

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

APLIKASI PLTS

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI SURYA & ANGIN

Program Keahlian : Teknik Energi Terbarukan



KELOMPOK
KOMPETENSI

8



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2015

APLIKASI 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 jabaran 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.....	5
E. Saran Cara Penggunaan Modul	5
KEGIATAN PEMBELAJARAN.....	6
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PENGEMBANGAN EVALUASI PEMBELAJARAN	6
A. Tujuan	6
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	6
C. Uraian Materi.....	7
D. Aktivitas Pembelajaran	57
E. Rangkuman	59
F. Tes Formatif.....	60
G. Kunci Jawaban	61
KEGIATAN BELAJAR 2 : KOMPONEN KOMPONEN PLTS	73
A. Tujuan	73
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	73
C. Uraian Materi.....	73
D. Aktivitas Pembelajaran.....	117
E. Rangkuman	121
F. Tes Formatif	123
G. Kunci Jawaban	124
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : APLIKASI PENERANGAN DAN POMPA AIR PLTS	125
A. Tujuan	125

B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	125
C. Uraian Materi.....	125
D. Aktivitas Pembelajaran.....	165
E. Rangkuman.....	217
F. Tes Formatif.....	218
G. Kunci Jawaban.....	219
PENUTUP.....	220
Uji Kompetensi.....	220
DAFTAR PUSTAKA.....	222
GLOSARIUM.....	223
Lampiran.....	224

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1Metoda Penumbuhan Kristal Mono Czochralski dan Produk Ingot.....	74
Gambar 2. 2(a) Sel surya Single Kristal; (b) modul surya single Kristal.....	74
Gambar 2. 3 Metoda Casting Pembuatan Bahan Polikristal.....	75
Gambar 2. 4(a) Sel Surya Polikristal; (b) Modul Surya Polikristal	75
Gambar 2. 5 Proses Pembuatan EFG the Edge Defined Film Growth Ribbon	76
Gambar 2. 6(a) Modul dan (b) Sel Surya Jenis Polikristal dengan Metoda EFG	76
Gambar 2. 7 <i>Amorphous Silicon</i> dengan Heterojuction dengan <i>Stack</i> atau Tandem Sel ..	77
Gambar 2. 8 Konstruksi lapisan modul	78
Gambar 2. 9 Grafik tegangan baterai terhadap pemakaian beban dan pengisian arus listrik melalui fotovoltaiik.....	82
Gambar 2. 10 Rangkaian BCR tipe <i>Direct Connection</i>	85
Gambar 2. 11 Rangkaian BCR tipe On-Off Regulator.....	86
Gambar 2. 12 Rangkaian BCR tipe shunt	87
Gambar 2. 13 Tegangan baterai saat kondisi <i>Charge-Discharge</i> BCR tipe Two-Step Regulation.....	88
Gambar 2. 14 Rangkaian PWM pada BCR.....	89
Gambar 2. 15 Bentuk Arus Pengisian PV dengan PWM Saat Start.....	90
Gambar 2. 16 Bentuk arus pengisian PV dengan PWM 50% <i>Duty Cycle</i>	90
Gambar 2. 17 Bentuk arus pengisian PV dengan PWM 95% <i>Duty Cycle</i>	90
Gambar 2. 18 Rangkaian BCR dengan sistem kerja <i>On-Off regulator</i> jenis seri	91
Gambar 2. 19 Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off regulator jenis shunt	92
Gambar 2. 20 Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off pada sisi beban dan proteksi beban lebih	93
Gambar 2. 21 Typical 75 W PV Module Power	94
Gambar 2. 22 Sebuah DC/DC conveter digunakan pada sistem MPPT	95
Gambar 2. 23 Kurva tegangan batas atas untuk baterai 12 volt	98
Gambar 2. 24 Proses <i>discharging</i>	99
Gambar 2. 25 Proses <i>Charging</i>	100

Gambar 2. 26 Baterai Starting	101
Gambar 2. 27Baterai <i>Deep-Cycle</i>	102
Gambar 2. 28Konstruksi baterai <i>flooded cell</i>	103
Gambar 2. 29 <i>Sealed Cell</i> atau <i>Valve Regulated Lead Acid</i>	104
Gambar 2. 30Hubungan baterai secara (a) seri; (b) paralel; (c) seri-paralel	106
Gambar 2. 31Karakteristik baterai dalam kurva tegangan baterai vs laju <i>discharge</i>	107
Gambar 2. 32Siklus (<i>cycle life</i>) vs DOD baterai	108
Gambar 2. 33Degradasi baterai akibat efek <i>Softening</i>	109
Gambar 2. 34Degradasi baterai akibat efek korosi	110
Gambar 2. 35Degradasi baterai akibat efek sulfasi	111
Gambar 2. 36Degradasi baterai akibat efek stratifikasi elektrolit	112
Gambar 3. 1 <i>Solar Home System</i>	127
Gambar 3. 2 Sistem Pembangkit Listrik Terpusat	128
Gambar 3. 3 Sistem pembangkit listrik tenaga hibrida.....	129
Gambar 3. 4 Kurva SFC dan konsumsi bahan bakar	130
Gambar 3. 5 Profil beban dengan konsumsi bahan bakar diesel genset.....	130
Gambar 3. 6 Kurva beban harian dan konsumsi bahan bakar	131
Gambar 3. 7 Sistem pompa air tenaga surya.....	132
Gambar 3. 8 SESF <i>on-grid</i> pada aplikasi atap rumah	133
Gambar 3.9 Contoh arsitektur bangunan pemadam kebakaran dengan modul fotovoltaik.....	134
Gambar 3. 10 Pembangkit Listrik <i>On-Grid</i> Terpusat	135
Gambar 3. 11 Flowchart Perancangan Sistem Energi Surya Fotovoltaik.....	138
Gambar 3. 12 Wiring diagram SHS.....	139
Gambar 3. 13Gelombang output inverter	140
Gambar 3. 14 Tahapan perancangan menggunakan RETScreen	146
Gambar3.15 Analisa Finansial pada Perancangan Sistem Fotovoltaik Menggunakan RETScreen	146
Gambar 3. 16 Tampilan utama HOMER.....	148
Gambar 3. 17 Contoh layout komponen	148

Gambar 3. 18 Konfigurasi sistem sebagai hasil optimasi HOMER	149
Gambar 3. 19 <i>Layout</i> opsi disain PVSyst	150
Gambar 3. 20 Tahapan simulasi dengan PVSyst	150
Gambar 3. 21 Contoh simulasi rugi-rugi akibat bayangan dengan peletakan sumber bayangan	151
Gambar 3. 22 Contoh model INSEL untuk SESF <i>On-Grid</i>	152
Gambar 3. 23 Skema PLTS BCS	155
Gambar 3. 24 PJU 50 W	158
Gambar 3. 25 PLTS Terpusat	159
Gambar 3. 26 Bagan Instalasi PLTS	162
Gambar 3. 27 Skema pemasangan PLTS SHS	165

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tegangan batas atas BCR	96
Tabel 2. 2 Battery State of Charge (kondisi tegangan sesuai kapasitas baterai)	98
Tabel 2. 3 Bulk charging current sesuai kapasitas baterai	115
Tabel 2. 4 Tegangan charging berdasarkan tipe baterai.....	116
Tabel 3. 1 Spesifikasi konduktor tembaga berdasarkan luas penampangnya.....	142

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 oleh energi fosil, 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. Pembangkit 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,

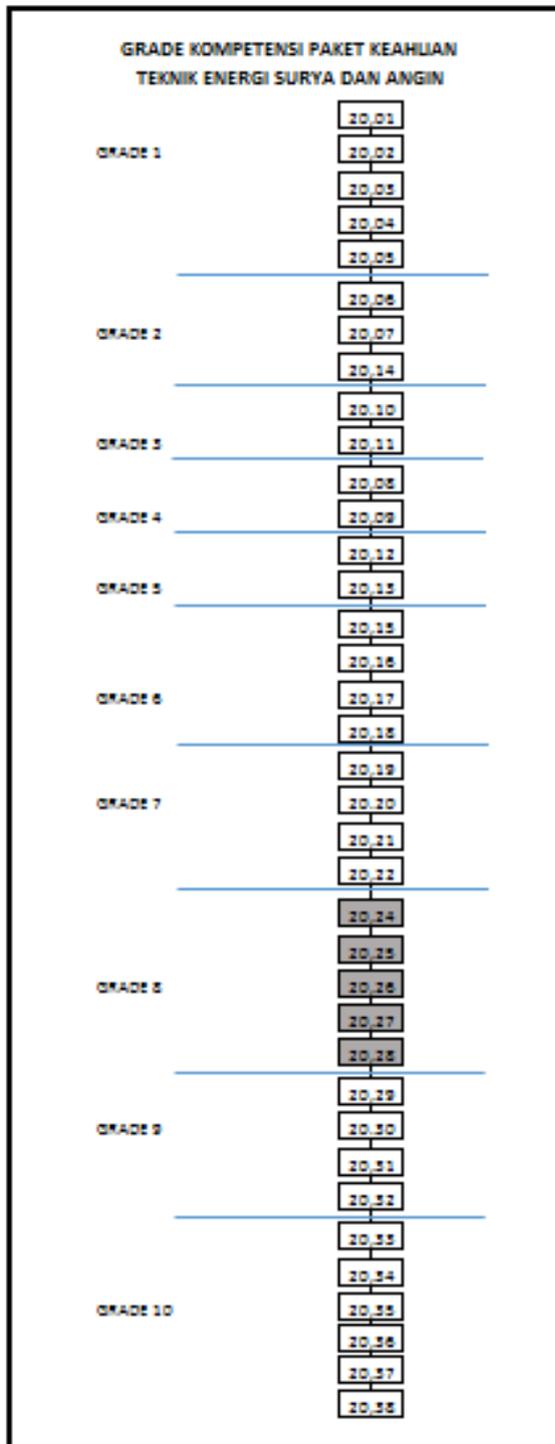
- **Subsistem Beban**

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

B. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini peserta mampu merencanakan berbagai aplikasi pembangkit listrik tenaga surya dan pemanas tenaga surya.

C. Peta Kompetensi



D. Ruang Lingkup

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

- ✓ Perencanaan aplikasi energi listrik dari tenaga surya
- ✓ Perencanaan aplikasi energi panas dari tenaga surya

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 I

KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PENGEMBANGAN EVALUASI PEMBELAJARAN

A. Tujuan

Tujuan dari penulisan materi dalam modul ini adalah:

1. Melalui membaca peserta diklat dapat menjelaskan tentang prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar dengan santun;
2. Melalui diskusi kelompok peserta diklat dapat mengidentifikasi aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi dengan teliti;
3. Melalui tanya jawab peserta diklat dapat menentukan prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar dengan percaya diri;
4. Melalui contoh peserta diklat dapat mengembangkan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar dengan penuh tanggungjawab;
5. Melalui kegiatan praktek peserta diklat dapat mengadministrasikan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar secara rinci;
6. Melalui data yang diperoleh peserta diklat dapat menganalisis hasil penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar dengan cermat;
7. Melalui berbagai instrumen peserta diklat dapat melakukan evaluasi proses dan hasil belajar dengan konsisten.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Dapat menjelaskan prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;
2. Dapat mengidentifikasi aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi;
3. Dapat menentukan prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;
4. Dapat mengembangkan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;
5. Dapat mengadministrasikan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;

6. Dapat menganalisis hasil penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar;
7. Dapat melakukan evaluasi proses dan hasil belajar.

C. Uraian Materi

Assesment pembelajaran merupakan salah satu bagian penting pada pelaksanaan pembelajaran. Pelaksanaan *assessment* pembelajaran guru dihadapkan pada tiga istilah yang sering dikacaukan pengertiannya atau bahkan sering pula digunakan secara bersama yaitu istilah pengukuran, penilaian dan evaluasi. *Measurement* atau pengukuran diartikan sebagai proses untuk menentukan luas atau kuantitas sesuatu (Wondt, Edwin and G.W. Brown, 1957:1), dengan pengertian lain pengukuran adalah suatu usaha untuk mengetahui keadaan sesuatu seperti adanya yang dapat dikuantitaskan, hal ini dapat diperoleh dengan jalan tes atau cara lain. Penilaian dalam konteks hasil belajar diartikan sebagai kegiatan menafsirkan data hasil pengukuran tentang kecakapan yang dimiliki siswa setelah mengikuti kegiatan pembelajaran.

Evaluasi dan penilaian lebih bersifat komprehensif yang meliputi pengukuran, sedangkan tes merupakan salah satu alat (instrument) pengukuran. Pengukuran lebih membatasi kepada gambaran yang bersifat kuantitatif (angka-angka) tentang kemajuan belajar peserta didik (learning progres), sedangkan evaluasi dan penilaian lebih bersifat kualitatif. Di samping itu, evaluasi dan penilaian pada hakikatnya merupakan suatu proses membuat keputusan tentang nilai suatu objek. Keputusan penilaian (*value judgement*) tidak hanya didasarkan kepada hasil pengukuran (*quantitativ description*), tetapi dapat pula didasarkan kepada hasil pengamatan dan wawancara (*quqlitatif description*).

Implementasi Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan dan Permendiknas Nomor 20 Tahun 2007 tentang Standar Penilaian Pendidikan membawa implikasi terhadap sistem penilaian, termasuk model dan teknik penilaian proses dan hasil belajar peserta didik.

Sejalan dengan itu berdasarkan permendiknas nomor 16 tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru, salah satu kompetensi inti yang harus dikuasai guru adalah mampu menyelenggarakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar. Untuk melakukan kegiatan tersebut maka setiap guru mata pelajaran harus memiliki

kompetensi dalam: 1) Memahami prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar sesuai dengan karakteristik mata pelajaran yang diampu, 2) Menentukan aspek-aspek proses dan hasil belajar yang penting untuk dinilai dan dievaluasi sesuai dengan karakteristik mata pelajaran yang diampu, 3) Menentukan prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, 4) Mengembangkan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, 5) Mengadministrasikan penilaian proses dan hasil belajar secara berkesinambungan dengan menggunakan berbagai instrumen, 6) Menganalisis hasil penilaian proses dan hasil belajar untuk berbagai tujuan, 7) Melakukan evaluasi proses dan hasil belajar.

Perubahan Kurikulum 2013 berwujud pada perubahan kompetensi lulusan, isi, proses dan penilaian. Elemen utama perbaikan kurikulum 2013 dalam reformasi penilaian dengan penerapan *authentic assesment* atau penilaian autentik, dan perubahan pada penulisan buku rapor.

Penilaian autentik meruan suatu pendekatan penilaian yang memungkinkan peserta didik mendemonstrasikan kemampuannya dalam menyelesaikan tugas-tugas atau masalah, dengan mengekspresikan pengetahuan dan keterampilan serta sikapnya sesuai kaidah-kaidah yang berlaku di dunia nyata atau dunia kerja. Penilaian autentik berdampak terhadap perlunya perubahan/penyesuaian terhadap teknik, dan instrumen serta proses penilaian yang dilakukan selama ini. Penerapan penilaian autentik ini dapat dilakukan oleh guru secara sendiri, guru secara tim, atau guru bekerja sama dengan peserta didik. Dalam penilaian autentik sering kali pelibatan peserta didik sangat penting. Asumsinya peserta didik dapat melakukan aktivitas belajar lebih baik ketika mereka tahu bagaimana mereka akan dinilai.

Penilaian pembelajaran terhadap kompetensi siswa meliputi penilaian proses dan hasil belajar. Penilaian proses pembelajaran dilakukan selama pembelajaran berlangsung pada setiap pertemuan dan beberapa pertemuan berikutnya sampai selesai dipelajarinya satu kompetensi dasar oleh siswa. Penilaian proses pada setiap pertemuan dapat dilakukan pada wal, tengah atau akhir pertemuan. Hasil penilaian proses pembelajaran yang dilakukan pada setiap pertemuan memberi gambaran tentang hasil sementara dari siswa pada pertemuan itu. Hasil penilaian ini menjadi acuan bagi guru

dalam menentukan langkah pembelajaran pada pertemuan berikutnya. Dengan hasil itu guru dapat memutuskan tentang kelanjutan dari rencana pembelajaran yang telah disiapkan, dapat diteruskan, dilakukan penyesuaian atau bahkan perubahan.

Penilaian hasil pembelajaran dilakukan minimal setelah satu kompetensi dasar dipelajari. Bila muatan materi pada satu kompetensi dasar cukup padat, penilaian hasil dapat dilakukan lebih dari satu kali. Fokus penilaian tidak harus pada semua indikator pencapaian kompetensi yang telah ditetapkan, namun dapat dipilih yang berkenaan dengan indikator esensial dan mencerminkan hasil akhir pencapaian kompetensi dasarnya.

1. Prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Dalam melaksanakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, pendidik perlu memperhatikan prinsip-prinsip penilaian sebagai berikut:

Valid/sahih

Penilaian hasil belajar oleh pendidik harus mengukur pencapaian kompetensi yang ditetapkan dalam standar isi (standar kompetensi dan kompetensi dasar) dan standar kompetensi lulusan. Penilaian valid berarti menilai apa yang seharusnya dinilai dengan menggunakan alat yang sesuai untuk mengukur kompetensi.

Objektif

Penilaian hasil belajar peserta didik hendaknya tidak dipengaruhi oleh subyektivitas penilai, perbedaan latar belakang agama, sosial-ekonomi, budaya, bahasa, gender, dan hubungan emosional.

Transparan/terbuka

Penilaian hasil belajar oleh pendidik bersifat terbuka artinya prosedur penilaian, kriteria penilaian dan dasar pengambilan keputusan terhadap hasil belajar peserta didik dapat diketahui oleh semua pihak yang berkepentingan.

Adil

Penilaian hasil belajar tidak menguntungkan atau merugikan peserta didik karena berkebutuhan khusus serta perbedaan latar belakang agama, suku, budaya, adat istiadat, status sosial ekonomi, dan gender.

Terpadu

Penilaian hasil belajar oleh pendidik merupakan salah satu komponen yang tak terpisahkan dari kegiatan pembelajaran.

Menyeluruh dan berkesinambungan

Penilaian hasil belajar oleh pendidik mencakup semua aspek kompetensi dengan menggunakan berbagai teknik penilaian yang sesuai, untuk memantau perkembangan kemampuan peserta didik.

Sistematis

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dilakukan secara berencana dan bertahap dengan mengikuti langkah-langkah baku.

Akuntabel

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dapat dipertanggungjawabkan, baik dari segi teknik, prosedur, maupun hasilnya.

Beracuan kriteria

Penilaian hasil belajar oleh pendidik didasarkan pada ukuran pencapaian kompetensi yang ditetapkan.

2. Aspek-Aspek penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Aspek atau sasaran evaluasi adalah sesuatu yang dijadikan titik pusat perhatian yang akan diketahui statusnya berdasarkan pengukuran. Dalam dunia pendidikan, ada tiga aspek yang menjadi sasaran evaluasi pembelajaran, yaitu aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik.

Ranah Kognitif

Aspek atau domain kognitif adalah ranah yang mencakup kegiatan mental (otak). Menurut Bloom, segala upaya yang menyangkut otak adalah termasuk dalam

ranah kognitif. Dalam ranah kognitif terdapat enam jenjang proses berpikir, mulai dari jenjang terendah sampai dengan jenjang yang paling tinggi. Keenam jenjang dimaksud adalah (1) pengetahuan, hafalan, ingatan (*knowledge*), (2) pemahaman (*comprehension*), (3) penerapan (*application*), (4) analisis (*analysis*), (5) sintesis (*synthesis*), dan (6) penilaian (*evaluation*).

- 1) **Pengetahuan** adalah kemampuan seseorang untuk mengingat-ingat kembali (*recall*) atau mengenali kembali tentang nama, istilah, ide, gejala, rumus-rumus, dan lain-lain tanpa mengharapkan kemampuan untuk menggunakannya. Pengetahuan atau ingatan ini merupakan tingkat berpikir yang paling rendah. Salah satu contoh hasil belajar kognitif pada jenjang pengetahuan adalah peserta didik dapat menghafal surat al-'Ashr, menerjemahkan dan menuliskannya kembali secara baik dan benar, sebagai salah satu materi pelajaran kedisiplinan yang diberikan guru Pendidikan Agama Islam di sekolah. Contoh lainnya, peserta didik dapat mengingat kembali peristiwa kelahiran Rasulullah saw.
- 2) **Pemahaman** adalah kemampuan seseorang untuk mengerti dan memahami sesuatu setelah sesuatu itu diketahui dan diingat. Dengan kata lain, memahami adalah mengetahui tentang sesuatu dan dapat melihatnya dari berbagai segi. Seorang peserta didik dapat dikatakan memahami sesuatu apabila dia dapat memberikan penjelasan yang rinci tentang sesuatu tersebut dengan menggunakan kata-katanya sendiri. Pemahaman merupakan tingkat berpikir yang setingkat lebih tinggi dari ingatan atau hafalan. Salah satu contoh hasil belajar ranah kognitif pada jenjang pemahaman adalah peserta didik dapat menguraikan tentang makna kedisiplinan yang terkandung dalam surat al-'Ashr secara lincer dan jelas.
- 3) **Penerapan** atau aplikasi adalah kesanggupan seseorang untuk menerapkan atau menggunakan ide-ide umum, tata cara ataupun metode-metode, prinsip-prinsip, rumus, teori dan lain-lain dalam situasi yang baru dan kongkrit. Aplikasi atau penerapan ini adalah tingkat berpikir yang setingkat lebih tinggi daripada pemahaman. Salah satu contoh hasil belajar kognitif

jenjang aplikasi adalah peserta didik mampu memikirkan tentang penerapan konsep kedisiplinan yang diajarkan oleh Islam dalam kehidupan sehari-hari, baik di lingkungan keluarga, sekolah maupun di masyarakat.

