyai pelanggan yang banyak dan membangkitkan daya yang besar. Sebagai Contoh di bawah ini diberikan sebuah pembangkit PLTS dengan daya yang besar di Kota Sakai.

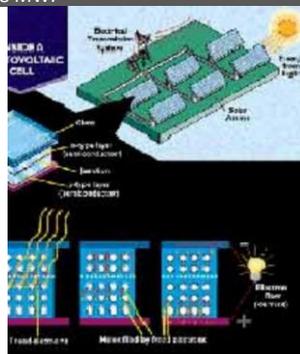
Pembangkit listrik tenaga surya mega rencananya akan dibagi menjadi dua lokasi, yaitu Pabrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Distrik no. 7-3 dengan output sekitar 10 MW (10,000 kW) dan Kompleks Manufaktur Fasilitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sakai dengan output sekitar 18 MW .

PLTS berkapasitas 154 MW itu akan dibangun di bagian utara negara bagian Victoria oleh perusahaan Solar Systems Australia - yang berkantor pusat di Melbourne.

## Pembangkit PLTS Terbesar di Dunia

Di Kota Pelabuhan Sakai Distrik Osaka, Japan

Gambar 16 | Kansai Electric Power Co., Inc. (Kansai Electric) dan Sharp Corporation membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas 10 MW dan 18 MW.



Membuat laporan pengelolaan PLTS harus dimulaidengan melakukan pencatatan-pencatatan seperti :

1. Mencatat meter listrik pelanggan, tujuannya adalah menentukan jumlah pembayaran yang harus dibayar pelanggan sesuai dengan komsumsinya.

Untuk rumah/lokasi yang tidak menggunakan meteran maka penarikan pembayaran berdasarkan aturan yang telah disepakati bersama antara lain besar pembayaran dan waktu penarikannya.

Kartu Langgan PLTS hendaklah selalu digantung di sebelah meteran listrik seperti contoh di bawah.

Gambar 18. | Contoh Kartu Langgan PLTS

|                  |                 |                |                   |                    |                   |
|------------------|-----------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Nama Pelanggan   |                 |                |                   |                    |                   |
| Alamat Pelanggan |                 |                |                   |                    |                   |
| Kelas Sambungan  |                 |                |                   |                    |                   |
| Tanggal          | Paraf Pelanggan | Paraf Operator | Catatan Bulan ini | Catatan Bulan lalu | Selisih pemakaian |
|                  |                 |                |                   |                    |                   |
|                  |                 |                |                   |                    |                   |
|                  |                 |                |                   |                    |                   |
|                  |                 |                |                   |                    |                   |
|                  |                 |                |                   |                    |                   |

Gambar 19. | Meteran Listrik yang dilengkapi dengan catatan pemakaian beban



2. Penarikan Pembayaran Listrik, mengumpulkan uangan iyuran yang wajib diserahkan pelanggan kepada pengelola PLTS sesuai dengan hak atas beban yang telah digunakan pelanggan. Penarikan pembayaran dapat dilakukan ke rumah atau tempat usaha pelanggan sesuai kesepakatan, tentang jumlah dan waktu penarikan. Disiapkan bukti-bukti pembayaran kalau perlu rangkap dua.
3. Penyimpanan bukti-bukti semua pemasukkan dan pengeluaran uang, Menyimpan bukti pembayaran secara teratur dapat memudahkan dalam membuat laporan keuangan PLTS. Yang dimaksud bukti pembayaran adalah semua bukti pemasukan dan pengeluaran dalam pengelolaan PLTS. Bukti transaksi dikelompokkan sesuai dengan perencanaan pendapatan dan pengeluaran keuangan pengelola PLTS, diurut sesuai dengan tanggal transaksi.

Gambar 20. | Contoh Pengelolaan Keuangan

| Pos Keuangan   | Kode  |
|----------------|-------|
| Administrasi   | I.    |
| Alat tulis     | I.1.  |
| Biaya rapat    | I.2.  |
| Surat menyurat | I.3.  |
| Perawatan      | II.   |
| Laher          | II.1. |
| Stempet        | II.2. |
| Kabel          | II.3. |
| Dan lain-lain  | II.4. |

4. Pembukuan dan Catatan Keuangan, keharusan menyimpan bukti pembayaran secara teratur sehingga dapat menjadi bukti dalam laporan keuangan. Sebaiknya buka rekening khusus di Bank terdekat.