- 4) **Analisis** adalah kemampuan seseorang untuk merinci atau menguraikan suatu bahan atau keadaan menurut bagian-bagian yang lebih kecil dan mampu memahami hubungan di antara bagian-bagian tersebut. Taraf berpikir analisis adalah setingkat lebih tinggi daripada taraf berpikir aplikasi. Contoh hasil belajar analisis adalah peserta didik dapat merenung dan memikirkan dengan baik tentang wujud nyata kedisiplinan seorang siswa sehari-hari di rumah, di sekolah, dan di masyarakat sebagai bagian dari ajaran Islam.
- 5) **Sintesis** adalah kemampuan berpikir yang merupakan kebalikan dari proses berpikir analisis. Sintesis merupakan suatu proses berpikir yang memadukan bagian-bagian atau unsur-unsur secara logis, sehingga menjelma menjadi suatu pola yang berstruktur atau berbentuk pola baru. Taraf berpikir sintesis kedudukannya setingkat lebih tinggi daripada taraf berpikir analisis. Salah satu contoh hasil belajar kognitif pada taraf sintesis adalah peserta didik mampu menulis karangan tentang pentingnya kedisiplinan sebagaimana telah diajarkan oleh Islam. Dalam karangannya itu, peserta didik juga dapat mengemukakan secara jelas gagasan-gagasannya sendiri atau orang lain, data-data atau informasi lain yang mendukung pentingnya kedisiplinan.
- 6) **Penilaian** atau penghargaan atau evaluasi merupakan jenjang berpikir paling tinggi dalam ranah kognitif menurut taksonomi Bloom. Penilaian atau evaluasi merupakan kemampuan seseorang untuk membuat pertimbangan terhadap suatu situasi, nilai, atau ide. Misalnya, jika seseorang dihadapkan pada beberapa pilihan maka dia akan mampu memilih satu pilihan yang terbaik sesuai dengan patokan-patokan atau criteria yang ada. Contoh hasil belajar kognitif taraf evaluasi adalah peserta didik mampu mengidentifikasi manfaat kedisiplinan dan mudharat kemalasan sehingga pada akhirnya dia

berkesimpulan dan menilai bahwa kedisiplinan di samping merupakan perintah Allah swt juga merupakan kebutuhan manusia itu sendiri. Keenam jenjang taraf berpikir kognitif ini bersifat kontinum dan *overlap* atau tumpang tindih, di mana taraf berpikir yang lebih tinggi meliputi taraf berpikir yang ada di bawahnya.

Ranah afektif

Taksonomi untuk ranah afektif dikembangkan pertama kali oleh David R. Krathwohl dan kawan-kawan (1974) dalam bukunya yang berjudul *Taxonomy of Educational Objectives: Affective Domain*. Ranah afektif adalah ranah yang berkaitan dengan sikap dan nilai. Beberapa pakar mengatakan bahwa sikap seseorang dapat diramalkan perubahannya bila seseorang telah memiliki penguasaan kognitif yang tinggi. Ciri-ciri hasil belajar afektif akan tampak pada peserta didik dalam berbagai tingkah laku, seperti perhatiannya terhadap mata pelajaran PAI, kedisiplinan dalam mengikuti pembelajaran PAI, motivasinya yang tinggi untuk tahu lebih banyak tentang materi PAI, penghargaan dan rasa hormat terhadap guru PAI, dan lain-lain.

Ranah afektif ini oleh Krathwohl dan kawan-kawan dirinci ke dalam beberapa jenjang atau taraf afektif, yaitu (1) penerimaan (*receiving*), (2) penanggapan (*responding*), (3) menilai (*valuing*), (4) mengorganisasikan (*organization*), dan (5) karakterisasi dengan nilai atau kompleks nilai (*characterization by a value or value complex*).

1) **Receiving** atau *attending* adalah kepekaan seseorang dalam menerima rangsangan atau stimulus dari luar yang datang kepada dirinya dalam bentuk masalah, situasi, gejala, dan lain-lain. Termasuk dalam jenjang ini adalah kesadaran dan keinginan untuk menerima stimulus, mengontrol dan menyeleksi gejala-gejala atau rangsangan yang datang. *Receiving* atau *attending* juga sering diberi pengertian sebagai kemauan untuk memperhatikan suatu kegiatan atau suatu objek. Pada jenjang ini, peserta didik dibina agar mereka bersedia menerima nilai yang diajarkan kepada mereka, dan mereka mau menggabungkan diri ke dalam nilai itu, atau

- mengidentikkan diri dengan nilai itu. Contoh hasil belajar afektif taraf *receiving* adalah peserta didik menyadari bahwa disiplin wajib ditegakkan, sifat malas dan tidak berdisiplin harus disingkirkan jauh-jauh.
- 2) **Responding** atau menanggapi mengandung arti "adanya partisipasi aktif". Jadi, kemampuan *responding* adalah kemampuan yang dimiliki seseorang untuk mengikutsertakan dirinya secara aktif dalam fenomena tertentu dan membuat reaksi terhadapnya dengan salah satu cara. Jenjang ini setingkat lebih tinggi daripada *receiving*. Contoh hasil belajar ranah afektif jenjang *responding* adalah peserta didik tumbuh hasratnya untuk mempelajari lebih jauh ajaran-ajaran Islam tentang kedisiplinan.
 - 3) **Valuing** artinya memberikan nilai atau penghargaan terhadap suatu kegiatan atau objek, sehingga apabila kegiatan itu tidak dikerjakan dirasakan akan membawa kerugian atau penyesalan. *Valuing* merupakan taraf afektif yang setingkat lebih tinggi daripada *responding*. Terkait dengan proses pembelajaran, peserta didik tidak hanya mau menerima nilai yang diajarkan tetapi telah mampu untuk menilai konsep atau fenomena, yaitu baik-buruk. Apabila peserta didik telah mampu untuk mengatakan bahwa "itu baik atau itu buruk" maka dia sudah mampu untuk melakukan penilaian. Nilai itu sudah mulai diinternalisasikan ke dalam dirinya, yang selanjutnya bersifat stabil dan menetap dalam dirinya. Contoh hasil belajar afektif taraf *valuing* adalah tumbuhnya kemauan yang kuat dalam diri peserta didik untuk berlaku disiplin, baik di rumah, sekolah, maupun di masyarakat karena didasari keyakinan dan penilaian bahwa hidup disiplin adalah baik.
 - 4) **Organization** artinya mempertemukan perbedaan nilai sehingga terbentuk nilai baru yang lebih universal, yang membawa kepada perbaikan umum. Mengatur atau mengorganisasikan merupakan pengembangan dari nilai ke dalam satu sistem organisasi, termasuk di dalamnya hubungan satu nilai dengan nilai yang lain, pemantapan dan prioritas nilai yang telah dimilikinya. Contoh hasil belajar afektif taraf *organization* adalah peserta didik mendukung penegakkan disiplin nasional yang dicanangkan oleh

pemerintah. Mengatur atau mengorganisasikan ini merupakan taraf afektif yang setingkat lebih tinggi daripada *valuing*.

- 5) **Characterization by a value orang value complex** yakni keterpaduan semua sistem nilai yang telah dimiliki seseorang, yang mempengaruhi pola kepribadian dan tingkah lakunya. Di sini proses internalisasi nilai telah menempati tempat yang tinggi dalam suatu hirarki nilai. Nilai itu telah tertanam secara konsisten dalam sistemnya dan telah mempengaruhi emosinya. Ini adalah tingkatan afektif tertinggi karena sikap batin peserta didik telah benar-benar bijaksana. Dia telah memiliki filsafat hidup yang mapan. Jadi pada taraf afektif ini, peserta didik telah memiliki sistem nilai yang mapan dan mengontrol tingkah lakunya untuk suatu waktu yang cukup lama, sehingga membentuk karakteristik "pola hidup". Tingkah lakunya menetap, konsisten, dan dapat diramalkan. Contoh hasil belajar afektif ranah terakhir ini adalah peserta didik telah memiliki kebulatan sikap. Wujudnya, peserta didik menjadikan perintah Allah swt dalam surat al-'Ashr sebagai pegangan hidupnya dalam hal yang menyangkut kedisiplinan, baik di rumah, sekolah, maupun di masyarakat.

Ranah Psikomotor

Ranah psikomotor adalah ranah yang berkaitan dengan keterampilan (skill) atau kemampuan bertindak setelah seseorang menerima pengalaman belajar tertentu. Hasil belajar ranah psikomotor dikemukakan oleh Simpson (1956) yang menyatakan bahwa hasil belajar psikomotor ini tampak dalam bentuk keterampilan dan kemampuan bertindak individu. Hasil belajar kognitif dan afektif akan menjadi hasil belajar psikomotor apabila peserta didik telah menunjukkan perilaku atau perbuatan tertentu sesuai dengan makna yang terkandung dalam ranah kognitif dan afektifnya.

Sebagai contoh wujud nyata hasil belajar psikomotor untuk tema kedisiplinan dapat berupa:

- Peserta didik bertanya kepada guru PAI tentang contoh-contoh kedisiplinan yang ditunjukkan oleh Rasulullah saw, para sahabat, dan ulama.

- Peserta didik mencari dan membaca buku, majalah, dan sumber informasi lain yang memuat tentang tema kedisiplinan.
- Peserta didik dapat memberikan penjelasan kepada siapapun tentang pentingnya kedisiplinan dalam kehidupan.
- Peserta didik menganjurkan kepada siapapun untuk berperilaku hidup disiplin.
- Peserta didik dapat memberikan contoh perilaku kedisiplinan dalam bentuk mentaati peraturan, beribadah, belajar dan lain-lain di manapun dia berada.
- Dan lain-lain

3. Prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Mengingat pentingnya penilaian dalam menentukan kualitas pembelajaran, maka upaya merencanakan dan melaksanakan penilaian hendaknya memperhatikan beberapa prosedur penilaian. Prosedur penilaian yang dimaksudkan antara lain adalah sebagai berikut :

Mengkaji Materi Pembelajaran

Tahap pertama yang harus dilakukan guru sebagai penilai adalah mempelajari dan mengkaji materi pembelajaran dari satu atau lebih kompetensi dasar. Kajian materi ini dapat dilakukan melalui beberapa referensi untuk memperoleh bahan secara komprehensif dari beragam sumber dengan bertolak pada kompetensi yang diharapkan.

Memilih Teknik Penilaian

Tahap kedua Guru memilih atau menentukan teknik penilaian sesuai dengan kebutuhan pengukuran. Secara garis besar, teknik penilaian dapat digolongkan menjadi dua, yaitu penilaian melalui tes dan non tes. Dalam menentukan keakuratan perlu dipertimbangkan pemilihan teknik, yaitu tingkat ke-akuratan dan kepraktisan penyusunan dalam setiap butir soal/instrumen.

Perumusan Kisi – Kisi

Tahap ketiga merumuskan dan membuat matrik kisi-kisi sesuai dengan teknik penilaian yang telah ditentukan. Kisi-kisi merupakan deskripsi mengenai

informasi dan ruang lingkup dari materi pembelajaran yang digunakan sebagai pedoman untuk menulis soal atau matriks soal menjadi tes. Pembuatan kisi-kisi memiliki tujuan untuk menentukan ruang lingkup dalam menulis soal agar menghasilkan perangkat tes yang sesuai dengan indikator.

Kisi kisi dibuat berdasarkan kompetensi dasar dan indikator yang ingin dicapai serta bentuk tes yang akan diberikan kepada peserta didik. Tes dapat berbentuk tes objektif benar-salah, pilihan ganda atau tes uraian serta non tes berupa penilaian afektif dan psikomotorik.

Kisi-kisi berfungsi sebagai pedoman dalam penulisan soal dan perakitan tes. Dengan adanya kisi-kisi penulisan soal menjadi terarah, komprehensif dan representatif. Dengan pedoman kepada kisi-kisi penyusunan soal menjadi lebih mudah dan dapat menghasilkan soal-soal yang sesuai dengan tujuan tes.

Penulisan Butir Soal

Tahap keempat, guru menulis dan membuat butir-butir soal/instrumen yang sesuai dengan kisi-kisi dan bentuk soal/instrumen yang telah ditentukan. Bila guru menggunakan teknik non tes, maka diperlukan untuk membuat pedoman pengisian instrumen. Misalnya untuk observasi atau wawancara.

Penimbangan/Review

Dalam tahap ini, butir soal dan atau pedoman yang telah disusun guru, ditimbang secara rasional (analisis rasional oleh guru); dibaca, ditelaah dan dikaji kembali butir-butir soal dan atau pedoman yang dibuat telah memenuhi persyaratan.

Perbaikan

Pedoman diperbaiki sesuai dengan hasil penimbangan, bagian-bagian mana yang perlu dikurangi atau ditambah kalimat atau kata-katanya perbaikan inipun biasanya didasarkan kepada pemikiran peserta didik untuk memahami isi dari kalimat yang diberikan, hal ini mengandung arti bahwa kalimat yang disusun hendaknya mudah di pahami oleh para peserta didik .

Uji-coba dan Penggandaan.

Uji-coba terhadap instrumen yang dibuat adalah untuk menentukan apakah butir soal/instrumen yang dibuat telah memenuhi kriteria yang dituntut, sudahkah mempunyai tingkat ketetapan, ketepatan, tingkat kesukaran dan daya pembeda yang memadai. Untuk bentuk non tes kriterianya dituntut adalah tingkat ketepatan (validitas) dan ketetapan (reliabilitas) sehingga diperoleh perangkat alat tes ataupun non tes yang baku (standar)

Diuji (diteskan)

Setelah diperoleh perangkat alat tes ataupun non tes yang memenuhi persyaratan sudah barang tentu perangkat alat ini diorganisasikan, disusun berdasarkan pada bentuk-bentuk atau model-model soal bagi perangkat tes, dan untuk perangkat non tes. Setelah perangkat tes maupun non tes digandakan kemudian siap untuk diujikan.

Pemberian Skor

Lembar jawaban peserta didik dikumpulkan dan disusun berdasarkan nomer induk peserta didik untuk memudahkan dalam memasukkan skor peserta didik. Kemudian dilakukan pemberian skor sesuai dengan kunci jawaban, sehingga diperoleh skor setiap peserta didik. Untuk bentuk soal objektif diberi skor 1 jika benar dan 0 jika salah, sedangkan skor bentuk *essay* bergantung kepada tingkat kesulitan soal. Untuk menafsirkan siapa yang lulus dan tidak lulus bergantung pada batas lulus yang dipergunakan oleh guru.

Putusan.

Setelah pengelolaan, sampai pada menafsirkan, guru memperoleh putusan akhir dari kegiatan penilaian. Putusan yang diambil diharapkan obyektif sesuai dengan aturan.

4. Pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Instrumen penilaian yang akan dipergunakan harus dikembangkan oleh guru. Teknik dan instrumen yang dapat digunakan untuk menilai kompetensi pada aspek sikap, keterampilan, dan pengetahuan disajikan dalam Tabel 1.1

Tabel 1.1

Ranah dan Jenis Penilaian

Ranah/Lingkup	Gradasi /Taksonomi	Jenis	Periode Waktu
Sikap Spriritual, Sosial	menerima, menanggapi, menghargai, menghayati, mengamalkan	Pengamatan	setiap pertemuan
		Penilaian Diri	periode
		Penilaian Teman	periode
		Jurnal	insidental
Pengetahuan Faktual, Konseptual, Prosedural, Metakognitif	mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, mencipta	Tes tulisan	UH, UTS, UAS
		Tes lisan/observasi diskusi	UH, UTS, UAS
		Non tes Tugas	UH, UTS, UAS
		Penilaian Diri	sebelum ulangan
Keterampilan Abstrak, Konkret	Abstrak: mengamati, menanya, mencoba, menalar, menyaji Konkret: meniru, melakukan, menguraikan, merangkai, memodifikasi, mencipta	Kinerja/Praktik	Setiap KD , UTS, UAS
		Produk	Kelompok KD, UTS, UAS
		Proyek	Kelompok KD, UTS, UAS
		Portofolio	Kelompok KD, UTS, UAS
		Penilaian Diri	Sebelum Uji Keterampilan

Penilaian Kompetensi Sikap

Sikap bermula dari perasaan (suka atau tidak suka) yang terkait dengan kecenderungan seseorang dalam merespon sesuatu/objek. Sikap juga sebagai ekspresi dari nilai-nilai atau pandangan hidup yang dimiliki oleh seseorang. Sikap dapat dibentuk, sehingga terjadi perubahan perilaku atau tindakan yang diharapkan.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk menilai sikap peserta didik, antara lain melalui observasi, penilaian diri, penilaian teman sebaya, dan penilaian melalui jurnal. Instrumen yang digunakan antara lain daftar cek atau skala penilaian yang disertai rubrik, yang hasil akhirnya dihitung berdasarkan modus.

1) Observasi

Sikap dan perilaku keseharian peserta didik direkam melalui pengamatan dengan menggunakan format yang berisi sejumlah indikator perilaku yang diamati, baik yang terkait dengan mata pelajaran maupun secara umum. Pengamatan terhadap sikap dan perilaku yang terkait dengan mata pelajaran dilakukan oleh guru yang bersangkutan selama proses pembelajaran berlangsung, seperti: ketekunan belajar, percaya diri, rasa ingin tahu, kerajinan, kerjasama, kejujuran, disiplin, peduli lingkungan, dan selama peserta didik berada di sekolah atau bahkan di luar sekolah selama perilakunya dapat diamati guru.

Tabel 1.2

Contoh Format Pengamatan Sikap dalam Laboratorium IPA

No	Nama	Aspek perilaku yang dinilai				Skor	Keterangan
		Bekerja sama	Rasa ingin tahu	Disiplin	Peduli lingkungan		
1	Andi	3	4	3	2	12	

2	Badu						
3						

Catatan:

Kolom Aspek perilaku diisi dengan angka yang sesuai dengan kriteria berikut.

1 = kurang

2 = cukup

3 = baik

4 = sangat baik

Format di atas dapat digunakan pada mata pelajaran lain dengan menyesuaikan aspek perilaku yang ditetapkan pada tujuan pembelajaran.

2) Penilaian diri (*self assessment*)

Penilaian diri digunakan untuk memberikan penguatan (*reinforcement*) terhadap kemajuan proses belajar peserta didik. Penilaian diri berperan penting bersamaan dengan bergesernya pusat pembelajaran dari guru ke peserta didik yang didasarkan pada konsep belajar mandiri (*autonomous learning*).

Untuk menghilangkan kecenderungan peserta didik menilai diri terlalu tinggi dan subyektif, penilaian diri dilakukan berdasarkan kriteria yang jelas dan objektif. Untuk itu penilaian diri oleh peserta didik di kelas perlu dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

- a) Menjelaskan kepada peserta didik tujuan penilaian diri.
- b) Menentukan kompetensi yang akan dinilai.
- c) Menentukan kriteria penilaian yang akan digunakan.
- d) Merumuskan format penilaian, dapat berupa daftar tanda cek, atau skala penilaian.

Tabel 1.3

Contoh Format Penilaian Diri untuk Aspek Sikap

Partisipasi Dalam Diskusi Kelompok	
Nama	: -----
Nama-nama anggota kelompok	: -----
Kegiatan kelompok	: -----
Isilah pernyataan berikut dengan jujur. Untuk No. 1 s.d. 6, tuliskan huruf A,B,C atau D didepan tiap pernyataan:	
A : selalu	C : kadang-kadang
B : sering	D : tidak pernah
1.-- Selama diskusi saya mengusulkan ide kepada kelompok untuk didiskusikan	
2.-- Ketika kami berdiskusi, tiap orang diberi kesempatan mengusulkan sesuatu	
3.-- Semua anggota kelompok kami melakukan sesuatu selama kegiatan	
4.-- Tiap orang sibuk dengan yang dilakukannya dalam kelompok saya	
5. Selama kerja kelompok, saya....	
	--- mendengarkan orang lain
	--- mengajukan pertanyaan
	--- mengorganisasi ide-ide saya
	--- mengorganisasi kelompok
	--- mengacaukan kegiatan
	--- melamun
6. Apa yang kamu lakukan selama kegiatan?	

Pada dasarnya teknik penilaian diri ini tidak hanya untuk aspek sikap, tetapi juga dapat digunakan untuk menilai kompetensi dalam aspek keterampilan dan pengetahuan.

3) Penilaian teman sebaya (*peer assessment*)

Penilaian teman sebaya atau antarpeserta didik merupakan teknik penilaian dengan cara meminta peserta didik untuk saling menilai terkait dengan pencapaian kompetensi. Instrumen yang digunakan berupa lembar pengamatan antarpeserta didik. Penilaian teman sebaya dilakukan oleh peserta didik terhadap 3 (tiga) teman sekelas atau sebaliknya. Format yang digunakan untuk penilaian sejawat dapat menggunakan format seperti contoh pada penilaian diri.

Tabel 1.4

Contoh Format Penilaian Teman Sebaya

No	Pernyataan	Skala			
		1	2	3	4
1.	Teman saya berkata benar, apa adanya kepada orang lain				
2.	Teman saya mengerjakan sendiri tugas-tugas sekolah				
3.	Teman saya mentaati peraturan (tata-tertib) yang diterapkan				
4.	Teman saya memperhatikan kebersihan diri sendiri				
5.	Teman saya mengembalikan alat kebersihan, pertukangan, olah raga, laboratorium yang sudah selesai dipakai ke tempat penyimpanan semula				
6.	Teman saya terbiasa menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan petunjuk guru				
7.	Teman saya menyelesaikan tugas tepat waktu apabila diberikan tugas oleh guru				
8.	Teman saya berusaha bertutur kata yang sopan kepada orang lain				
9.	Teman saya berusaha bersikap ramah terhadap orang lain				
10	Teman saya menolong teman yang sedang mendapatkan kesulitan				
11				

Keterangan :

1 = Sangat jarang

2 = Jarang

3 = Sering

4 = Selalu

4) Penilaian melalui jurnal (anecdotal record)

Jurnal merupakan rekaman catatan guru dan/atau tenaga kependidikan di lingkungan sekolah tentang sikap dan perilaku positif atau negatif, di luar proses pembelajaran mata pelajaran.

Tabel 1.5 Contoh Format Penilaian Melalui Jurnal

JURNAL		
Nama :.....		
Kelas :.....		
Hari, tanggal	Kejadian	Keterangan

Penilaian Kompetensi Pengetahuan

1) Tes tertulis.

Bentuk soal tes tertulis, yaitu:

a) memilih jawaban, dapat berupa:

- pilihan ganda
- dua pilihan (benar-salah, ya-tidak)
- menjodohkan
- sebab-akibat

b) mensuplai jawaban, dapat berupa:

- isian atau melengkapi
- jawaban singkat atau pendek
- uraian

Soal tes tertulis yang menjadi penilaian otentik adalah soal-soal yang menghendaki peserta didik merumuskan jawabannya sendiri, seperti soal-soal uraian. Soal-soal uraian menghendaki peserta didik mengemukakan atau mengekspresikan gagasannya dalam bentuk uraian tertulis dengan menggunakan kata-katanya sendiri, misalnya mengemukakan pendapat,

berpikir logis, dan menyimpulkan. Kelemahan tes tertulis bentuk uraian antara lain cakupan materi yang ditanyakan terbatas dan membutuhkan waktu lebih banyak dalam mengoreksi jawaban.

2) Observasi Terhadap Diskusi, Tanya Jawab dan Percakapan.

Penilaian terhadap pengetahuan peserta didik dapat dilakukan melalui observasi terhadap diskusi, tanya jawab, dan percakapan. Teknik ini adalah cerminan dari penilaian otentik. Ketika terjadi diskusi, guru dapat mengenal kemampuan peserta didik dalam kompetensi pengetahuan (fakta, konsep, prosedur) seperti melalui pengungkapan gagasan yang orisinal, kebenaran konsep, dan ketepatan penggunaan istilah/fakta/prosedur yang digunakan pada waktu mengungkapkan pendapat, bertanya, atau pun menjawab pertanyaan.

Seorang peserta didik yang selalu menggunakan kalimat yang baik dan benar menurut kaedah bahasa menunjukkan bahwa yang bersangkutan memiliki pengetahuan tata bahasa yang baik dan mampu menggunakan pengetahuan tersebut dalam kalimat-kalimat. Seorang peserta didik yang dengan sistematis dan jelas dapat menceritakan misalnya hukum Pascal kepada teman-temannya, pada waktu menyajikan tugasnya atau menjawab pertanyaan temannya memberikan informasi yang sah dan otentik tentang pengetahuannya mengenai hukum Pascal dan mengenai penerapan hukum Pascal jika yang bersangkutan menjelaskan bagaimana hukum Pascal digunakan dalam kehidupan (bukan mengulang cerita guru, jika mengulangi cerita dari guru berarti yang bersangkutan memiliki pengetahuan). Seorang peserta didik yang mampu menjelaskan misalnya pengertian pasar, macam dan jenis pasar serta kaitannya dengan pemasaran memberikan informasi yang valid dan otentik tentang pengetahuan yang dimilikinya tentang konsep pasar. Seorang peserta didik yang mampu menceritakan dengan kronologis tentang suatu peristiwa sejarah merupakan suatu bukti bahwa yang bersangkutan memiliki pengetahuan dan keterampilan berpikir sejarah

tentang peristiwa sejarah tersebut. Seorang peserta didik yang mampu menjelaskan makna lambang negara Garuda Pancasila merupakan suatu bukti bahwa yang bersangkutan memiliki pengetahuan dan keterampilan berpikir tentang kandungan nilai-nilai kebangsaan dan cinta tanah air.

Tabel 1.6 Contoh Format Observasi Terhadap Diskusi, Tanya Jawab, dan Percakapan

Nama Peserta Didik	Pernyataan							
	Pengungkapan gagasan yang orisinal		Kebenaran konsep		Ketepatan penggunaan istilah		dan lain sebagainya	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
A								
B								
C								
....								

Keterangan: diisi dengan ceklis (✓)

3) Penugasan

Instrumen penugasan berupa pekerjaan rumah dan/atau proyek yang dikerjakan secara individu atau kelompok sesuai dengan karakteristik tugas.

Penilaian Kompetensi Keterampilan

Kompetensi keterampilan terdiri atas keterampilan abstrak dan keterampilan kongkret. Penilaian kompetensi keterampilan dapat dilakukan dengan menggunakan:

1) Kinerja/Praktik

Penilaian kinerja atau praktik dilakukan dengan penilaian kinerja, yaitu dengan cara mengamati kegiatan peserta didik dalam melakukan sesuatu. Penilaian ini cocok digunakan untuk menilai ketercapaian kompetensi yang menuntut peserta didik melakukan tugas tertentu seperti: praktikum di

laboratorium, praktik ibadah, praktik olahraga, presentasi, bermain peran, memainkan alat musik, bernyanyi, dan membaca puisi/ deklamasi.

Penilaian kinerja perlu mempertimbangkan hal-hal berikut.

- Langkah-langkah kinerja yang perlu dilakukan peserta didik untuk menunjukkan kinerja dari suatu kompetensi.
- Kelengkapan dan ketepatan aspek yang akan dinilai dalam kinerja tersebut.
- Kemampuan-kemampuan khusus yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas.
- Kemampuan yang akan dinilai tidak terlalu banyak, sehingga dapat diamati.
- Kemampuan yang akan dinilai selanjutnya diurutkan berdasarkan langkah-langkah pekerjaan yang akan diamati.

Pengamatan kinerja perlu dilakukan dalam berbagai konteks untuk menetapkan tingkat pencapaian kemampuan tertentu. Misalnya untuk menilai kemampuan berbicara yang beragam dilakukan pengamatan terhadap kegiatan-kegiatan seperti: diskusi dalam kelompok kecil, berpidato, bercerita, dan wawancara. Dengan demikian, gambaran kemampuan peserta didik akan lebih utuh. Contoh untuk menilai kinerja di laboratorium dilakukan pengamatan terhadap penggunaan alat dan bahan praktikum. Untuk menilai praktik olahraga, seni dan budaya dilakukan pengamatan gerak dan penggunaan alat olahraga, seni dan budaya. Untuk mengamati kinerja peserta didik dapat menggunakan instrumen sebagai berikut:

a) **Daftar cek**

Dengan menggunakan daftar cek, peserta didik mendapat nilai bila kriteria penguasaan kompetensi tertentu dapat diamati oleh penilai.

Tabel 1.7

Contoh Format Instrumen Penilaian Praktik di Laboratorium

Nama Peserta didik	Aspek yang dinilai							
	Menggunakan jas lab		Membaca prosedur kerja		Member-sihkan alat		Menyimpan alat pada tempatnya	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Andi								
.....								

Keterangan: diisi dengan ceklis (√)

b) **Skala Penilaian (*Rating Scale*)**

Penilaian kinerja yang menggunakan skala penilaian memungkinkan penilai memberi nilai tengah terhadap penguasaan kompetensi tertentu, karena pemberian nilai secara kontinum di mana pilihan kategori nilai lebih dari dua. Skala penilaian terentang dari tidak sempurna sampai sangat sempurna. Misalnya: 1 = kurang, 2 = cukup, 3 = baik, dan 4 = sangat baik.

Tabel 1.8 Contoh Format Instrumen Penilaian Praktik Olahraga Bola Volley

Nama peserta didik	Keterampilan yang dinilai																				
	Cara service				Cara passing atas				Cara passing bawah				Cara smash				Cara blok/membendung				
																					4
Anton																					
Bertha																					
Charles																					
Dono																					
.....																					

Keterangan: diisi dengan tanda cek (v).

Kategori penilaian: 1 = kurang, 2 = cukup, 3 = baik, dan 4 = sangat baik.

2) Proyek

Penilaian proyek dapat digunakan untuk mengetahui, misalnya tentang pemahaman, kemampuan mengaplikasi, kemampuan menyelidiki dan kemampuan menginformasikan suatu hal secara jelas. Penilaian proyek dilakukan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, sampai pelaporan. Untuk itu, guru perlu menetapkan hal-hal atau tahapan yang perlu dinilai, seperti penyusunan desain, pengumpulan data, analisis data, dan penyiapan laporan tertulis/lisan. Untuk menilai setiap tahap perlu disiapkan kriteria penilaian atau rubrik.

Tabel 1.9 Contoh Format Rubrik untuk Menilai Proyek

Aspek	Kriteria dan Skor			
	1	2	3	4
Persiapan	Jika memuat tujuan, topik, dan alasan	Jika memuat tujuan, topik, alasan, dan tempat penelitian	Jika memuat tujuan, topik, alasan, tempat penelitian, dan responden	Jika memuat tujuan, topik, alasan, tempat penelitian, responden, dan daftar pertanyaan
Pelaksanaan	Jika data diperoleh tidak lengkap, tidak terstruktur, dan	Jika data diperoleh kurang lengkap, kurang	Jika data diperoleh lengkap, kurang	Jika data diperoleh lengkap,

Aspek	Kriteria dan Skor			
	1	2	3	4
	tidak sesuai tujuan	terstruktur, dan kurang sesuai tujuan	terstruktur, dan kurang sesuai tujuan	terstruktur, dan sesuai tujuan
Pelaporan Secara Tertulis	Jika pembahasan data tidak sesuai tujuan penelitian dan membuat simpulan tapi tidak relevan dan tidak ada saran	Jika pembahasan data kurang sesuai tujuan penelitian, membuat simpulan dan saran tapi tidak relevan	Jika pembahasan data kurang sesuai tujuan penelitian, membuat simpulan dan saran tapi kurang relevan	Jika pembahasan data sesuai tujuan penelitian dan membuat saran yang relevan

3) Produk

Penilaian produk meliputi penilaian kemampuan peserta didik membuat produk-produk pengetahuan, teknologi, dan seni, seperti: makalah, karangan, puisi, makanan (contoh: tempe, kue, asinan, baso, dan nata de coco), pakaian, sarana kebersihan (contoh: sabun, pasta gigi, cairan pembersih dan sapu), alat-alat teknologi (contoh: adaptor ac/dc dan bel listrik), hasil karya seni (contoh: patung, lukisan dan gambar), dan barang-barang terbuat dari kain, kayu, keramik, plastik, atau logam.

Pengembangan produk meliputi 3 (tiga) tahap dan setiap tahap perlu diadakan penilaian yaitu:

- Tahap persiapan, meliputi: penilaian kemampuan peserta didik dan merencanakan, menggali, dan mengembangkan gagasan, dan mendesain produk.

- Tahap pembuatan produk (*proses*), meliputi: penilaian kemampuan peserta didik dalam menyeleksi dan menggunakan bahan, alat, dan teknik.
- Tahap penilaian produk (*appraisal*), meliputi: penilaian produk yang dihasilkan peserta didik sesuai kriteria yang ditetapkan, misalnya berdasarkan sistematika, tampilan, bahasa, isi, fungsi dan estetika.

Penilaian produk biasanya menggunakan cara analitik atau holistik.

- Cara analitik, yaitu berdasarkan aspek-aspek produk, biasanya dilakukan terhadap semua kriteria yang terdapat pada semua tahap proses pengembangan (tahap: persiapan, pembuatan produk, penilaian produk).
- Cara holistik, yaitu berdasarkan kesan keseluruhan dari produk, biasanya dilakukan hanya pada tahap penilaian produk.

Tabel 1.10

Contoh Penilaian Produk

Mata Pelajaran : IPA (Kimia)					
Nama Proyek : Membuat Sabun					
Nama Peserta didik : _____ Kelas : _____					
No	Aspek *	Skor			
1.	Perencanaan Bahan	1	2	3	4
2.	Proses Pembuatan a. Persiapan Alat dan Bahan b. Teknik Pengolahan c. K3 (Keamanan, Keselamatan dan Kebersihan)				
3.	Hasil Produk a. Bentuk Fisik b. Bahan c. Warna d. Pewangi e. Kebaruan				
Total Skor					
* Aspek yang dinilai disesuaikan dengan jenis produk yang dibuat					
** Skor diberikan tergantung dari ketepatan dan kelengkapan jawaban yang diberikan. Semakin lengkap dan tepat jawaban, semakin tinggi perolehan skor.					

4) Portofolio

Penilaian portofolio pada dasarnya menilai karya-karya peserta didik secara individu pada satu periode untuk suatu mata pelajaran. Akhir suatu periode hasil karya tersebut dikumpulkan dan dinilai oleh guru dan peserta didik sendiri. Berdasarkan informasi perkembangan tersebut, guru dan peserta didik sendiri dapat menilai perkembangan kemampuan peserta didik dan terus menerus melakukan perbaikan. Dengan demikian, portofolio dapat memperlihatkan dinamika kemampuan belajar peserta didik melalui sekumpulan karyanya, antara lain: karangan, puisi, surat, komposisi musik, gambar, foto, lukisan, resensi buku/literatur, laporan penelitian, sinopsis dan karya nyata individu peserta didik yang diperoleh dari pengalaman. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan penilaian portofolio.

- Peserta didik merasa memiliki portofolio sendiri
- Tentukan bersama hasil kerja apa yang akan dikumpulkan

- Kumpulkan dan simpan hasil kerja peserta didik dalam 1 map atau folder
- Beri tanggal pembuatan
- Tentukan kriteria untuk menilai hasil kerja peserta didik
- Minta peserta didik untuk menilai hasil kerja mereka secara berkesinambungan
- Bagi yang kurang beri kesempatan perbaiki karyanya, tentukan jangka waktunya
- Bila perlu, jadwalkan pertemuan dengan orang tua

Tabel 1.11

Contoh Format Penilaian Portfolio

Mata Pelajaran		: Bahasa Indonesia					
Alokasi Waktu		: 1 Semester					
Sampel yang dikumpulkan		: Karangan					
Nama Peserta didik		: _____ Kelas : _____					
No	Kompetensi Dasar	Periode	Aspek yang dinilai				Keterangan/ Catatan
			Tata bahasa	Kosa kata	Kelengkapan gagasan	Sistematika penulisan	
1.	Menulis karangan deskriptif	30/7					
		10/8					
		dst.					
2.	Membuat resensi buku	1/9					
		30/9					
		10/10					
		Dst.					

hhh

5) Tertulis

Selain menilai kompetensi pengetahuan, penilaian tertulis juga digunakan untuk menilai kompetensi keterampilan, seperti menulis karangan, menulis laporan, dan menulis surat.

5. Administrasi dan Pelaporan Hasil Belajar

Penilaian hasil belajar peserta didik mencakup kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang dilakukan secara berimbang sehingga dapat digunakan untuk menentukan posisi relatif setiap peserta didik terhadap standar yang telah ditetapkan.

Pendidik melakukan penilaian proses dan hasil belajar peserta didik pada setiap topik seluruh KD. Hasil penilaian oleh pendidik setiap semester perlu diolah untuk diadministrasikan ke dalam buku laporan hasil belajar (rapor). Nilai rapor merupakan

gambaran pencapaian kemampuan peserta didik dalam satu semester. Nilai sikap, pengetahuan dan keterampilan dalam rapor diperoleh dari berbagai jenis penilaian dengan teknik dan perhitungan yang telah dirumuskan seperti yang tertera pada dokumen Model Penilaian Hasil Belajar dan Laporan Pencapaian Kompetensi Peserta Didik SMK yang diterbitkan Kemendikbud.

Pengolahan Penilaian Pengetahuan:

Contoh: Perhitungan nilai rapor pengetahuan seorang peserta didik pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik

$$\text{NH} = 3,2$$

$$\text{UTS} = 2,8$$

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

$$\text{Nilai Rapor} = (3,2+2,8+2,6) : 3 = 8,6 : 3 \text{ *)}$$

$$\text{Nilai Rapor} = 2,86$$

Yang ditulis pada rapor adalah nilai Angka 2,86 dan nilai predikat B

**) Acuan pengolahan nilai lebih lanjut mengacu pada Petunjuk Teknis dari Direktorat PSMK*

Deskripsi :

Berdasarkan hasil penilaian Dewi memperoleh nilai predikat B untuk mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik dan telah menyelesaikan seluruh kompetensi yaitu menerapkan konsep listrik (arus dan potensial listrik), menentukan bahan-bahan listrik, menentukan sifat rangkaian listrik arus searah dan rangkaian peralihan, menerapkan teorema rangkaian listrik arus searah, menentukan daya dan energi listrik, menentukan kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan listrik, menentukan kondisi operasi pengukuran tahanan (resistan) listrik, menentukan kondisi operasi pengukuran daya, energi, dan faktor daya.

Pengolahan Penilaian Keterampilan

Pengolahan Nilai Rapor untuk Keterampilan menggunakan penilaian kuantitatif dengan skala 1 - 4 (kelipatan 0,33), dengan 2 (dua) desimal:

Contoh: Penghitungan Nilai Keterampilan seorang peserta didik pada mata Pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik.

Nilai Praktik	=	optimum 3,3
Nilai Projek	=	3,1
Nilai Portofolio	=	optimum 3,2
Nilai Rapor	=	$(3,3+3,1+3,2) : 3 = 9,6 : 3$ *)
Nilai Rapor	=	3,2

Yang ditulis pada rapor adalah nilai Angka 3.2 dan nilai predikat B+

*) *Acuan pengolahan nilai lebih lanjut mengacu pada Petunjuk Teknis dari Direktorat PSMK*

Deskripsi:

Berdasarkan hasil penilaian Dewi memperoleh nilai predikat B⁺ untuk pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik telah menyelesaikan hampir seluruh kompetensi yaitu mendemonstrasikan konsep listrik (gejala fisik arus listrik dan potensial listrik), memeriksa bahan-bahan listrik, memeriksa sifat elemen pasif dalam rangkaian listrik arus searah dan rangkaian peralihan, menganalisis rangkaian listrik arus searah, memeriksa daya dan energi listrik, memeriksa kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan listrik, memeriksa kondisi operasi pengukuran arus dan tegangan listrik, tetapi masih ada kompetensi yang perlu lebih ditingkatkan lagi terutama untuk kompetensi memeriksa kondisi operasi pengukuran tahanan listrik.

Pengolahan Penilaian Sikap

Penilaian Sikap dalam mata pelajaran diperoleh dari hasil penilaian observasi (penilaian proses), penilaian diri sendiri, penilaian antarteman, dan jurnal catatan guru. Untuk penilaian Sikap Spiritual dan Sosial (KD dari KI-1 dan KI-2) menggunakan nilai Kualitatif sebagai berikut:

SB = Sangat Baik = 4
B = Baik = 3
C = Cukup = 2
K = Kurang = 1

Contoh: Perhitungan nilai rapor sikap seorang peserta didik pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik :

Nilai Observasi = 3
Nilai diri sendiri = 4
Nilai antar teman = 3
Nilai Jurnal = 3
Nilai Rapor = 3; 4; 3; 3
Nilai Rapor = 3
Predikat = Baik

Yang ditulis pada rapor adalah predikat (B).

Deskripsi:

Berdasarkan hasil penilaian Dewi memperoleh nilai predikat Baik pada mata pelajaran Dasar dan Pengukuran Listrik telah memiliki sikap spiritual, jujur, disiplin, tanggung jawab, toleransi, gotong royong, dan santun dengan sangat baik. Sedangkan sikap percaya diri perlu lebih ditingkatkan.

Pelaporan Pencapaian Hasil Belajar

1) Prinsip Pelaporan

Pelaporan hasil belajar dilakukan oleh Pendidik. Pelaporan hasil belajar oleh Pendidik diberikan dalam bentuk laporan hasil semua bentuk penilaian. Pelaporan hasil belajar merupakan hasil pengolahan oleh Pendidik dengan menggunakan kriteria:

- Laporan pencapaian **kompetensi sikap** dinyatakan dalam deskripsi kualitas berdasarkan **modus** dari batas minimal 3,00 atau predikat Baik (B)..
- Laporan pencapaian **kompetensi pengetahuan** untuk kemampuan berpikir pada berbagai tingkat pengetahuan dinyatakan dalam predikat berdasarkan **skorrerata** dari batas minimal (2,67) atau huruf B-.
- Laporan pencapaian **kompetensi keterampilan** dinyatakan dalam deskripsi kemahiran berdasarkan **capaian optimum** dari batas minimal (2,67) atau huruf B-.

Pelaporan hasil belajar oleh Pendidik digunakan oleh Satuan Pendidikan untuk mengisi Rapor pada akhir semester. Rapor berisi laporan capaian hasil belajar dalam bentuk nilai dan deskripsi.

2) Skor dan Nilai

Penilaian kompetensi hasil belajar mencakup kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang dilakukan dapat secara terpisah tetapi dapat juga melalui suatu kegiatan atau peristiwa penilaian dengan instrumen penilaian yang sama. Untuk masing-masing ranah (sikap, pengetahuan, dan keterampilan) digunakan penyekoran dan pemberian predikat yang berbeda sebagaimana tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 1.12 Konversi Skor dan Predikat Hasil Belajar untuk Setiap Ranah

Sikap		Pengetahuan		Keterampilan	
Modus	Predikat	Skor Rerata	Predikat	Capaian Optimum	Predikat
4,00	SB	3.85– 4.00	A	3.85– 4.00	A
	(Sangat Baik)	3.51 – 3.84	A-	3.51 – 3.84	A-

3,00	B (Baik)	3.18 – 3.50	B+	3.18 – 3.50	B+
		2.85 – 3.17	B	2.85 – 3.17	B
		2.51 – 2.84	B-	2.51 – 2.84	B-
2,00	C (Cukup)	2.18 – 2.50	C+	2.18 – 2.50	C+
		1.85 – 2.17	C	1.85 – 2.17	C
		1.51 – 1.84	C-	1.51 – 1.84	C-
1,00	K (Kurang)	1.18 – 1.50	D+	1.18 – 1.50	D+
		1.00 – 1.17	D	1.00 – 1.17	D

Nilai akhir yang diperoleh untuk ranah sikap diambil dari nilai modus (nilai yang terbanyak muncul). Nilai akhir untuk ranah pengetahuan diambil dari nilai rerata. Nilai akhir untuk ranah keterampilan diambil dari nilai optimal (nilai tertinggi yang dicapai).

3) Bentuk Laporan

Laporan hasil pembelajaran yang dilakukan oleh pendidik dalam bentuk sebagai berikut.