#### D. Aktivitas Pembelajaran

1. Tuliskan hal – hal yang sebaiknya diselesaikan sebelum dimulainya sebuah proyek pembangunan PLTS
2. Sebagai seorang operator PLTS anda diminta untuk melakukan tugas/ pekerjaan sebagai berikut :
  - Melakukan pemeriksaan terhadap semua komponen pembangkit PLTS agar perangkat keras dan jaringan PLTS selalu dalam kondisi baik dan dapat beroperasi.
  - Mengoperasikan PLTS (menghidupkan dan mematikan Listrik sesuai jadwal.
  - Melakukan perawatan rutin dan *preventive maintenance*.

- Melakukan perbaikan kecil/minor yang dapat ditangani langsung.
- Membersihkan kaca pelindung Solar Modul secara rutin.
- Memelihara dan menjaga alat bantu kerja dan mencatat jumlah dan keadaannya.
- Mencatat semua kejadian yang ada dan berkaitan dengan PLTS dalam buku catatan /log book.
- Memberikan pelayanan tambahan, jika diperlukan.

## E. Rangkuman

Module adalah gabungan beberapa solar cel yang menghasilkan tenaga listrik .

Power conditioner adalah alat yang merubah energi listrik DC menjadi AC.

Kontroler sering disebut dengan berbagai nama seperti Charge Regulator, BCU dan sebagainya. Berfungsi mengatur lalu lintas listrik dari modul Surya ke Battery, apabila battery/accu sudah penuh maka listrik tidak akan diteruskan ke battery/accu dan sebaliknya.

Proteksi untuk melindungi baterai misalnya LVD (Low Voltage Disconnect), HVD (High Voltage Disconnect), Short Circuit Protection, Reverse Polarity, Reverse Current, PV Voltage Spike, Lightning Protection.

Sebelum mengoperasikan PLTS hendaklah di lakukan pemeriksaan terhadap segala sesuatu (Komponen PLTS, Jaringan, Panel Tenaga) dan lain sebagainya dengan merujuk pada panduan pengoperasian, gambar instalasi, Peraturan Umum Instalasi Listrik.

Pemilihan dan spesifikasi teknis peralatan dan komponen pembangkit tenaga surya biasanya dilakukan pada proses feasibility study dan perencanaan detail. Dalam proses ini spesifikasi dari peralatan harus sudah ditentukan. Pemilihan dan desain teknis disesuaikan dengan kondisi lokasi dan karakteristik operasional system yang dikehendaki, misalnya sistem SESF *Off-Grid*, SHS, terpusat, *hybrid* atau SESF *On-Grid*

Quality control digunakan untuk menjaga standard kualitas pekerjaan telah sesuai antara desain dengan spesifikasi aktualnya

Operasional sebuah pembangkit tenaga surya tidak hanya membangkitkan energi listrik yang memanfaatkan sinar matahari. Tetapi juga untuk mengontrol fasilitas dan peralatan pembangkitan lainnya dan mensuplai energi listrik ke konsumen pada kondisi yang stabil dan memastikan semua komponen dalam kondisi yang baik.

Tindakan yang harus dilakukan operator selama operasional pembangkit diantaranya sebagai berikut:

- Periksa modul surya dalam kondisi baik. Bersihkan sampah pada modul surya yang menghalangi sinar matahari.
- Periksa BCR dalam keadaan baik.
- Periksa baterai dalam keadaan baik. Matching charger dengan kebutuhan baterai, hindarkan underdischarge dan overdischarge, jaga agar elektrolit berada pada level yang tepat, jaga kebersihan baterai, hindari kondisi overheating dan lakukan ekualisasi secara periodik terhadap sel baterai yang lemah.

Periksa setiap kondisi yang tidak normal, lakukan tindakan penanggulangan dan perbaikan, hentikan pembangkit jika dirasa perlu.

#### F. Tes Formatif

1. Tenaga listrik dihasilkan oleh satu solar cell yang sangat kecil, maka beberapa solar cel harus digabung sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut ....
  - a. Module
  - b. Baterai
  - c. Inverter
  - d. Ballast
  
2. Agar energi listrik yang dihasilkan oleh solar module dapat dimanfaatkan maka harus dirubah menjadi listrik AC oleh alat yang disebut ....
  - a. *Power Conditioner*

- b. *PV Array*
  - c. *Module*
  - d. *Controller*
3. Komponen BCU bertugas memutuskan aliran listrik dari modul surya jika battery/accu sudah penuh adalah ...
- a. Low voltage disconnect
  - b. High voltage disconnect
  - c. Short circuit protection
  - d. Reverse polarity
4. Pengoperasian PLTS di lakukan pemeriksaan terhadap komponen PLTS, jaringan, panel tenaga dengan merujuk kecuali pada ....
- a. Panduan pengoperasian
  - b. Gambar instalasi
  - c. Peraturan Umum Instalasi Listrik
  - d. Ijin pengoperasian pembangkit listrik
5. Pemilihan dan spesifikasi teknis peralatan dan komponen pembangkit tenaga surya biasanya dilakukan pada proses ...
- a. Feasibility study dan Penganggaran dana
  - b. Feasibility study dan Pemasaran nasional
  - c. Feasibility study dan Suplayer komponen
  - d. Feasibility study dan Perencanaan detail