- Pelaporan oleh Pendidik
 - Laporan hasil penilaian oleh pendidik dapat berbentuk laporan hasil ulangan harian, ulangan tengah semester, ulangan akhir semester.
- Pelaporan oleh Satuan Pendidikan
 - Rapor yang disampaikan oleh pendidik kepada kepala sekolah/madrasah dan pihak lain yang terkait (misal: wali kelas, guru Bimbingan dan Konseling, dan orang tua/wali). Pelaporan oleh Satuan Pendidikan meliputi:
 - hasil pencapaian kompetensi dan/atau tingkat kompetensi kepada orangtua/wali peserta didik dalam bentuk buku rapor;
 - pencapaian hasil belajar tingkat satuan pendidikan kepada dinas pendidikan kabupaten/kota dan instansi lain yang terkait; dan
 - hasil ujian Tingkat Kompetensi kepada orangtua/wali peserta didik dan dinas pendidikan.

4) Nilai Untuk Rapor

Hasil belajar yang dicantumkan dalam Rapor berupa:

- untuk ranah sikap menggunakan skor modus 1,00 – 4,00 dengan predikat Kurang (K), Cukup (C), Baik (B), dan Sangat Baik (SB);
- untuk ranah pengetahuan menggunakan skor rerata 1,00 – 4,00 dengan predikat D – A.
- untuk ranah keterampilan menggunakan skor optimum 1,00 – 4,00 dengan predikat D – A.

5) Format Rapor

Format rapor untuk SMK/MAK disajikan pada TABEL 1.13 berikut.

Tabel 1.13 Format Rapor Sekolah Menengah Kejuruan

No	Mata Pelajaran	Pengetahuan		Keterampilan		Sikap Sosial dan Spiritual	
		Nilai	Predikat	Nilai	Predikat	Dalam Mapel	Antar Mapel
Kelompok A (Umum)							
1	Pendidikan Agama dan Budi Pekerti (Nama guru)	Diisi dengan angka 1,00 – 4,00	Diisi dengan nilai D - A	Diisi dengan angka 1,00 – 4,00	Diisi dengan nilai D - A	SB, B, C, K (diisi oleh guru Mapel)	Disimpulkan secara utuh dari sikap peserta didik dalam Mapel (Deskripsi Koherensi) (diisi oleh Wali Kelas berdasarkan hasil diskusi dengan semua guru kelas terkait)
2	Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan (Nama guru)						
3	Bahasa Indonesia (Nama guru)						
4	Matematika (Nama guru)						
5	Sejarah Indonesia (Nama guru)						
6	Bahasa Inggris (Nama guru)						

No	Mata Pelajaran	Pengetahuan		Keterampilan		Sikap Sosial dan Spiritual	
		Nilai	Predikat	Nilai	Predikat	Dalam Mapel	Antar Mapel
Kelompok B (Umum)							
1	Seni Budaya (Nama guru)						
2	Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan (Nama guru)						
3	Prakarya dan Kewirausahaan (Nama guru)						
Kelompok C (Peminatan)							
I. Dasar Bidang Keahlian							
1	Mata Pelajaran (Nama guru)						
2	Mata Pelajaran (Nama guru)						
3	Mata Pelajaran (Nama guru)						
II. Dasar Program Keahlian							
1	Mata Pelajaran (Nama guru)						
2	Mata Pelajaran (Nama guru)						
3	Mata Pelajaran (Nama guru)						
4	Mata Pelajaran (Nama guru)						
III. Paket Keahlian							
1	Mata Pelajaran (Nama guru)						
2	Mata Pelajaran (Nama guru)						
3	Mata Pelajaran (Nama guru)						

No	Mata Pelajaran	Pengetahuan		Keterampilan		Sikap Sosial dan Spiritual	
		Nilai	Predikat	Nilai	Predikat	Dalam Mapel	Antar Mapel
4	Mata Pelajaran (Nama guru)						
IV. Lintas Minat dan/atau Pendalaman Minat (Diisi sesuai dengan minat siswa)							
1	Mata Pelajaran (Nama guru)						
2	Mata Pelajaran (Nama guru)						

Catatan: SB: Sangat Baik; B: Baik; C: Cukup; K: Kurang.

Deskripsi :

No.	Mata Pelajaran	Kompetensi	Catatan
Kelompok A (Umum)			
1	Pendidikan Agama dan Budi Pekerti (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Bahasa Indonesia (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
4	Matematika (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
5	Sejarah Indonesia (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
6	Bahasa Inggris (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
Kelompok B (Umum)			
1	Seni Budaya	Sikap sosial dan spiritual	

No.	Mata Pelajaran	Kompetensi	Catatan
	(Nama guru)	Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Prakarya dan Kewirausahaan (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
Kelompok C (Peminatan)			
I. Dasar Bidang Keahlian			
1	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
II. Dasar Program Keahlian			
1	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
4	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
III. Paket Keahlian			
1	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	

No.	Mata Pelajaran	Kompetensi	Catatan
		Keterampilan	
2	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
3	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
4	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
IV. Lintas Minat dan/atau Pendalaman Minat (Diisi sesuai dengan minat siswa)			
1	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	
2	Mata Pelajaran (Nama guru)	Sikap sosial dan spiritual	
		Pengetahuan	
		Keterampilan	

Catatan:

- Untuk mata pelajaran yang belum tuntas pada semester berjalan, dituntaskan melalui pembelajaran remedi sebelum memasuki semester berikutnya.
- Dinyatakan tidak naik kelas bila terdapat 3 mata pelajaran atau lebih, pada kompetensi pengetahuan, keterampilan, dan/atau sikap belum tuntas/belum baik.

6. Analisis hasil penilaian proses dan hasil belajar

Hasil penilaian belajar dianalisis untuk mendapatkan umpan balik tentang berbagai komponen dalam proses pembelajaran. Analisis hasil penilaian dilakukan dengan memperhatikan nilai yang diperoleh siswa pada **ulangan harian** (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas, produk), **ulangan tengah semester** (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), **ulangan akhir semester** (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), dan **ulangan kenaikan kelas** (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk).

Analisis untuk ulangan harian dan tengah semester ditekankan untuk memperoleh informasi tentang latar belakang dan faktor penyebab mengapa siswa memperoleh nilai kurang. Bagi anak yang memperoleh nilai kurang dari batas nilai minimal ketuntasan belajar akan diberi **remedial**, sedang bagi anak yang nilainya telah mencapai batas ketuntasan akan diberikan **pengayaan**.

Analisis untuk ulangan akhir semester, ulangan harian dan tengah semester untuk menentukan nilai di rapor semester satu. Sedangkan analisis ulangan kenaikan kelas, nilai ulangan harian, dan tengah semester dipergunakan untuk menentukan nilai rapor semester dua dan kenaikan kelas. Selain itu analisis dilakukan untuk mengetahui ketuntasan belajar.

7. Evaluasi proses dan hasil belajar

Pengertian Evaluasi Proses dan Hasil Belajar Atau Pengajaran

Evaluasi proses adalah suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan dengan sengaja untuk melihat tingkat keberhasilan proses belajar atau pengajaran yang telah dilaksanakan. Dari sedikit uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa suatu proses belajar atau pengajaran perlu dilakukan evaluasi supaya mengetahui tingkat pencapaian tujuan yang telah direncanakan sehingga dalam proses pengajaran ini menghasilkan peserta didik yang mempunyai aspek kognitif, afektif dan psikomotorik yang tinggi serta berdampak pula terhadap kemajuan bangsa.[2]

Evaluasi Penilaian hasil belajar adalah kegiatan atau cara yang ditujukan untuk mengetahui tercapai atau tidaknya tujuan pembelajaran dan juga proses pembelajaran yang telah dilakukan. Pada tahap ini seorang guru dituntut memiliki kemampuan dalam menentukan pendekatan dan cara-cara evaluasi, penyusunan alat-alat evaluasi, pengolahan, dan penggunaan hasil evaluasi.

Pembelajaran merupakan suatu sistem yang terdiri atas berbagai komponen yang saling berinteraksi dalam usaha mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Setiap proses pembelajaran berlangsung, penting bagi seorang guru maupun peserta didik untuk mengetahui tercapai tidaknya tujuan tersebut. Hal

ini hanya dapat diketahui jika guru melakukan evaluasi, baik evaluasi terhadap proses maupun produk pembelajaran.

Evaluasi memiliki arti lebih luas daripada penilaian. Dengan kata lain di dalam evaluasi tercakup di dalamnya penilaian. Siapapun yang melakukan tugas mengajar, perlu mengetahui akibat dari pekerjaannya. Pendidik harus mengetahui sejauhmana peserta didik telah menyerap dan menguasai materi yang telah diajarkan. Sebaliknya, peserta didik juga membutuhkan informasi tentang hasil pekerjaannya. Hal ini hanya dapat diketahui jika seorang pendidik (guru) melakukan evaluasi. Sebelum melakukan evaluasi, maka guru harus melakukan penilaian yang didahului dengan pengukuran. Pengukuran hasil belajar adalah cara pengumpulan informasi yang hasilnya dapat dinyatakan dalam bentuk angka yang disebut skor. Penilaian hasil belajar adalah cara menginterpretasikan skor yang diperoleh dari pengukuran dengan mengubahnya menjadi nilai dengan prosedur tertentu dan menggunakannya untuk mengambil keputusan.

Sebenarnya penilaian hasil belajar sudah mencakup pengukuran hasil belajar, sehingga instrumen atau alat pengukuran sering disebut sebagai instrumen atau alat penilaian. Ada sebagian ahli pendidikan menyamakan arti evaluasi dengan penilaian, tetapi sesungguhnya *evaluasi memiliki arti yang lebih luas*, yaitu penggunaan hasil penilaian untuk mengambil keputusan, seperti untuk menentukan kelulusan, penempatan, penjurusan, dan perbaikan program.

Evaluasi hasil belajar merupakan serangkaian kegiatan untuk memperoleh, menganalisis, dan menafsirkan data tentang proses dan hasil belajar peserta didik yang dilakukan secara sistematis dan berkesinambungan, sehingga menjadi informasi yang bermakna dalam pengambilan keputusan.

Jadi, evaluasi mencakup penilaian sekaligus pengukuran, namun alat evaluasi sering disebut juga alat penilaian. Pendekatan atau cara yang dapat digunakan untuk melakukan evaluasi atau penilaian hasil belajar adalah melalui Penilaian Acuan Norma (PAN) dan Penilaian Acuan Patokan (PAP).

PAN adalah cara penilaian yang tidak selalu tergantung pada jumlah soal yang diberikan atau penilaian dimaksudkan untuk mengetahui kedudukan hasil belajar yang dicapai berdasarkan norma kelas. Siswa yang paling besar skor yang didapat di kelasnya, adalah siswa yang memiliki kedudukan tertinggi di kelasnya.

Sedangkan PAP adalah cara penilaian, dimana nilai yang diperoleh siswa tergantung pada seberapa jauh tujuan yang tercermin dalam soal-soal tes yang dapat dikuasai siswa. Nilai tertinggi adalah nilai sebenarnya berdasarkan jumlah soal tes yang dijawab dengan benar oleh siswa. Dalam PAP ada passing grade atau batas lulus, apakah siswa dapat dikatakan lulus atau tidak berdasarkan batas lulus yang telah ditetapkan. Pendekatan PAN dan PAP dapat dijadikan acuan untuk memberikan penilaian dan memperbaiki sistem pembelajaran. Kemampuan lainnya yang perlu dikuasai guru pada kegiatan evaluasi atau penilaian hasil belajar adalah menyusun alat evaluasi. Alat evaluasi meliputi: tes tertulis, tes lisan, dan tes perbuatan.

Seorang guru dapat menentukan alat tes tersebut sesuai dengan materi yang disampaikan. Bentuk tes tertulis yang banyak dipergunakan guru adalah ragam benar/ salah, pilihan ganda, menjodohkan, melengkapi, dan jawaban singkat. Tes lisan adalah soal tes yang diajukan dalam bentuk pertanyaan lisan dan langsung dijawab oleh siswa secara lisan. Tes ini umumnya ditujukan untuk mengulang atau mengetahui pemahaman siswa terhadap materi pelajaran yang telah disampaikan sebelumnya. Tes perbuatan adalah tes yang dilakukan guru kepada siswa, dalam hal ini siswa diminta melakukan atau mempragakannya.

Kualitas dan Ciri-ciri Proses Evaluasi yang Baik

1) Validitas

Validitas merupakan kualitas yang menunjukkan hubungan antara suatu pengukuran (diagnosis) dengan arti atau tujuan kriteria belajar atau tingkah laku.

2) Reliabilitas (Keandalan)

Reliabilitas merupakan kualitas yang menunjukkan kemantapan ekuivalensi atau stabilitas suatu pengukuran yang dilakukan.

3) Obyektivitas

Obyektivitas adalah kualitas yang menunjukkan identitas atau kesamaan dari skor-skor atau diagnosis-diagnosis yang diperoleh dari data yang sama dan dari penskor-penskor kompeten yang sama.

Proses Evaluasi

4) Proses Evaluasi Tes

Tes adalah suatu alat atau prosedur yang disistimatis dan objektif untuk memperoleh data atau keterangan yang diinginkan tentang seseorang dengan cara yang tepat dan tepat.

Proses tes adalah suatu proses dalam evaluasi yang digunakan untuk mengetahui hasil belajar murid dengan mempergunakan alat tes.

Menurut Hendyat Soetopo jenis tes, terdiri dari:

a) Dilihat dari sifatnya:

- (1) Tes verbal, yaitu tes yang menggunakan bahasa sebagai alat untuk melaksanakan tes.
- (2) Tes non verbal, yaitu tes yang tidak menggunakan bahasa sebagai alat untuk melaksanakan tes, tetapi menggunakan gambar, memberikan tugas.

b) Dilihat dari tujuannya:

- (1) Tes bakat yaitu tes yang digunakan untuk menyelidiki bakat seseorang
- (2) Tes intelegensi yaitu tes yang dilakukan untuk mengetahui kecerdasan seseorang.
- (3) Tes prestasi belajar yaitu tes yang dilakukan untuk mengetahui prestasi seorang murid dari mata pelajaran yang diberikan

- (4) Tes diagnosik yaitu tes yang digunakan untuk menggali kelemahan atau problem yang dihadapi murid
 - (5) Tes sikap yaitu tes yang dilakukan untuk mengetahui sikap seseorang murid terhadap sesuatu
 - (6) Tes minat yaitu tes yang digunakan untuk mengetahui minat murid terhadap hal-hal yang disukai.
- c) Dilihat dari pembuatannya:
- (1) Tes standar yaitu tes yang dibakukan mengandung prosedur yang seragam untuk menentukan nilai dan administrasinya.
 - (2) Tes buatan guru yaitu tes yang dibuat oleh guru untuk kepentingan prestasi belajar.
- d) Dilihat dari bentuk soalnya:
- (1) Tes uraian (essay) yaitu tes yang bentuk soalnya sedemikian rupa sehingga memberi kesempatan kepada murid untuk menjawab secara bebas dengan uraian.
 - (2) Tes obyektif yaitu tes yang bentuk soalnya hanya memerlukan jawaban singkat sehingga tidak memungkinkan murid menjawab secara terurai.
- e) Ditinjau dari objeknya:
- (1) Tes individual yaitu suatu tes yang dalam pelaksanaannya memerlukan waktu yang cukup panjang.
 - (2) Tes kelompok yaitu tes yang dilakukan terhadap beberapa murid dalam waktu yang sama.

5) Proses Evaluasi Non Tes

Proses non tes adalah alat penilaian yang dilakukan tanpa melalui tes. Tes ini digunakan untuk menilai karakteristik lain dari murid. Adapun proses non tes dapat dilakukan dengan cara:

- a) Observasi

Observasi adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan secara sistematis dan sengaja melalui proses pengamatan dan pendekatan terhadap gejala-gejala yang diselidiki.

Fungsi observasi untuk memperoleh gambaran dan pengetahuan serta pemahaman mengenai diri murid, serta untuk menunjang dan melengkapi bahan-bahan yang diperoleh melalui interview.

Jenis observasi antara lain:

- (1) Observasi partisipasi, umumnya dipergunakan untuk penelitian yang bersifat eksplorasi.
- (2) Observasi sistematik, sebelum mengadakan observasi terlebih dahulu dibuat kerangka tentang berbagai faktor dan ciri-ciri yang akan diobservasi.
- (3) Observasi eksperimental, adalah suatu observasi yang membuat variasi situasi untuk menimbulkan tingkah laku tertentu dan situasi tersebut dibuat sengaja.

b) Interview (wawancara)

Wawancara adalah alat pengumpulan data yang dilakukan secara bertatap muka bertujuan untuk menjangkau data dan informasi murid dengan jalan bertanya secara lisan dan langsung kepada sumber data (murid) ataupun kepada orang lain.

Jenis wawancara, yaitu:

- (1) Wawancara jabatan, ialah wawancara yang ditujukan untuk mencocokkan seorang calon pegawai dengan pekerjaan yang tepat
- (2) Wawancara informatif, ialah wawancara yang ditujukan untuk memperoleh data atau memberikan informasi
- (3) Wawasan disipliner, ialah wawancara yang ditujukan untuk menuntut perubahan tingkahlaku seseorang kearah kegiatan yang diinginkan pewawancara

(4) Wawancara penyuluhan, ialah wawancara yang bertujuan untuk memberikan bantuan kepada individu dalam memecahkan masalah

c) *Problem Checklist* (Daftar Cek Masalah)

Daftar cek masalah adalah seperangkat pertanyaan yang menggambarkan jenis-jenis masalah yang mungkin dihadapi murid.

Alasan menggunakan daftar cek masalah yaitu, efisiensi karena dengan menggunakan daftar cek masalah data yang diperoleh akan lebih banyak dalam waktu yang relative singkat. Selain itu juga, menggunakan daftar cek masalah lebih intensif karena data yang diperoleh lebih diteliti, mendalam dan luas. Serta daftar cek masalah valid dan reliable, maka secara langsung individu yang bersangkutan akan dapat mencek yang ada pada dirinya.

d) Angket (kuesioner)

Angket (kuesioner) adalah seperangkat pertanyaan yang harus dijawab oleh responden yang digunakan untuk mengubah berbagai keterangan yang langsung diberikan oleh responden. Angket sebagai alat pengumpul data mempunyai cirri khas yang membedakan dengan alat pengumpul data yang lainnya, yaitu terletak pada pengumpulan data yang melalui daftar pertanyaan tertulis yang disusun dan disebarakan untuk mendapatkan informasi atau keterangan dari sumber data yang berupa orang.

e) Sosiometri-sosiogram

Sosiometri adalah suatu alat yang dipergunakan untuk mengukur hubungan social di dalam kelompoknya. Sosiometri digunakan untuk mengumpulkan data tentang dinamika kelompok, untuk mengetahui popularitas seseorang dalam kelompoknya, serta memiliki kesukaran seseorang terhadap teman-temannya dalam kelompok baik dalam

kegiatan belajar, bermain, bekerja dengan kegiatan-kegiatan kelompok lainnya.

Kegunaan sosiometri yaitu memperbaiki hubungan insane diantara anggota-anggota kelompok, menentukan kelompok kerja tertentu, meneliti kemampuan memimpin seseorang dalam kelompok, untuk mengatur tempat duduk dalam kelas, untuk mengetahui perpecahan kelompok dalam masyarakat

Penyusunan Tes Hasil Belajar

Dalam pengukuran hasil belajar kita memerlukan alat-alat yang digunakan dalam pengukuran seperti tes. Jika tes yang akan digunakan sudah tersedia dan cukup memenuhi syarat maka kita tinggal memilih tes yang telah tersedia. Tetapi apabila tes tersebut belum ada maka kita harus menyusun sendiri tes yang akan dipergunakan. Dalam penyusunan tes hasil belajar ada beberapa langkah yang harus ditempuh, seperti:

1) Menyusun Layout

Suatu tes hasil belajar baru dapat dikatakan tes yang baik apabila materi yang tercantum dalam item-item tes tersebut merupakan pilihan yang cukup mewakili terhadap materi pelajaran yang diungkapkan dalam item-item suatu hasil belajar, hanya menyangkut sebagian kecil dari keseluruhan materi yang dikuasai oleh murid-murid.

Untuk mendapatkan suatu tes hasil belajar yang cukup mewakili terhadap bahan yang ditetapkan dapat dilakukan dengan mengadakan analisa rasional. Artinya kita mengadakan analisa berdasarkan fikiran-fikiran yang logis, bahan-bahan apa yang perlu kita kemukakan dalam suatu tes, sehingga tes yang kita susun tersebut benar-benar merupakan pilihan yang mewakili terhadap ketentuan yang terdapat pada sumber-sumber tertentu seperti:

tujuan pengajaran, rencana pengajaran, buku-buku pedoman, dan ketentuan-ketentuan lainnya.

Dalam layout ada hal penting yang perlu dicantumkan, yaitu:

- a) Ruang lingkup dari pengetahuan yang akan diukur sesuai dengan rencana pelajaran yang telah ditetapkan dalam kurikulum
- b) Proporsi jumlah item dari pada tiap-tiap sub materi. Proporsi jumlah item untuk tiap-tiap sub materi hendaknya sesuai dengan proporsi dari pada luas masing-masing sub materi.
- c) Jenis pengetahuan atau aspek proses mental yang hendak diukur, seperti: aspek kognitif, afektif dan psikomotorik.
- d) Bentuk tipe tes yang akan dipergunakan lebih dari satu bentuk.

2) Menulis Soal

Setelah kita menyusun layout, maka langkah selanjutnya adalah menuliskan pertanyaan-pertanyaan. Untuk menuliskan soal-soal yang baik harus berpedoman kepada sasaran-sasaran atau tujuan pengajaran dalam penyusunan item untuk tiap-tiap tipe tes. Banyaknya item yang ditulis hendaknya lebih banyak daripada yang diperlukan, sehingga dapat memilih item yang lebih baik.

3) Menata Soal

Setelah soal-soal yang diperlukan untuk suatu tindakan evaluasi mencukupi maka langkah selanjutnya ialah mengatur soal-soal tersebut. Dalam pengaturan ini kita kelompokkan soal-soal itu menurut bentuknya, seperti pilihan ganda, essay, dan menjodohkan.

Disamping pengaturan menurut bentuknya, soal itu hendaknya diatur pula menurut taraf kesukarannya dari mulai taraf ringan, sedang, sampai taraf berat.

4) Menetapkan Skor

Langkah selanjutnya yaitu, menetapkan besarnya skor yang diberikan untuk setiap item. Artinya kita tetap beberapa skor yang akan diberikan untuk setiap jawaban murid. Cara menskor yang banyak dilakukan adalah memberikan skor satu untuk setiap jawaban yang betul.

Tetapi kerap kali diperlukan cara pemberian skor lain pula, misalnya untuk menghindari terjadinya pemberian skor yang terlampaui rendah atau terlampaui tinggi untuk pertanyaan-pertanyaan tertentu. Dalam hal ini dipergunakan skor yang sebelumnya telah ditetapkan besarnya, yaitu yang mengenai prinsip-prinsip pokok disediakan skor yang lebih besar daripada pertanyaan-pertanyaan yang kurang penting.

5) Reproduksi Tes

Setelah semua langkah-langkah tersebut diatas dilampaui, maka langkah terakhir adalah memproduksi tes. Reproduksi ini dapat dalam bentuk ketikan atau cetakan. Jumlah reproduksi kita sesuaikan dengan jumlah kebutuhan.

6) Analisa empiris terhadap suatu tes hasil belajar

Apabila suatu tes telah selesai kita laksanakan maka hasil-hasil yang ditimbulkan oleh tes tadi kita adakan analisa. Analisa yang kita lakukan setelah suatu tes selesai dilaksanakan adalah untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

- a) Bagaimanakah kualitas daripada item-item yang kita gunakan?
- b) Apakah item-item tersebut sudah cukup baik atau belum?
- c) Kalau belum dimana letak kelemahannya?
- d) Apakah item tersebut masih bisa direvisi atau harus dihapus?

Analisa semacam ini disebut analisa empiris. Dengan analisa empiris ini dapat kita ketahui apakah tes yang kita susun itu sudah merupakan tes yang baik atau belum? Dengan analisa empiris ini dapat diketahui item-item mana yang

perlu diubah atau diperbaiki bahkan dihapus, dan item-item mana yang baik dipergunakan untuk selanjutnya.

umumnya suatu tes hasil belajar baru merupakan tes yang baik, setelah diadakan revisi beberapa kali, berdasarkan hasil-hasil analisa empiris. Oleh karena itu, analisa empiris perlu dilakukan melalui analisa empiris ini akan diketahui kelemahan-kelemahan dari suatu item yang kita gunakan yang selanjutnya kelemahan-kelemahan tersebut diperbaiki.

Dengan analisa empiris yang berulang kali kita lakukan akan mendapatkan item-item tes yang cukup baik. Item-item yang cukup baik ini dapat kita simpan dalam bank soal dan dapat digunakan untuk keperluan evaluasi selanjutnya.[5]

Evaluasi Hasil Belajar

Evaluasi hasil belajar dapat dilakukan dengan penilaian kelas, tes kemampuan dasar, penilaian akhir satuan pendidikan dan sertifikasi, bench marking dan penilaian program.

1) Penilaian Kelas

Penilaian kelas dilakukan dengan ulangan harian, ulangan umum dan ujian akhir. Ulangan Harian dilakukan setiap selesai proses pembelajaran dalam satuan bahasan atau kompetensi tertentu. Ulangan harian ini terdiri dari seperangkat soal yang harus dijawab para peserta didik, dan tugas – tugas terstruktur yang berkaitan dengan konsep yang sedang di bahas. Ulangan harian minimal dilakukan tiga kali dalam satu semester. Ulangan harian ini, terutama ditujukan untuk memperbaiki modul dan program pembelajaran, tetapi tidak menutup kemungkinan digunakan untuk tujuan – tujuan lain, misalnya sebagai bahan pertimbangan dalam memberikan nilai bagi para peserta didik.

Ulangan umum dilaksanakan setiap akhir semester, dengan bahan yang diujikan sebagai berikut :

- a) Ulangan umum semester pertama soalnya diambil dari materi semester pertama.

b) Ulangan umum semester kedua soalnya merupakan gabungan dari materi semester pertama dan semester kedua, dengan penekanan pada materi semester kedua.

Ulangan umum dilaksanakan secara bersama untuk kelas – kelas paralel, dan pada umumnya dilakukan ulangan umum bersama baik tingkat rayon, kecamatan, kodya / kabupaten maupun provinsi. Hal ini, dilakukan terutama dimaksudkan untuk meningkatkan pemerataan mutu pendidikan dan untuk menjaga keakuratan soal – soal yang diujikan. Di samping untuk menghemat tenaga dan biaya, pengembangan soal bisa dilakukan oleh bang soal, dan bisa dipergunakan secara berulang – ulang selama soal tersebut masih layak dipergunakan.

Ujian akhir dilakukan pada akhir program pendidikan. Bahan – bahan yang diujikan meliputi seluruh materi modul yang telah diberikan, dengan penekanan pada bahan – bahan yang diberikan pada kelas – kelas tinggi. Hasil evaluasi akhir ini terutama digunakan untuk menentukan kelulusan bagi setiap peserta didik dan layak tidaknya untuk melanjutkan pendidikan pada tingkat di atasnya.

Penilaian kelas dilakukan oleh guru untuk mengetahui kemajuan dan hasil belajar peserta didik, mendiagnosa kesulitan belajar, memberikan umpan balik untuk perbaikan proses pembelajaran dan penentuan kenaikan kelas.

2) Tes Kemampuan Dasar

Tes Kemampuan Dasar dilakukan untuk mengetahui kemampuan membaca, menulis dan berhitung yang di perlukan dalam rangka memperbaiki program pembelajaran (program remedial). Tes kemampuan dasar dilakukan pada setiap tahun.

3) Penilaian Akhir Satuan Pendidikan dan Sertifikasi

Pada setiap akhir semester dan tahun pelajaran diselenggarakan kegiatan penilaian guna mendapatkan gambaran secara utuh dan menyeluruh

mengenai ketuntasan belajar peserta didik dalam satuan waktu tertentu. Untuk keperluan sertifikasi, kinerja dan hasil belajar yang dicantumkan dalam Surat Tanda Tamat Belajar atau Ijazah tidak semata – mata didasarkan atas hasil penilaian pada akhir jenjang sekolah.

4) Benchmarking

Benchmarking merupakan suatu standar untuk mengukur kinerja yang sedang berjalan, proses dan hasil untuk mencapai suatu keunggulan yang memuaskan. Ukuran keunggulan dapat ditentukan ditingkat sekolah, daerah atau nasional. Penilaian dilaksanakan secara berkesinambungan sehingga peserta didik dapat mencapai satuan tahap keunggulan pembelajaran yang sesuai dengan kemampuan usaha dan keuletannya.

Untuk dapat memperoleh data dan informasi tentang pencapaian benchmarking tertentu dapat diadakan penilaian secara nasional yang dilaksanakan pada satuan pendidikan. Hasil penilaian tersebut dapat dipakai untuk memberikan peringkat kelas dan tidak untuk memberikan nilai akhir peserta didik. Hal ini, dimaksudkan sebagai salah satu dasar untuk pembinaan guru dan kinerja sekolah.

5) Penilaian Program

Penilaian program dilakukan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan serta Dinas Pendidikan secara kontinyu dan berkesinambungan. Penilaian program dilakukan untuk mengetahui kesesuaian kurikulum dengan dasar, fungsi dan tujuan pendidikan nasional serta kesesuaiannya dengan tuntutan perkembangan masyarakat dan kemajuan zaman.

D. Aktivitas Pembelajaran

Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

- 1) Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Pengelolaan Utilitas? Sebutkan!
- 2) Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
- 3) Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- 4) Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- 5) Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
- 6) Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

Aktivitas 1 : Prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Penilaian autentik merupakan suatu pendekatan penilaian yang memungkinkan peserta didik mendemonstrasikan kemampuannya dalam menyelesaikan tugas-tugas atau masalah, dengan mengekspresikan pengetahuan dan keterampilan serta sikapnya sesuai kaidah-kaidah yang berlaku di dunia nyata atau dunia kerja.

Melalui diskusi di dalam kelompok Saudara, tentukan prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan evaluasi hasil belajar sesuai dengan tuntutan penilaian autentik.

Selain itu, aspek-aspek apa saja yang penting untuk dinilai dan di evaluasi.

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-01**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang prinsip dan aspek penting dalam penilaian dan evaluasi, bacalah kembali uraian materi pada bahan pembelajaran 1.

Aktivitas 2 : Prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Pada penilaian dan evaluasi terdapat sejumlah prosedur yang harus dilalui secara bertahap. Menurut saudara, prosedur yang perlu diperhatikan dalam melakukan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar.

Melalui diskusi dalam kelompok, tuliskan pendapat kelompok saudara pada **LK-02**. Untuk memperdalam pengetahuan saudara tentang prosedur penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, Saudara disarankan membaca uraian materi poin 7 pada bahan pembelajaran 1.

Aktivitas 3 : Pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

Pada penilaian autentik, terdapat aspek-aspek yang wajib dinilai dan dievaluasi diadministrasikan dengan menggunakan berbagai instrumen. Diskusikan dalam kelompok bagaimana bentuk instrumen dari setiap aspek tersebut. Jawaban kelompok saudara agar dituangkan pada **LK-03**.

Aktivitas 4 : Analisis hasil penilaian proses dan hasil belajar

Hasil penilaian belajar dianalisis untuk mendapatkan umpan balik tentang berbagai komponen dalam proses pembelajaran. Analisis hasil penilaian dilakukan dengan memperhatikan nilai yang diperoleh siswa pada ulangan harian, ulangan tengah semester, ulangan akhir semester, dan ulangan kenaikan kelas.

Menurut Saudara, untuk apa analisis terhadap hasil penilaian di setiap macam ulangan tersebut dilakukan? Diskusikan hal tersebut dalam kelompok saudara dan hasil diskusi itu dicantumkan pada **LK-04**. Untuk memperdalam pemahaman saudara tentang hal tersebut, uraian materi pada pembelajaran 1 dapat membantu.

E. Rangkuman

1. Penilaian autentik merupakan suatu pendekatan penilaian yang memungkinkan peserta didik mendemonstrasikan kemampuannya dalam menyelesaikan tugas-tugas atau masalah, dengan mengekspresikan pengetahuan dan keterampilan serta sikapnya sesuai kaidah-kaidah yang berlaku di dunia nyata atau dunia kerja
2. Dalam melaksanakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar, pendidik perlu memperhatikan prinsip-prinsip penilaian yaitu: valid/sahih, objektif, transparan/terbuka, adil, terpadu, menyeluruh dan berkesinambungan, sistematis, akuntabel, serta beracuan kriteria.
3. Dalam dunia pendidikan, ada tiga aspek yang menjadi sasaran evaluasi pembelajaran, yaitu aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik.
4. Prosedur yang perlu diperhatikan dalam melakukan penilaian antar lain adalah: mengkaji materi pembelajaran, memilih teknik penilaian, merumuskan kisi-kisi, menulis butir soal, melakukan penimbangan/*review*, melakukan perbaikan hasil *review*, melaksanakan ujicoba dan penggandaan, melaksanakan pengujian, melakukan penskoran, dan melakukan keputusan akhir dari kegiatan penilaian.
5. Instrumen penilaian yang akan dipergunakan harus dikembangkan oleh guru. Instrumen yang dikembangkan meliputi aspek sikap, keterampilan, dan pengetahuan.
6. Hasil penilaian oleh pendidik setiap semester perlu diolah untuk diadministrasikan ke dalam buku laporan hasil belajar (rapor). Nilai rapor merupakan gambaran pencapaian kemampuan peserta didik dalam satu semester.
7. Hasil penilaian belajar dianalisis untuk mendapatkan umpan balik tentang berbagai komponen dalam proses pembelajaran. Analisis hasil penilaian dilakukan dengan memperhatikan nilai yang diperoleh siswa pada ulangan harian (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas, produk), ulangan tengah semester (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), ulangan akhir semester (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), dan ulangan kenaikan kelas (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan pruduk)

8. Evaluasi proses adalah suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan dengan sengaja untuk melihat tingkat keberhasilan proses belajar atau pengajaran yang telah dilaksanakan.
9. Evaluasi hasil belajar adalah kegiatan atau cara yang ditujukan untuk mengetahui tercapai atau tidaknya tujuan pembelajaran dan juga proses pembelajaran yang telah dilakukan

F. Tes Formatif

1. Jelaskan perbedaan antara pengukuran, penilaian, dan evaluasi!
2. Jelaskan prinsip-prinsip yang harus diperhatikan dalam melaksanakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar!
3. Jelaskan tentang enam jenjang proses berpikir dalam ranah kognitif!
4. Jelaskan secara rinci tentang prosedur dalam melakukan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar!
5. Jelaskan tentang analisis hasil penilaian proses dan hasil belajar!

G. Kunci Jawaban

1. *Measurement* atau pengukuran diartikan sebagai proses untuk menentukan luas atau kuantitas sesuatu (Wondt, Edwin and G.W. Brown, 1957:1), dengan pengertian lain pengukuran adalah suatu usaha untuk mengetahui keadaan sesuatu seperti adanya yang dapat dikuantitaskan, hal ini dapat diperoleh dengan jalan tes atau cara lain. Penilaian dalam konteks hasil belajar diartikan sebagai kegiatan menafsirkan data hasil pengukuran tentang kecakapan yang dimiliki siswa setelah mengikuti kegiatan pembelajaran. Evaluasi dan penilaian lebih bersifat komprehensif yang meliputi pengukuran, sedangkan tes merupakan salah satu alat (*instrument*) pengukuran. Pengukuran lebih membatasi kepada gambaran yang bersifat kuantitatif (angka-angka) tentang kemajuan belajar peserta didik (*learning progres*), sedangkan evaluasi dan penilaian lebih bersifat kualitatif.

2. prinsip-prinsip penilaian yang harus diperhatikan dalam melaksanakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar:
 - a. Valid/sahih
Penilaian hasil belajar oleh pendidik harus mengukur pencapaian kompetensi yang ditetapkan dalam standar isi (standar kompetensi dan kompetensi dasar) dan standar kompetensi lulusan. Penilaian valid berarti menilai apa yang seharusnya dinilai dengan menggunakan alat yang sesuai untuk mengukur kompetensi.
 - b. Objektif
Penilaian hasil belajar peserta didik hendaknya tidak dipengaruhi oleh subyektivitas penilai, perbedaan latar belakang agama, sosial-ekonomi, budaya, bahasa, gender, dan hubungan emosional.
 - c. Transparan/terbuka
Penilaian hasil belajar oleh pendidik bersifat terbuka artinya prosedur penilaian, kriteria penilaian dan dasar pengambilan keputusan terhadap hasil belajar peserta didik dapat diketahui oleh semua pihak yang berkepentingan.
 - d. Adil

Penilaian hasil belajar tidak menguntungkan atau merugikan peserta didik karena berkebutuhan khusus serta perbedaan latar belakang agama, suku, budaya, adat istiadat, status sosial ekonomi, dan gender.

e. Terpadu

Penilaian hasil belajar oleh pendidik merupakan salah satu komponen yang tak terpisahkan dari kegiatan pembelajaran.

f. Menyeluruh dan berkesinambungan

Penilaian hasil belajar oleh pendidik mencakup semua aspek kompetensi dengan menggunakan berbagai teknik penilaian yang sesuai, untuk memantau perkembangan kemampuan peserta didik.

g. Sistematis

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dilakukan secara berencana dan bertahap dengan mengikuti langkah-langkah baku.

h. Akuntabel

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dapat dipertanggungjawabkan, baik dari segi teknik, prosedur, maupun hasilnya.

i. Beracuan kriteria

Penilaian hasil belajar oleh pendidik didasarkan pada ukuran pencapaian kompetensi yang ditetapkan.

3. Enam jenjang proses berpikir dalam ranah kognitif meliputi:

Pengetahuan adalah kemampuan seseorang untuk mengingat-ingat kembali (*recall*) atau mengenali kembali tentang nama, istilah, ide, gejala, rumus-rumus, dan lain-lain tanpa mengharapkan kemampuan untuk menggunakannya. Pengetahuan atau ingatan ini merupakan tingkat berpikir yang paling rendah. Salah satu contoh hasil belajar kognitif pada jenjang pengetahuan adalah peserta didik dapat menghafal surat al-'Ashr, menerjemahkan dan menuliskannya kembali secara baik dan benar, sebagai salah satu materi pelajaran kedisiplinan yang diberikan guru Pendidikan Agama Islam di sekolah. Contoh lainnya, peserta didik dapat mengingat kembali peristiwa kelahiran Rasulullah saw.

Pemahaman adalah kemampuan seseorang untuk mengerti dan memahami sesuatu setelah sesuatu itu diketahui dan diingat. Dengan kata lain, memahami adalah mengetahui tentang sesuatu dan dapat melihatnya dari berbagai segi. Seorang peserta didik dapat dikatakan memahami sesuatu apabila dia dapat memberikan penjelasan yang rinci tentang sesuatu tersebut dengan menggunakan kata-katanya sendiri. Pemahaman merupakan tingkat berpikir yang setingkat lebih tinggi dari ingatan atau hafalan. Salah satu contoh hasil belajar ranah kognitif pada jenjang pemahaman adalah peserta didik dapat menguraikan tentang makna kedisiplinan yang terkandung dalam surat al-'Ashr secara lacer dan jelas.

Penerapan atau aplikasi adalah kesanggupan seseorang untuk menerapkan atau menggunakan ide-ide umum, tata cara ataupun metode-metode, prinsip-prinsip, rumus, teori dan lain-lain dalam situasi yang baru dan kongkrit. Aplikasi atau penerapan ini adalah tingkat berpikir yang setingkat lebih tinggi daripada pemahaman. Salah satu contoh hasil belajar kognitif jenjang aplikasi adalah peserta didik mampu memikirkan tentang penerapan konsep kedisiplinan yang diajarkan oleh Islam dalam kehidupan sehari-hari, baik di lingkungan keluarga, sekolah maupun di masyarakat.

Analisis adalah kemampuan seseorang untuk merinci atau menguraikan suatu bahan atau keadaan menurut bagian-bagian yang lebih kecil dan mampu memahami hubungan di antara bagian-bagian tersebut. Taraf berpikir analisis adalah setingkat lebih tinggi daripada taraf berpikir aplikasi. Contoh hasil belajar analisis adalah peserta didik dapat merenung dan memikirkan dengan baik tentang wujud nyata kedisiplinan seorang siswa sehari-hari di rumah, di sekolah, dan di masyarakat sebagai bagian dari ajaran Islam.

Sintesis adalah kemampuan berpikir yang merupakan kebalikan dari proses berpikir analisis. Sintesis merupakan suatu proses berpikir yang memadukan bagian-bagian atau unsur-unsur secara logis, sehingga menjelma menjadi suatu pola yang berstruktur atau berbentuk pola baru. Taraf berpikir sintesis kedudukannya setingkat lebih tinggi daripada taraf berpikir analisis. Salah satu contoh hasil belajar kognitif pada taraf sintesis adalah peserta didik mampu menulis karangan tentang pentingnya

kedisiplinan sebagaimana telah diajarkan oleh Islam. Dalam karangannya itu, peserta didik juga dapat mengemukakan secara jelas gagasan-gagasannya sendiri atau orang lain, data-data atau informasi lain yang mendukung pentingnya kedisiplinan.

Penilaian atau penghargaan atau evaluasi merupakan jenjang berpikir paling tinggi dalam ranah kognitif menurut taksonomi Bloom. Penilaian atau evaluasi merupakan kemampuan seseorang untuk membuat pertimbangan terhadap suatu situasi, nilai, atau ide. Misalnya, jika seseorang dihadapkan pada beberapa pilihan maka dia akan mampu memilih satu pilihan yang terbaik sesuai dengan patokan-patokan atau criteria yang ada. Contoh hasil belajar kognitif taraf evaluasi adalah peserta didik mampu mengidentifikasi manfaat kedisiplinan dan mudharat kemalasan sehingga pada akhirnya dia berkesimpulan dan menilai bahwa kedisiplinan di samping merupakan perintah Allah swt juga merupakan kebutuhan manusia itu sendiri.

4. Prosedur dalam melakukan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar adalah sebagai berikut :

Mengkaji Materi Pembelajaran

Tahap pertama yang harus dilakukan guru sebagai penilai adalah mempelajari dan mengkaji materi pembelajaran dari satu atau lebih kompetensi dasar. Kajian materi ini dapat dilakukan melalui beberapa referensi untuk memperoleh bahan secara komprehensif dari beragam sumber dengan bertolak pada kompetensi yang diharapkan.

Memilih Teknik Penilaian

Tahap kedua Guru memilih atau menentukan teknik penilaian sesuai dengan kebutuhan pengukuran. Secara garis besar, teknik penilaian dapat digolongkan menjadi dua, yaitu penilaian melalui tes dan non tes. Dalam menentukan keakuratan perlu dipertimbangkan pemilihan teknik, yaitu tingkat ke-akurat-an dan kepraktisan penyusunan dalam setiap butir soal/instrumen.

Perumusan Kisi – Kisi

Tahap ketiga merumuskan dan membuat matrik kisi-kisi sesuai dengan teknik penilaian yang telah ditentukan.

Penulisan Butir Soal

Tahap keempat, guru menulis dan membuat butir-butir soal/instrumen yang sesuai dengan kisi-kisi dan bentuk soal/instrumen yang telah ditentukan. Bila guru menggunakan teknik non tes, maka diperlukan untuk membuat pedoman pengisian instrumen. Misalnya untuk observasi atau wawancara.

Penimbangan/Review

Dalam tahap ini, butir soal dan atau pedoman yang telah disusun guru, ditimbang secara rasional (analisis rasional oleh guru); dibaca, ditelaah dan dikaji kembali butir-butir soal dan atau pedoman yang dibuat telah memenuhi persyaratan.