### **G. Kunci Jawaban**

1. a
2. a
3. b
4. d
5. d

## **BAB III**

### **PENUTUP**

#### **Uji Kompetensi**

1. Tuliskan hal – hal yang sebaiknya diselesaikan sebelum dimulainya sebuah proyek pembangunan PLTS
2. Tuliskan tahap tahap pengoperasian PLTS
3. Apa peran operator selama PLTS beroperasi ?
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan tindakan keselamatan kerja
5. Tuliskan dasar-dasar keselamatan kerja yang anda ketahui
6. Apakah yang dimaksud dengan sasaran tindakan keselamatan kerja ?
7. Bagaimanakah cara melakukan pencegahan terjadinya kecelakaan di bengkel mekanik elektro ?
8. Siapakah yang bertanggung jawab terhadap keselamatan kerja ?
9. Apa kegunaan operator melakukan pencatatan harian dalam log book ?
10. Sebutkan kegunaan kita melakukan pemeliharaan terhadap komponen pembangkit PLTS?
11. Sebutkan pula pentingnya kita melakukan pemeliharaan terhadap alat-alat penunjang PLTS
12. Pencatatan pembayaran baik pengeluaran maupun pemasukkan penting untuk memudahkan membuat laporan, jelaskan seberapa penting fungsi catatan tersebut ?
13. Inti dari laporan akan menunjukkan bahwa PLTS tersebut dikelola dengan baik, sebab laporan meliputi : Laporan teknis dan laporan administrasi/keuangan, jelaskan pentingnya kedua laporan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi Sukarno .Winarso. 2005. Penggunaan Osiloskop. PPPPTK BMTI Bandung.
- Ahmad Fahmi, Penggunaan Alat Ukur Listrik, CV. Armico, Bandung, 2001
- Gerhard.Brechmann,. 1993. Table for the Electric Trade. Deutche Gesselchaft fiir Technische Zusammenarbeit (GTZ) Gmbh, Eschborn Federal Republic of Germany.
- Golding Widdis, Electrical Measurements and Measuring Instruments, Wheelers Publishing, Alahabad, 1999.
- Indonesia Australia Partnership For Skills Development Batam Institutional Development Project.2001
- Jenneson J.R. 1990 Electrical principles for the Electrical Trades, 3rd edition. McGraw Hill, Sidney.
- M. Husni Thamrin, Pengelolaan Pemeliharaan Sarana Diklat, PPPG Teknologi Bandung, 2006
- Modul Bahan Ajar Elektro. 2001. Tim Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Munthe. Berayan. 2007. Pengukuran Listrik. PPPPTK BMTI Bandung.
- Pahmi. Aji W, Ahmad K. 2001. Penggunaan Alat Ukur Listrik. CV. Armico, Bandung.
- PPPGT Bandung, Pedoman Pemeliharaan Fasilitas PPPG Teknologi Bandung, 1998
- Rusmadi.Dedi, 2001, Cara Membuat PCB, Bandung, CV Pioner Jaya.
- Slamet Mulyono & Djihar Pasaribu (1978). Menggambar Teknik Listrik2. Depdikbud.
- Sugianto, 2007, desain Rangkaian Elektronika dan Layout PCB dengan Protel 99 SE, Jakarta, PT.Elex Komputindo, Gramedia.
- Supaat. 1999. Photo Voltaic Sumber Tenaga Listrik Alternatif Untuk Sekolah Menengah Kejuruan. PPPGT Malang.

## GLOSARIUM

ANSI : American National Standard Institute

JIC : Joint Industrial Council

NMEA : National Manufacturer Electrical Association

DIN : Deutche Industrial Norm

VDE : Verband Deutcher Electrotechniker

NEC : National Electrical Code

IEC : International Electrical Comission

IEEE : The Institute of Electrical and Electronics Engineers

SNI : Standar Nasional Indonesia

PLTS : Pembangkit Listrik Tenaga Surya

MPPT : *Maximum Power Point Tracking*

BCR : Batterai Control Regulator

PWM : Pulsa Width Modulation

PV : Photo Voltaic

Formatted: Font: Calibri, 11 pt

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

Formatted: Font: Calibri

Formatted

Formatted: Font: Calibri, 11 pt

Formatted: Add space between paragraphs of the same style



|