Perbaikan

Pedoman diperbaiki sesuai dengan hasil penimbangan, bagian-bagian mana yang perlu dikurangi atau ditambah kalimat atau kata-katanya perbaikan inipun biasanya didasarkan kepada pemikiran peserta didik untuk memahami isi dari kalimat yang diberikan, hal ini mengandung arti bahwa kalimat yang disusun hendaknya mudah dipahami oleh para peserta didik .

Uji-coba dan Penggandaan.

Uji-coba terhadap instrumen yang dibuat adalah untuk menentukan apakah butir soal/instrumen yang dibuat telah memenuhi kriteria yang dituntut, sudahkah mempunyai tingkat ketetapan, ketepatan, tingkat kesukaran dan daya pembeda yang memadai. Untuk bentuk non tes kriterianya dituntut adalah tingkat ketepatan (validitas) dan ketetapan (reliabilitas) sehingga diperoleh perangkat alat tes ataupun non tes yang baku (standar)

Diuji (diteskan)

Setelah diperoleh perangkat alat tes ataupun non tes yang memenuhi persyaratan sudah barang tentu perangkat alat ini diorganisasikan, disusun berdasarkan pada bentuk-bentuk atau model-model soal bagi perangkat tes, dan untuk perangkat non tes. Setelah perangkat tes maupun non tes digandakan kemudian siap untuk diujikan.

Pemberian Skor

Lembar jawaban peserta didik dikumpulkan dan disusun berdasarkan nomer induk peserta didik untuk memudahkan dalam memasukkan skor peserta didik. Kemudian

dilakukan pemberian skor sesuai dengan kunci jawaban, sehingga diperoleh skor setiap peserta didik. Untuk bentuk soal objektif diberi skor 1 jika benar dan 0 jika salah, sedangkan skor bentuk *essay* bergantung kepada tingkat kesulitan soal. Untuk menafsirkan siapa yang lulus dan tidak lulus bergantung pada batas lulus yang dipergunakan oleh guru.

Putusan.

Setelah pengelolaan, sampai pada menafsirkan, guru memperoleh putusan akhir dari kegiatan penilaian. Putusan yang diambil diharapkan obyektif sesuai dengan aturan.

5. Analisis hasil penilaian proses dan hasil belajar

Hasil penilaian belajar dianalisis untuk mendapatkan umpan balik tentang berbagai komponen dalam proses pembelajaran. Analisis hasil penilaian dilakukan dengan memperhatikan nilai yang diperoleh siswa pada ulangan harian (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas, produk), ulangan tengah semester (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), ulangan akhir semester (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk), dan ulangan kenaikan kelas (tes tertulis, lisan, praktik/perbuatan dan sikap, tugas dan produk).

LEMBAR KERJA KB-1

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Pengelolaan Utilitas? Sebutkan!

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

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

LK - 01

1. Apa saja yang merupakan prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan evaluasi hasil belajar sesuai dengan tuntutan penilaian autentik.

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

2. Jelaskan pengertian dari masing-masing prinsip tersebut.

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

3. Terdapat tiga aspek yang harus dinilai dan di evaluasi. Tuliskan ketga aspek tersebut beserta alasan mengapa ketiganya diperlukan.

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

1. Prosedur yang harus dilalui dalam melakukan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar

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

2. Uraikan kegiatan yang dilakukan dari setiap prosedur tersebut di atas.

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

LK - 03

Pada penilaian autentik, terdapat tiga aspek yang wajib dinilai dan dievaluasi yaitu sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Ketiga aspek ini diadministrasikan dengan menggunakan instrumen. Tugas Saudara adalah menuangkan bentuk instrumen dari setiap aspek tersebut.

1. Instrumen Aspek Sikap

2. Instrumen Aspek Pengetahuan

3. Instrumen Aspek Keterampilan

LK - 04

Apa saja yang merupakan prinsip-prinsip penilaian dan evaluasi proses dan evaluasi hasil belajar sesuai dengan tuntutan penilaian autentik.

.....

.....

.....

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

Jelaskan pengertian dari masing-masing prinsip tersebut.

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

Terdapat tiga aspek yang harus dinilai dan di evaluasi. Tuliskan ketga aspek tersebut beserta alasan mengapa ketiganya diperlukan.

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

KEGIATAN BELAJAR 2 : KOMPONEN KOMPONEN PLTS

A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 2 Komponen-komponen PLTS peserta mampu melakukan mengidentifikasi dan menguji komponen PLTS

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi, peserta mampu:

- Mengidentifikasi komponen PLTS
- Menguji kondisi komponen PLTS

C. Uraian Materi

Bacaan 1

Jenis-jenis Sel Surya

Berbagai-bagai teknologi telah diteliti oleh para ahli di dunia untuk merancang dan membuat sel fotovoltaik yang lebih baik, murah, dan efisien diantaranya adalah:

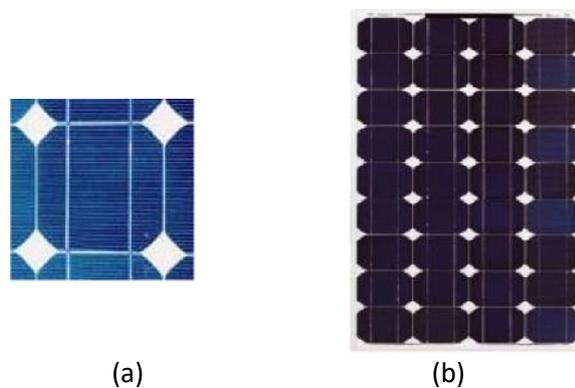
1) Generasi pertama Kristal (*Single Crystal*)

Konfigurasi normal untuk Sel Fotovoltaik terdiri *p-n Junction* Mono Kristal Silikon material mempunyai kemurnian yang tinggi yaitu 99,999%. Ditumbuhkan dengan sistem yang paling terkenal Metode Czochralski dapat dilihat di gambar.2, hasil berbentuk silinder dengan panjang 12cm, diameter tertentu 2 – 5inch, alat pemotong yang terbaru adalah gergaji yang mampu memotong dua sisi sekaligus dengan kapasitas 4000 wafer per-jam.

Gambar 2. 1 | Metoda Penumbuhan Kristal Mono Czochralski dan Produk Ingot



Gambar 2. 2 | (a) Sel surya Single Kristal; (b) modul surya single Kristal



Efisiensi sel surya jenis Single Kristal Silikon mempunyai efisiensi konversi yang cukup tinggi yaitu sekitar 16% sampai dengan 17%.

2) Generasi Kedua Kristal (Polikristal)

Material Mono Kristal harga per kilogram masih mahal, untuk menurunkan harga material, dikembangkan material lain yang disebut Polikristal.

Pembuatan wafer dengan material ini menggunakan Metode *Casting* (gambar 9), kemudian dipotong dengan ukuran 40 x 40 cm². Efisiensi modul fotovoltaik polikristal yang komersial mencapai 12% s/d 14%.

Gambar 2. 3 | Metoda Casting Pembuatan Bahan Polikristal



Gambar 2. 4(a) | Sel Surya Polikristal; (b) Modul Surya Polikristal



(a)

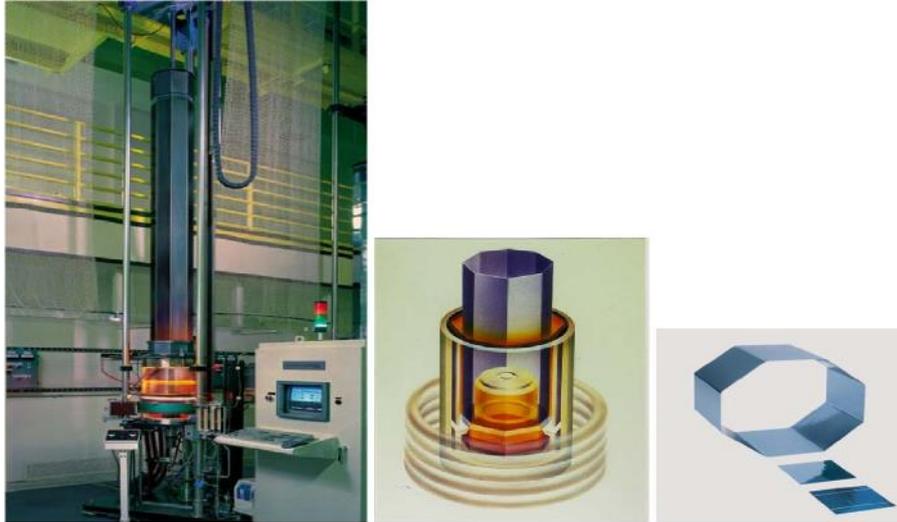


(b)

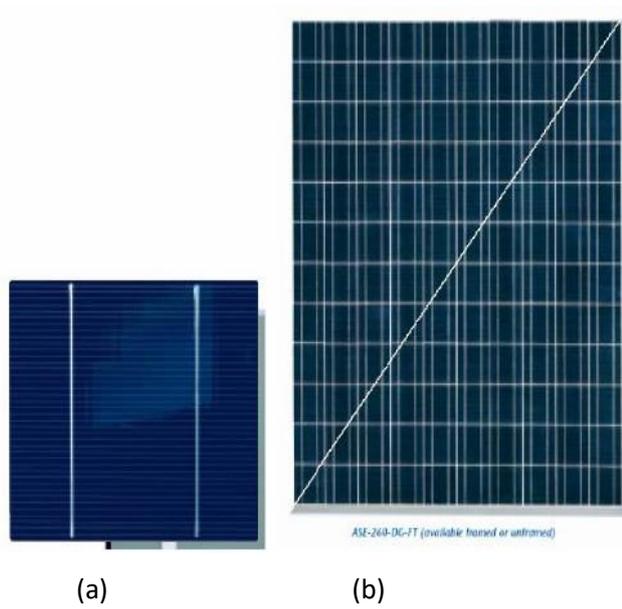
3) Generasi Ketiga, EFG *the Edge Defined Film Growth Ribbon*

Proses ini menumbuhkan wafer Mono Kristal seperti pita langsung dari cairan silikon dengan menggunakan pita kapiler, dapat menghasilkan dengan lebar 5 – 10cm. Pada proses ini penumbuhan terjadi 5 m/menit dengan ketebalan 250 – 350mikrometer, dengan efisiensi 13%.

Gambar 2. 5 | Proses Pembuatan EFG the Edge Defined Film Growth Ribbon¹



Gambar 2. 6 | (a) Modul dan (b) Sel Surya Jenis Polikristal dengan Metoda EFG



¹RWE Schott Solar Germany

4) Generasi ke Empat (Thin Film)

Generasi keempat lapisan tipis atau *Thin Film*, mempunyai ketebalan sekitar 10 mm di atas substrat kaca/steel (baja) atau disebut *advanced* sel fotovoltaik. Tipe yang paling maju saat ini adalah *Amorphous Silicon* dengan *Heterojunction* dengan *stack* atau tandem sel. Efisiensi Sel *Amorphous Silicon* berkisar 6% sampai dengan 9%.

Gambar 2. 7 | *Amorphous Silicon* dengan Heterojunction dengan *Stack* atau Tandem Sel

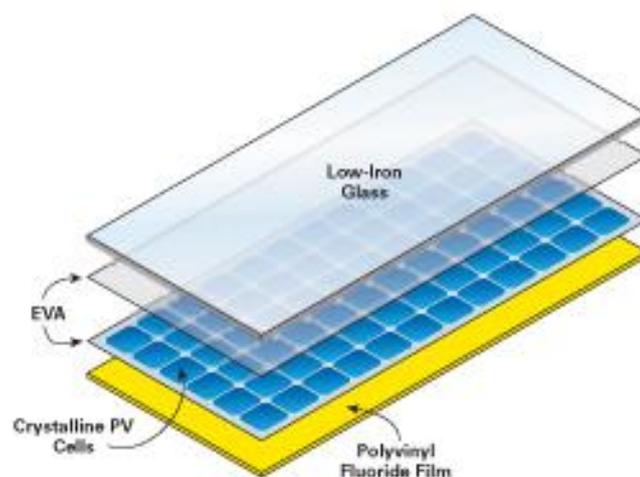


Degradasi dan Masa Kinerja Sel Surya

Pada umumnya modul surya mampu bertahan 20 hingga 25 tahun, khususnya untuk modul mono-crystalline. Modul tipe ini dirancang untuk masa operasi 30 tahun pada saat perancangan dengan acuan kondisi *lab-test*. Sel-sel silikon itu sendiri tidak mengalami kerusakan atau degradasi bahkan setelah puluhan tahun pemakaian. Namun demikian, output modul akan mengalami penurunan dengan berjalannya waktu. Degradasi ini diakibatkan oleh dua faktor utama yaitu rusaknya lapisan atas sel (*ethylene vinyl acetate* atau EVA) dan lapisan bawah (*polyvinyl fluoride film*) secara perlahan-lahan, serta kerusakan secara alami EVA yang terjadi secara bertahap di antara lapisan gelas dan sel-sel itu sendiri.

Lapisan laminasi modul berfungsi melindungi modul dari uap air akibat kelembaban udara, meskipun tidak mungkin 100% kedap. Lapisan dirancang sedemikian rupa sehingga saat suhu modul naik, uap air yang masuk ke modul akan dikeluarkan kembali melalui peningkatan suhu.

Gambar 2. 8 | Konstruksi lapisan modul



Karena modul terekspos ke sinar matahari secara terus menerus, sinar ultraviolet (UV) mengakibatkan kerusakan materi laminasi secara perlahan, dari yang bersifat elastis menjadi plastik. Lambat laun uap air akan tetap terperangkap di dalam dan menyebabkan korosi pada koneksi sel, yang akan menjadi tahanan bagi koneksi antar sel dan menurunkan tegangan operasi modul. Dan seperti yang telah disebutkan, timbulnya kerusakan alami secara perlahan antara lapisan gelas dan sel-sel silikon menyebabkan berkurangnya sinar matahari yang dapat diserap sel.

Alat Pengatur Baterai

Sebagaimana telah dijelaskan pada perancangan sistem Fotovoltaik bahwa didalamnya terdapat suatu komponen penting yang sering disebut dengan berbagai nama, antara lain: BCU (*battery control unit*), BCR (*battery charge regulator*) atau SCR (*solar charge controller*),

yang intinya adalah untuk mengamankan baterai. Istilah BCR akan digunakan didalam modul ini.

BCR dirancang dengan menggunakan komponen elektronik,, oleh karena itu di sini juga dikemukakan beberapa komponen elektronik utama yang digunakan pada BCR tersebut. Pada sistem Fotovoltaik (atau yang dikenal dengan istilah **PLTS = Pembangkit Listrik Tenaga Surya**) berskala besar, BCR merupakan suatu kontrol panel yang didalamnya terdapat pusat pengkabelan (*wiring*) sistem, BCR itu sendiri yang kemungkinan juga diperlengkapi dengan '*hardware*' untuk manajemen energi, inverter dan beberapa fungsi lain seperti proteksi sistem, indikator dan kadang-kadang pencatatan data (*recording*) sistem.

Untuk PLTS berskala kecil, BCR dapat berbentuk suatu kotak, yang tentunya tetap mempunyai fungsi yang sama yang diperlukan pada sistem tersebut. Jenis-jenis BCR diklasifikasikan terhadap bagaimana cara pemutusan hubungan antara Fotovoltaik dengan Baterai, yaitu yang dikenal sebagai pemutusan terhadap tegangan batas atas (*end-of charge*) dari suatu baterai.

Fungsi BCR antara lain:

- mengatur transfer energi dari modul PV --> baterai --> beban, secara efisien dan semaksimal mungkin;
- mencegah baterai dari : *Overcharge* dan *Underdischarge*
- 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.

Overcharge

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.

Pengisian arus listrik dengan Fotovoltaik (PV) kedalam baterai tidak sama dengan '*charging accu*' tersebut, hal ini disebabkan karena arus listrik yang dihasilkan Fotovoltaik bisa besar, bisa juga kecil tergantung dari radiasi matahari dan pengisian ini terus berlangsung selama ada radiasi matahari, tidak mau tahu apakah baterai tersebut sudah penuh atau belum. Oleh karena itu perlu alat untuk menghentikan pengisian arus listrik kedalam baterai, jika baterai sudah mencapai kondisi penuh.

Alat ini dalam Sistem Fotovoltaik kita kenal sebagai BCR. Contoh lain yang mempunyai fungsi sama dengan BCR ataupun '*charging accu*' ini, yaitu pada kendaraan bermotor (mobil atau motor). Alat ini dikenal sebagai "*Cut-Out*" atau dalam istilah pasaran atau bengkel mobil dikenal sebagai "*Ket-Ot*".

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 kebutuhan sistem) dan baterai akan "*gassing*" (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.

Untuk 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 BCR yang secara otomatis akan memutuskan pengisian arus listrik, jika baterai telah mencapai tegangan untuk kondisi penuh tersebut.

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

Underdischarge

Underdischarge adalah pengeluaran (pelepasan) arus listrik dari baterai secara berlebihan sehingga baterai menjadi kosong sama sekali (habis ampernya). Dapat dijelaskan lebih jauh disini yaitu BCR 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-Amper”, sehingga baterai tidak pernah kosong, sekalipun baterai dipakai untuk menyalakan lampu, A/C, tape-radio, dll; asal “dynamo-amper” tersebut tidak rusak/berfungsi dengan baik dan baterainya- tidak lemah (tidak “Swak” dalam istilah bengkel mobil). Sedangkan dalam sistem Fotovoltaik, dimana tentunya tidak ada “dynamoamper” 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 karena 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 ampernya). Kondisi ini disebut sebagai “underdischarge”. Untuk mencegah terjadinya “underdischarge”, maka digunakan alat atau sistem kontrol elektronik pada BCR yang secara otomatis akan memutuskan atau menghentikan pengeluaran arus listrik dari baterai tersebut.

Hal ini dapat dipantau/diketahui dari tegangan baterai, yaitu baterai akan mencapai kondisi minimum (hampir kosong Ampernya), 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.

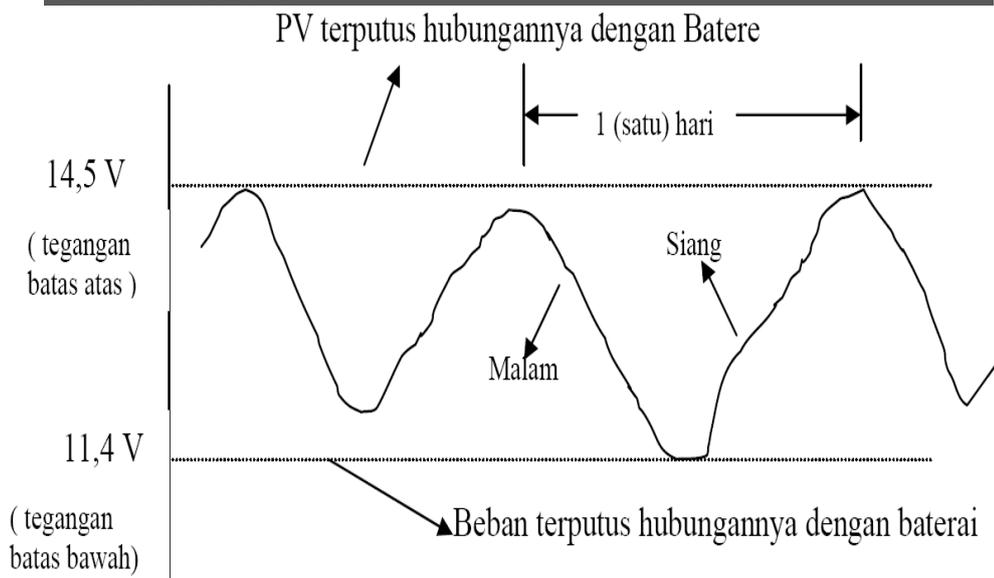
Daerah tegangan kerja baterai

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 tegangan 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.

Grafik turun dan naik tegangan baterai terhadap pemakaian beban dan pengisian arus listrik melalui Fotovoltaik dapat digambarkan seperti gambar berikut ini

Gambar 2. 9 | Grafik tegangan baterai terhadap pemakaian beban dan pengisian arus listrik melalui fotovoltaik



Beban Berlebih dan Hubung Singkat

Beban berlebih adalah suatu pemakaian beban yang melebihi kapasitas maksimum output BCR. Sebagai contoh, jika kapasitas maksimum output BCR adalah 10 amper, bila pemakaian beban melebihi 10 amper maka dikatakan beban berlebih, dan biasanya BCR 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 BCR 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 BCR 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 kebel negatif pada kabel yang menuju beban (ujung-ujung kabel tersebut tersambung langsung).

Pada kondisi hubung singkat ini terjadi arus yang sangat besar, maka apabila BCR tidak dilindungi dengan proteksi hubung singkat, tentunya akan terjadi kerusakan pada komponen elektronik yang ada didalam BCR 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 rangkain elektronik untuk proteksi hubung singkat ini adalah sama dengan rangkaian elektronik untuk proteksi arus beban lebih. Untuk BCR 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 BCR rusak juga.

Polaritas terbalik

Polaritas terbalik dapat terjadi bila :

- 1) Terbaliknya hubungan antara PV dengan BCR.
- 2) Terbaliknya hubungan antara Baterai dengan BCR.
- 3) Terbaliknya hubungan antara BCR dengan beban.

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

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

Tipe BCR

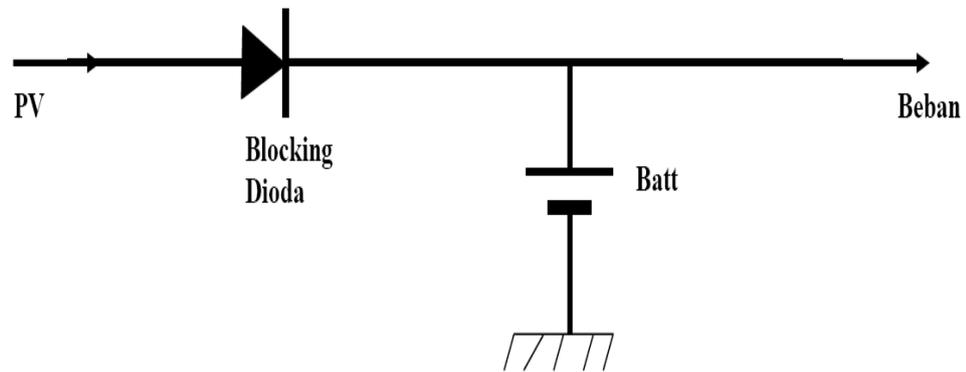
Tipe-tipe BCR diklasifikasikan berdasarkan cara pemutusan hubungan antara PV dengan baterai, antara lain sebagai berikut:

- 1) Direct Connection
- 2) On - Off Regulation :
 - Seri
 - Paralel
 - PWM (*Pulse Width Modulation*)
- 3) Two-step Regulation
- 4) Multistep
- 5) MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Berikut penjelasan tipe-tipe BCR adalah sebagai berikut:

1) Direct Connection

Gambar 2. 10 R | angkaian BCR tipe *Direct Connection*



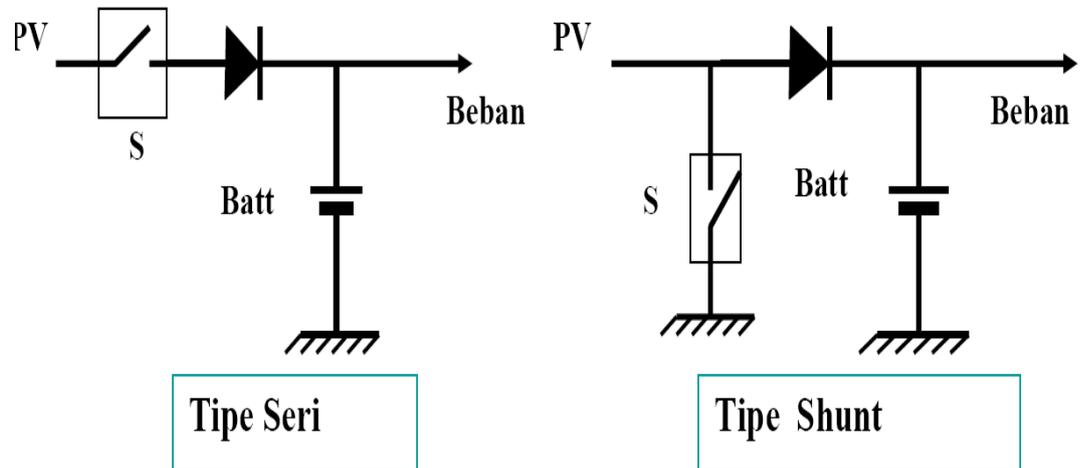
Pada tipe ini fotovoltaik terhubung langsung atau tidak menggunakan saklar pemutus pada tegangan batas atas. Untuk mencegah arus balik dari baterai ke PV, dipasang 'Blocking Diode'. Kemudian, untuk mencegah terjadinya overcharge, kapasitas PV, baterai, dan pemakaian energi beban harus dihitung dengan tepat, sehingga tegangan kerja PV sesuai atau 'match' dengan daerah tegangan kerja baterai.

Tegangan terbuka modul PV (V_{oc}) harus didisain sedemikian rupa sehingga pada saat baterai penuh, tegangan output PV hampir sama dengan tegangan baterai penuh. Biasanya $V_{oc} = 16,5$ volt (1 modul terdiri dari 33 sel PV yang diseri). Tipe ini tergolong sederhana dan ekonomis.

Tipe ini hanya sesuai untuk lokasi yang temperaturnya tidak terlalu bervariasi, sehingga tegangan maksimum PV relatif konstan.

2) On-Off Regulator

Gambar 2. 11 | Rangkaian BCR tipe On-Off Regulator

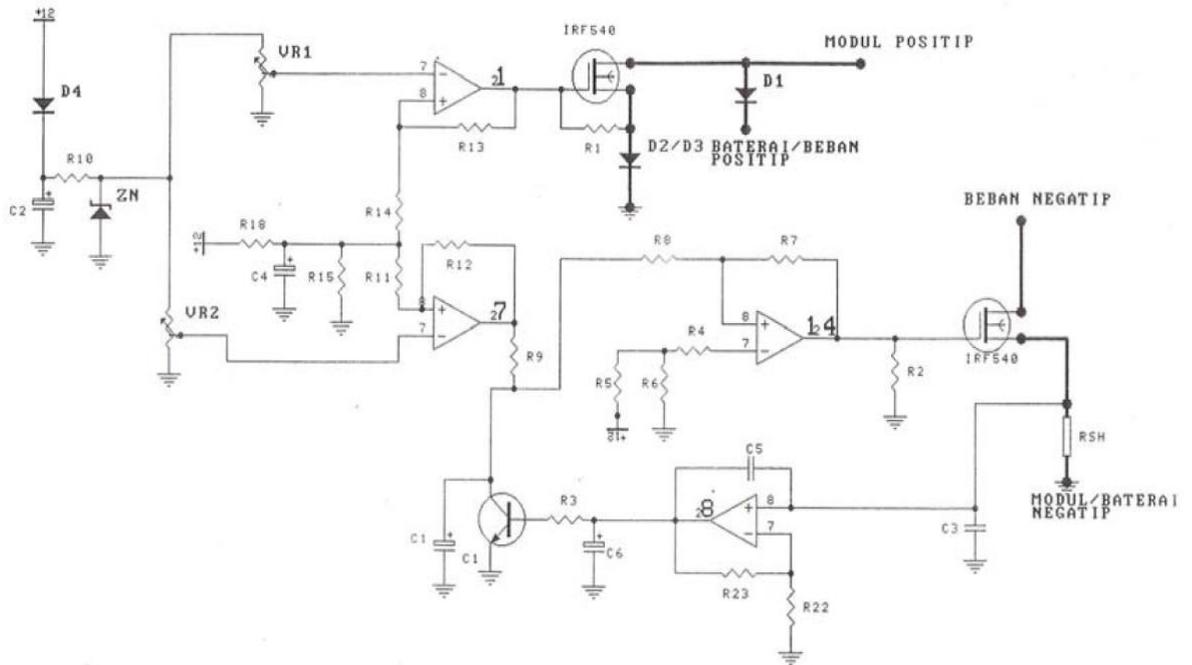


Hubungan PV dengan baterai akan terputus pada saat tegangan baterai telah mencapai batas atas, misalnya pada 14,2 volt.

Untuk tipe seri, pada saat 'cut-off', $I_{pv} = 0$ dan $V_{pv} = V_{oc}$ (saklar S terbuka). Sedangkan untuk tipe parallel, pada saat 'cut-off', $I_{pv} = I_{sc}$ dan $V_{pv} = 0$ (saklar S tertutup).

Pabrikasi tipe On-Off Regulator ini tergolong tidak terlalu rumit serta cukup handal apabila rancangan dan pabrikasinya baik. Tipe ini paling banyak dipasarkan.

Gambar 2. 12 | Rangkaian BCR tipe shunt



3) Two-Step Regulation

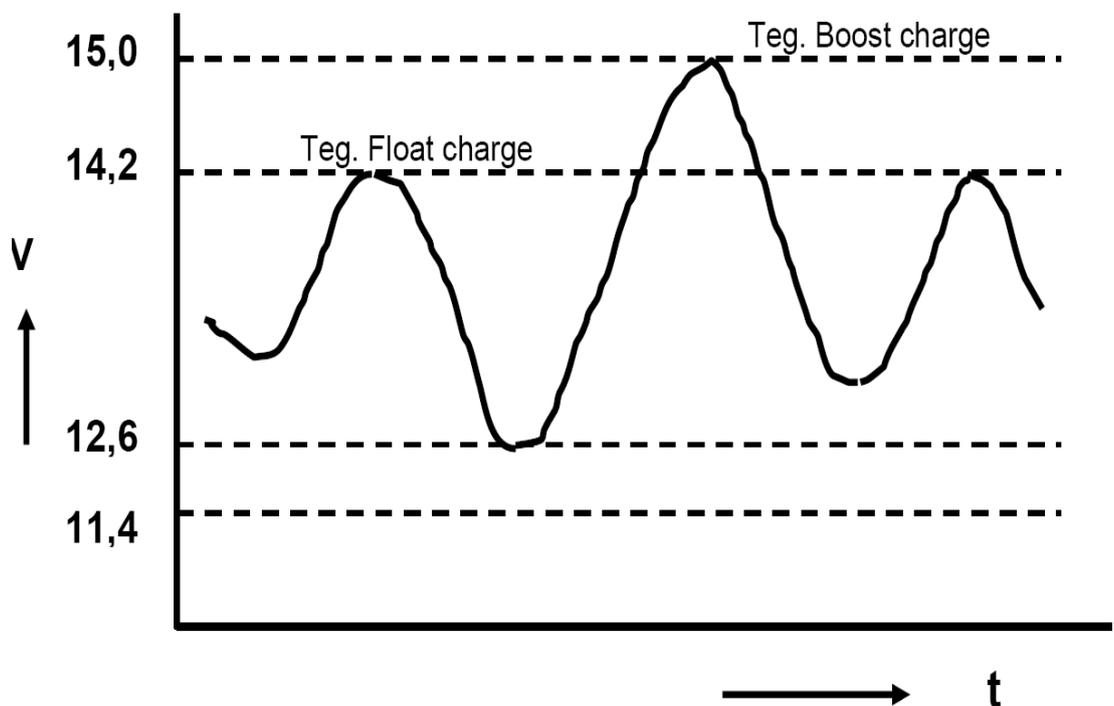
Blok diagram rangkaian dasar two-step regulation sama dengan blok diagram dari *On-Off Regulation*. Namun terdapat perbedaan prinsip kerja terhadap buka – tutup saklar S. Apabila tegangan baterai pada saat belummencapai tegangan dimana kapasitas baterai minimum, yaitu tegangan baterai masih lebih besar dari 11,4 volt ($V_{bat} > 11,4$ volt) lalu baterai kembali diisi (*di-charge*) oleh fotovoltaik, maka pengisian hanya berlangsung sampai kapasitas baterai penuh (misalnya $V_{bat} = 14,2V$). Tegangan ini sekarang disebut sebagai tegangan “*Floating*” atau tegangan batas atas “*normal*”.

Tetapi apabila tegangan baterai, karena suatu hal terus turun, mencapai limit tegangan baterai minimum yaitu $V_{bat} = 11,4$ Volt, maka pengisian baterai harus dilakukan sampai tegangan baterai mencapai tegangan “*gassing*” (yaitu misalnya $V_{bat} = 15$ volt).

Batas tegangan baterai dimana pada saat pengisian kembali baterai menuju tegangan baterai “gassing”, tidak selalu harus menunggu sampai kapasitas baterai minimum. Pada beberapa BCR tegangan tersebut diset sedikit lebih besar, yaitu sekitar 12,6 volt.

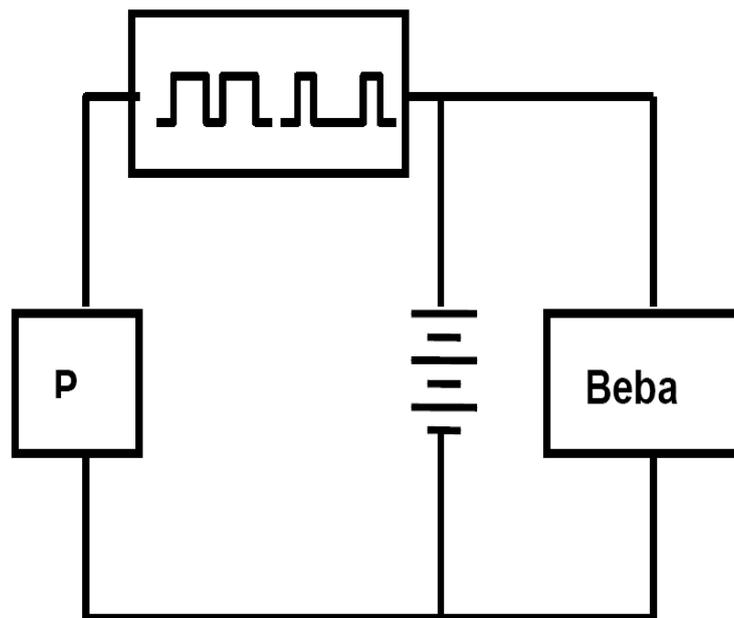
Contoh kejadian tegangan baterai pada kondisi “charge-discharge” untuk BCR jenis two-step regulation ini adalah seperti pada gambar dibawah ini. Di sini tegangan picu atau tegangan trigger baterai dimana baterai akan menuju pengisian sampai gasing di-set = 12,6 volt.

Gambar 2. 13 | Tegangan baterai saat kondisi *Charge-Discharge* BCR tipe Two-Step Regulation



Disain dasar PWM

Gambar 2. 14 | Rangkaian PWM pada BCR

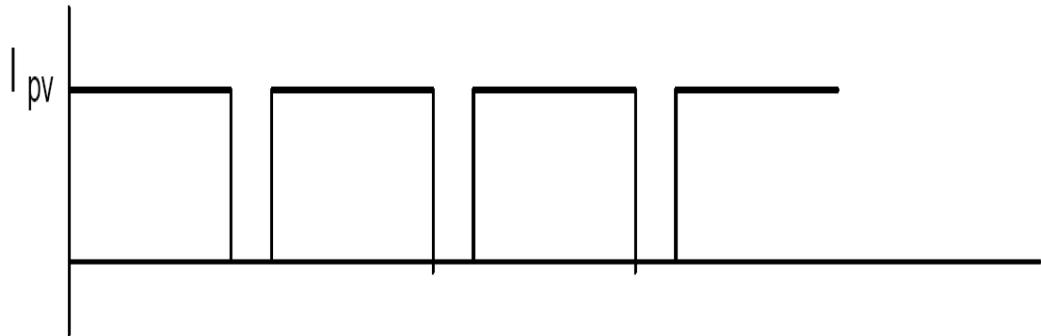


Pada saat baterai hampir penuh, terjadi pengisian (*charging*) yang terputus-putus atau dikenal dengan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*). Proses pengisian baterai mendekati kondisi ideal, karena besar kecilnya arus pada saat pada saat baterai akan penuh diatur oleh lebar pulsa “on”.

Rangkaian BCR tipe ini lebih rumit, terutama karena PWM harus didisain sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan interferensi pada gelombang radio.

Bentuk- bentuk arus pengisian dengan PWM

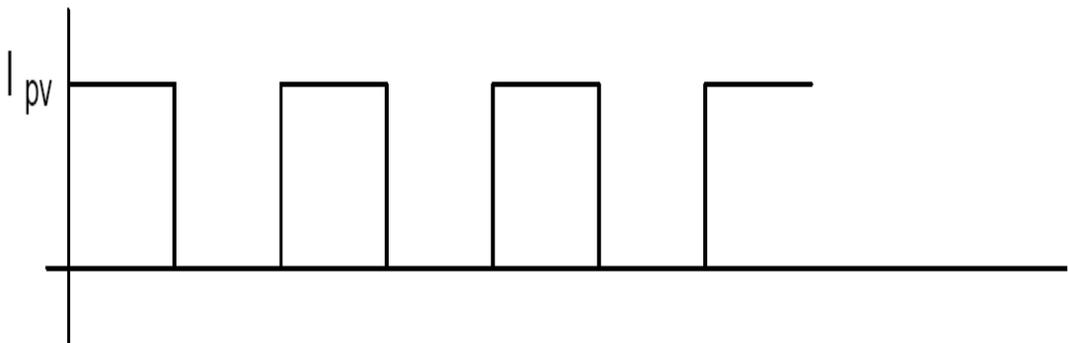
- PWM mulai start (baterai hampir penuh)



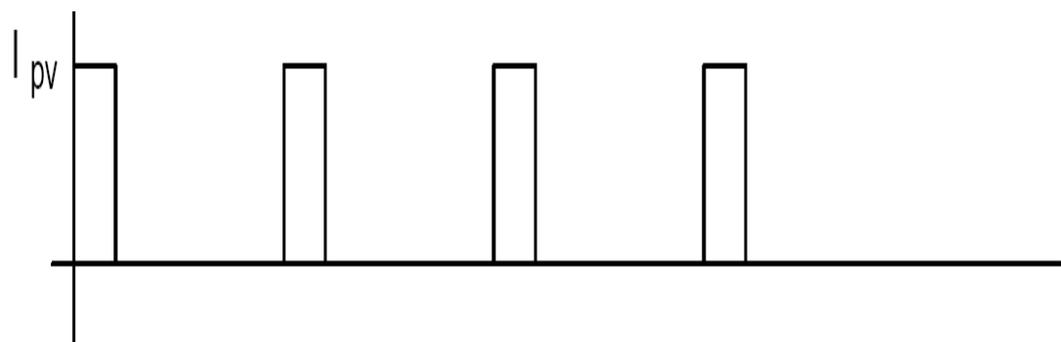
Gambar 2. 15 Bentuk Arus Pengisian PV dengan PWM Saat Start

b) PWM 50 % 'duty cycle' (baterai penuh, tapi masih dapat diisi)

Gambar 2. 16 | Bentuk arus pengisian PV dengan PWM 50% Duty Cycle



c) PWM 95 % 'duty cycle' (baterai penuh, sudah hampir tidak dapat diisi)



Gambar 2. 17 Bentuk arus pengisian PV dengan PWM 95% Duty Cycle

4) Multistep Regulator

Tipe BCR ini menghubungkan/memutuskan PV *array* sedikit demi sedikit (satu *string* untuk setiap tahap) sesuai dengan kondisi baterai. Umumnya pemutusan/penghubungan PV dengan baterai dilakukan secara seri.

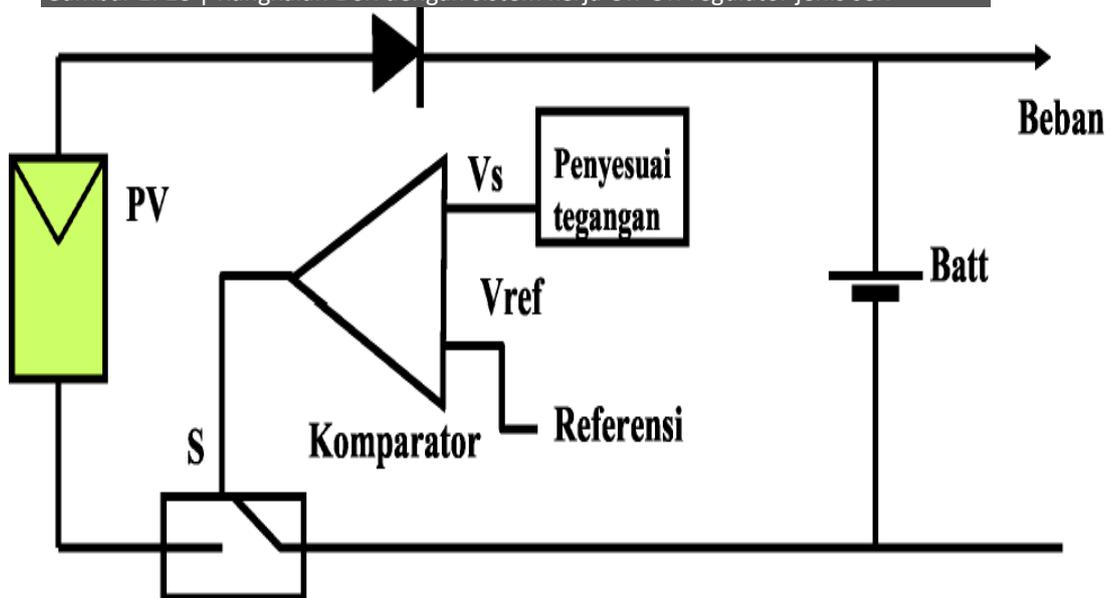
Proses pengisian mendekati kondisi yang ideal karena besarnya arus pengisian dapat diatur dari kondisi paling minimal (semua *switch* terbuka) hingga pengisian maksimal (semua *switch* tertutup).

Hanya sesuai untuk sistem PLTS berkapasitas besar yang terdiri dari dari banyak modul.

Cara kerja beberapa jenis BCR

1) Sistem On-Off Regulator Jenis Seri

Gambar 2. 18 | Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off regulator jenis seri



Jika $V_s < V_{ref}$, maka komparator akan On dan memicu (*trigger*) switch elektronik S agar tetap On (Switch S tutup).

V_s merupakan tegangan sensor yang mengikuti tegangan baterai, dan V_{ref} dibuat sedemikian rupa sehingga pada saat $V_s = V_{ref}$, komparator akan mendeteksi tegangan

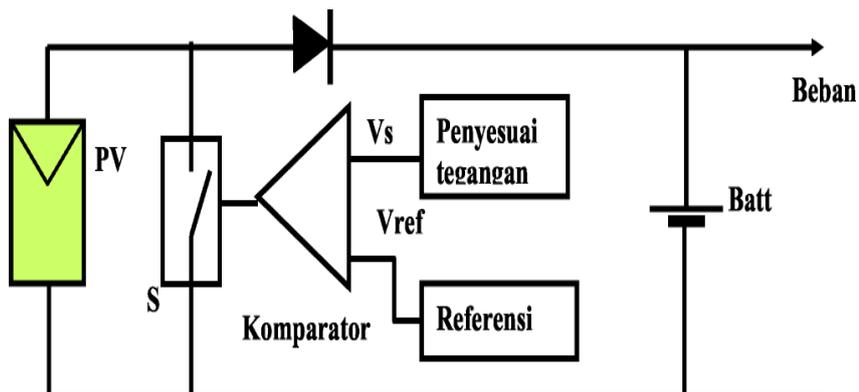
batas atasnya (sama dengan 14,2V). Jadi untuk $V_{bat} < 14,2V$ (yaitu $V_S < V_{ref}$) switch S akan tutup (On), dan pada saat $V_S \geq V_{ref}$ ($V_{bat} \geq 14,2V$) switch S akan terbuka (off).

Pada beberapa jenis BCR, biasanya terdapat perbedaan antara tegangan 'cut-off' dengan tegangan rekoneksinya yang dikenal sebagai tegangan 'hysteresis' pada komparator dan ini dapat dirancang pada rangkaian BCR-nya.

Keuntungan dengan cara ini adalah kehilangan daya pada saklar lebih rendah dibandingkan jenis *shunt*. Sedangkan kerugiannya bisa menimbulkan tegangan jatuh pada *electronic switch S* yang terpasang secara seri antara PV dengan baterai.

2) Sistem On-Off Regulator Jenis Shunt

Gambar 2. 19 | Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off regulator jenis shunt

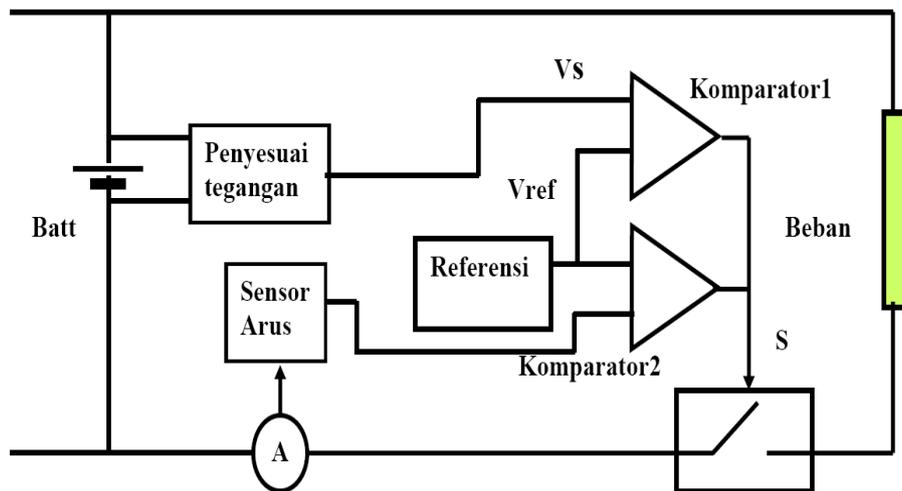


Jika $V_S < V_{ref}$, maka komparator akan *Off* dan *electronic switch* juga *Off* (Switch S terbuka). V_S merupakan tegangan sensor yang mengikuti tegangan baterai, dan V_{ref} dibuat sedemikian rupa sehingga pada saat $V_S = V_{ref}$, komparator akan mendeteksi tegangan batas atasnya (sama dengan 14.2V). Jadi untuk $V_{bat} < 14,2V$ (atau $V_S < V_{ref}$) switch S akan terbuka (Off), dan pada saat $V_S \geq V_{ref}$ ($V_{bat} \geq 14.2$ volt) switch S akan tertutup (on-off).

Pada beberapa jenis BCR, biasanya terdapat perbedaan antara tegangan 'cut-off' dengan tegangan rekoneksi-nya dimana dikenal sebagai tegangan 'hysteresis' pada komparator dan ini dapat di-desain pada rangkaian BCR-nya.

3) Sistem On-Off pada Sisi Beban dan Proteksi Beban Lebih

Gambar 2. 20 | Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off pada sisi beban dan proteksi beban lebih



Komparator 1 untuk pemutus/penghubung *switch* S terhadap tegangan baterai minimum (batas bawah) dan Komparator 2 untuk pemutus/penghubung *switch* S terhadap proteksi beban lebih atau hubung singkat.

Bila tegangan baterai belum mencapai minimum, maka: $V_s > V_{ref} \rightarrow$ Switch S tertutup \rightarrow beban terhubung. Bila tegangan baterai telah mencapai minimum, maka: $V_s < V_{ref} \rightarrow$ Switch S terbuka \rightarrow beban terputus.

Untuk proteksi beban lebih atau hubung singkat, jika arus beban (I_b), melebihi arus maksimum atau arus hubung singkat, maka sensor arus akan meng-input-kan suatu besaran tegangan ke Komparator2. Jika dibandingkan dengan tegangan V_{ref} , akan menyebabkan Komparator2 tersebut memberikan *trigger* ke Switch S untuk segera Off.

Pengkondisian Switch S terhadap batas tegangan baterai minimum dengan proteksi beban lebih adalah sebagai berikut:

- jika $V_{bat} > V_{min}$ dan $I_b < I_{max}$, maka saklar S tertutup;
- jika $V_{bat} < V_{min}$ dan $I_b < I_{max}$, maka saklar S terbuka;

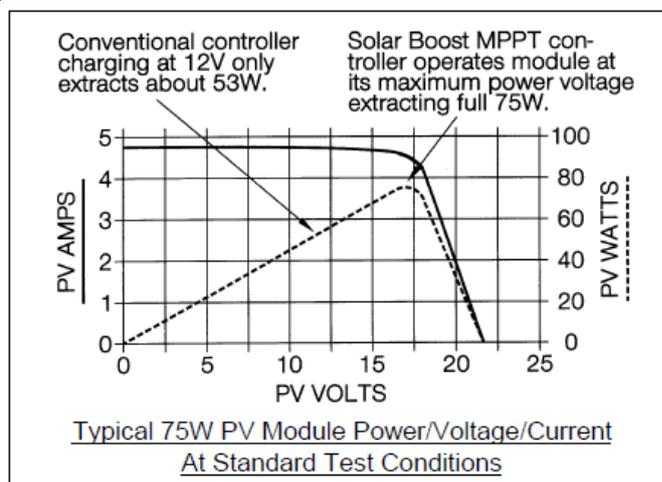
- jika $V_{bat} > V_{min}$ dan $I_b > I_{max}$, maka saklar S akan mengalami proses *On-Off* sedemikian rupa seakan-akan saklar S mempunyai kondisi terbuka (kondisi On-nya sangat cepat, sedangkan kondisi Off-nya sangat lambat). Jika $V_{bat} \leq V_{min}$, dan $I_b > I_{max}$, maka saklar S terbuka.

Memperlambat kondisi Saklar S Off pada saat $I_b > I_{maks}$, dapat dilakukan dengan membuat rangkaian 'delay'.

5) MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Maximum Power Point Tracking atau sering disingkat dengan MPPT merupakan sebuah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah panel photovoltaic (PV) sehingga panel photovoltaic bisa menghasilkan power maksimum. Perlu diperhatikan, MPPT bukanlah sebuah sistem tracking mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari sehingga mendapatkan energi maksimum matahari. MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik power maksimum power yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel PV.

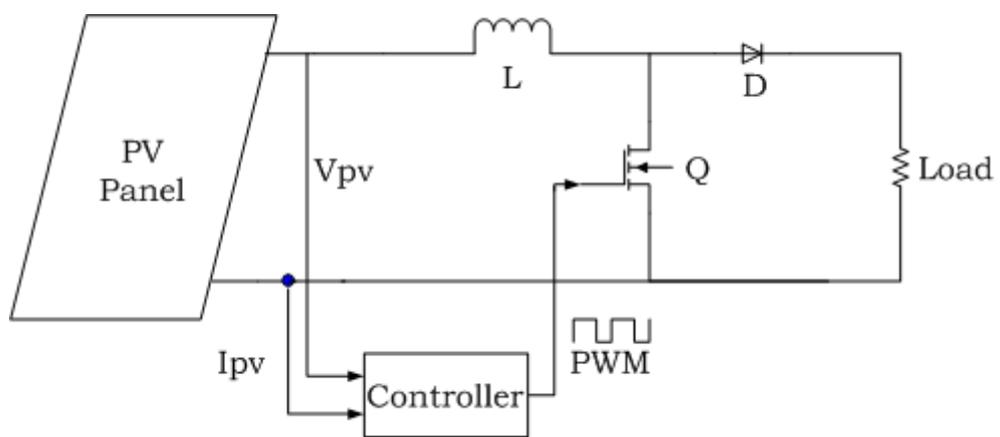
Gambar 2. 21 | Typical 75 W PV Module Power



Mengapa MPPT ini sangat penting dan apa yang terjadi apabila MPPT tidak digunakan? mari kita lihat gambar di atas. Bayangkan apabila sebuah PV panel dihubungkan langsung pada sebuah charger/disharger batere. PV panel tersebut mempunyai karakteristik seperti yang ditunjukkan pada gambar/grafik di atas yaitu

pada temperatur $25^{\circ}C$ dan insolasi $1000W/m^2$. Bisa dilihat pada grafik bahwa apabila MPPT tidak digunakan, maka power yang bisa diekstrak dari PV panel hanyalah 53Watt pada 12Volt atau dengan kata lain power maksimum yang bisa digunakan hanyalah 70.67% dari power maximum sebenarnya. Dengan menggunakan MPPT maka power maksimum yang bisa diambil dari PV panel bisa dicapai.

Gambar 2. 22 | Sebuah DC/DC conveter digunakan pada sistem MPPT



Seperti apa bentuk MPPT secara fisik? sebuah sistem MPPT di sini merupakan sebuah DC/DC converter dengan sebuah controller. Sebuah DC/DC converter digunakan pada sistem MPPT seperti pada gambar di atas. Pada contoh di atas, sebuah PV panel mempunyai maximum power 75Watt, tegangan maximum 17Volt dengan arus maximum sekitar 4.4Ampere. DC/DC converter tersebut akan mengkonversi tegangan 17Volt dari PV panel menjadi tegangan baterai sebagai output. Arus charge baterai adalah menjadi $\frac{V_{panel}}{V_{baterai}} \times I_{module} = \frac{17V}{12V} \times 4.4A = 6.20A$. Tentunya arus tersebut nilainya akan bervariasi tergantung dari penggunaannya itu sendiri.

Tegangan Batas Atas BCR untuk Beberapa Tipe Baterai

Tegangan batas atas tergantung dari tipe baterai. Untuk baterai dengan cairan asam-sulfat dan *deep cycle*, *gassing* masih diperbolehkan dalam jumlah yang kecil.

Pada baterai yang 'free maintenance', misalnya *Gell* dan *AGM*, proses *gassing* harus dihindari (tidak diperbolehkan).

Tabel 2. 1 | Tegangan Batas Atas BCR

Tipe Baterai	<i>Flooded Deep Cycle</i> (V)	<i>Flooded Maintenance Free</i> (V)	<i>Sealed Absorbed Glass Mat</i> (V)	<i>Sealed Gelled</i> (V)
End-of-Charge for 12 volts*	14,4 - 14,8	14,1	14,2 - 14,4	14,0 - 14,2
End-of-Charge for one cell*	2,4 - 2,47	2,35	2,36 - 2,4	2,33 - 2,36

*End-of-Charge Voltage: tegangan batas atas

Spesifikasi BCR

Parameter-parameter penting dalam menentukan BCR antara lain arus, sistem tegangan, dan sistem proteksi. Parameter-parameter utama utama tersebut dan parameter pendukung lainnya adalah sebagai berikut:

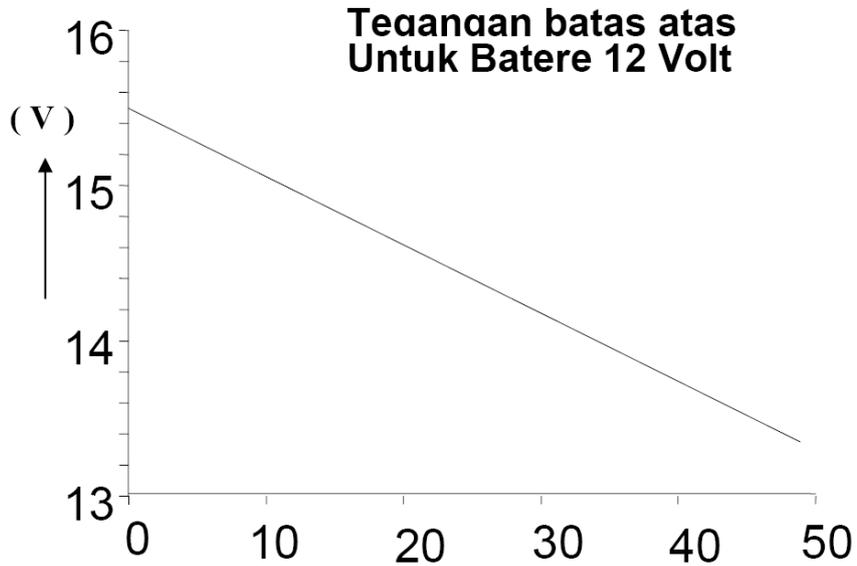
- Arus:
 - Arus input dan arus output maksimum
- Sistem tegangan:
 - Tegangan nominal
 - Tegangan sistem maksimum, tegangan open circuit
 - Positif atau negatif ground
- Sistem proteksi:
 - Beban lebih/hubung singkat
 - Arus balik (*Reverse current*)
- Batasan tegangan *cut-off* & rekoneksi:
 - Tegangan batas atas (*PV cut-off*)
 - Tegangan bawah (beban *cut-off*)

- Konsumsi daya:
 - Nominal
 - Konsumsi diri (*self-consumption*)
- Tegangan jatuh:
 - Pada sisi PV - baterai (termasuk *blocking-diode*)
 - Pada sisi beban - baterai
- Tambahan lain disain:
 - 'set point' yang dapat diatur
 - Temperatur kompensasi
- Pengaruh lingkungan:
 - *Indoor* dan *Outdoor*
 - Untuk aplikasi di laut (*marine*)
 - Penangkal petir
 - Temperatur ekstrim
 - Debu, serangga, perusak
- Sistem Pengaman:
 - Sikring dan *circuit-breaker* (CB)
 - Pelayanan:
 - Kemudahan pemasangan
 - Keandalan
 - Garansi
- Penggantian/suku cadang

Kompensasi Temperatur

Pengaturan besarnya tegangan batas atas (*End-of-Charge Voltage*) berdasarkan pada temperatur baterai atau temperatur lingkungan. Tegangan batas atas akan turun, jika temperatur naik. Sebaliknya, tegangan batas atas akan naik jika temperatur turun

Gambar 2. 23 | Kurva tegangan batas atas untuk baterai 12 volt



Dengan demikian, tegangan batas atas harus diturunkan pada saat temperatur baterai naik melebihi standar, dan harus dinaikkan pada saat temperatur baterai turun di bawah standar.

Kompensasi temperatur ini penting untuk tipe baterai 'sealed'. Umumnya nilai perubahan tegangan terhadap perubahan temperatur adalah $-5 \text{ mv}/^{\circ}\text{C}/\text{sel}$ baterai atau $-30 \text{ mv}/^{\circ}\text{C}$ untuk baterai 12 volt

Tabel 2. 2 | *Battery State of Charge* (Kondisi Tegangan Sesuai Kapasitas Baterai)

State-of-Charge (%)	Specific Gravity	Tegangan Terbuka Voc (V)	Tegangan saat charging Vb (V)
100	1.265	12.86	13.8 - 14.7
90	1.250	12.60	-
80	1.235	12.52	-
70	1.225	12.44	-
60	1.210	12.36	12.5 - 13.0
50	1.190	12.28	-
40	1.175	12.20	11.4 - 11.7

30	1.160	12.10	-
20	1.145	12.00	11.1 - 11.2
10	1.130	11.85	< 11.0
0	1.120	11.70	-

Baterai

Salah satu komponen dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik adalah komponen baterai, yang merupakan jantung sistem untuk bekerja pada malam hari.

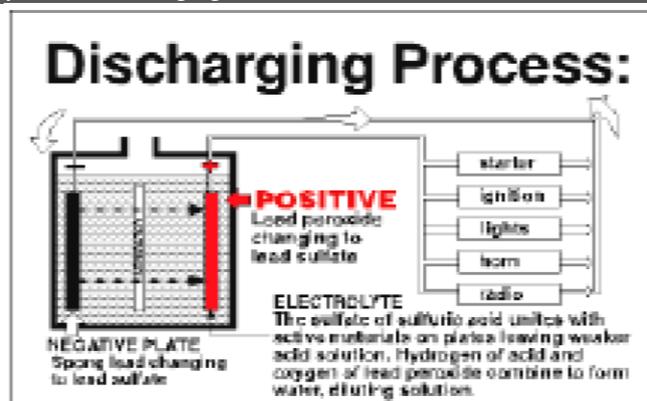
Fungsi baterai adalah menyimpan energi listrik yang dihasilkan modul surya pada saat matahari bersinar, dan baterai akan mengeluarkan kembali energi listrik pada saat modul surya tidak dapat lagi menghasilkan energi listrik.

Pada kondisi normal baterai dipergunakan saat malam hari atau saat cuaca berawan, akan tetapi jika terjadi kondisi beban yang berlebih pada siang hari, baterai dapat dipergunakan menambah beban yang dihasilkan modul surya.

➤ Baterai Lead-Acid

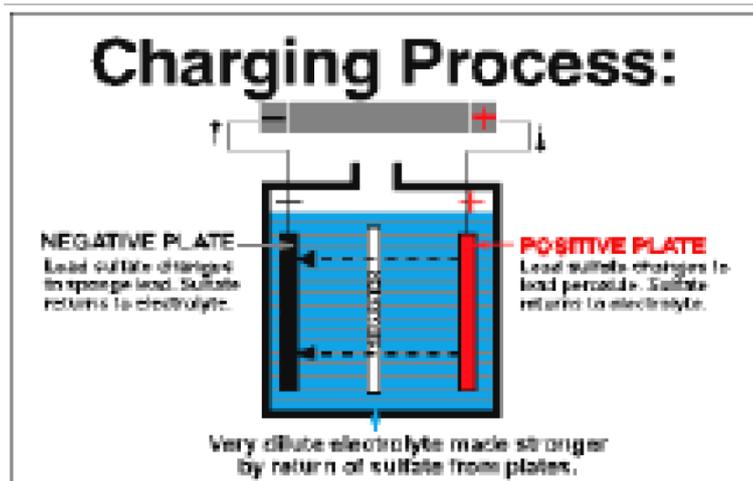
Baterai *lead-acid* adalah suatu alat yang memanfaatkan reaksi kimia untuk menyimpan energi listrik. Baterai *lead-acid* memanfaatkan kombinasi dari pelat timah (*lead*) dan elektrolit asam sulfat encer (*acid*) untuk mengubah energi listrik menjadi energi potensial kimia dan mengubahnya kembali menjadi energi listrik.

Gambar 2. 24 | Proses *discharging*

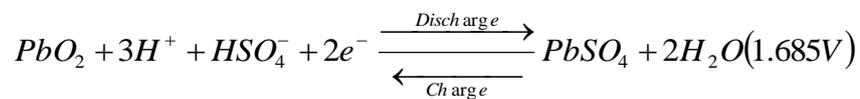


Baterai biasanya dibuat untuk keperluan tertentu yang spesifik/khusus, dalam hal ini dibedakan dari konstruksi yang dibuat untuk komponennya. Penjelasan dibahas berikut ini.

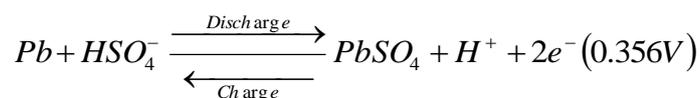
Gambar 2. 25 | Proses *Charging*



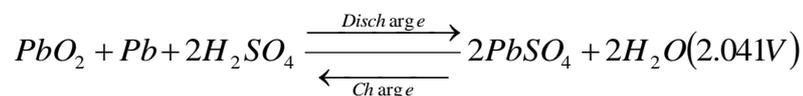
Rumus 12: Proses *Charge-Discharge* pada sisi positif elektroda



Rumus 13: Proses *Charge-Discharge* pada sisi negatif elektroda



Rumus 14: Proses *Charge-Discharge* untuk keseluruhan sel



➤ **Baterai Lead-Acid Berdasarkan Siklus**

Secara umum terdapat dua macam baterai yang dibuat manufaktur yakni: baterai *Starting* dan baterai *Deep-cycle*

1) Baterai Starting

Baterai Starting dibuat untuk memungkinkan penyalaan mesin atau *starting engine*. Baterai starting memiliki banyak pelat tipis yang memungkinkan untuk melepaskan energi listrik yang besar dalam waktu yang singkat.

Baterai starting 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 2. 26 | Baterai Starting



2) 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.

Gambar 2. 27 | Baterai *Deep-Cycle*



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.

Baterai Lead-Acid Berdasarkan Disain Kontener

Kontener baterai dibuat dalam beberapa macam konfigurasi yaitu *Flooded Cell* dan *Sealed Cell/Valve Regulated Lead Acid (VRLA)*

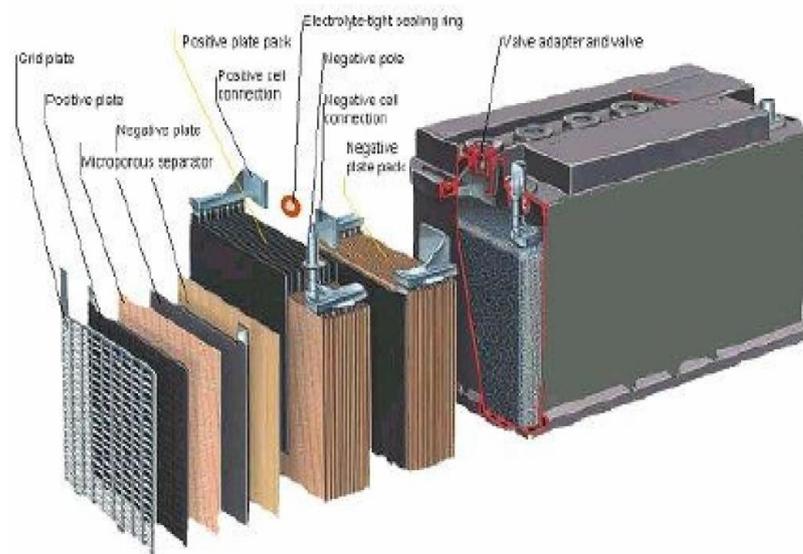
1) Flooded Cell

Flooded Cell adalah desain kontener baterai, dimana elektrolit bebas tersedia dalam jumlah berlebih dan produk hasil elektrolisa air (gas H_2 dan O_2) dapat dikeluarkan secara bebas melalui ventilasi.

Kontener baterai *Flooded Deep Cycle* atau *Flooded Starter* biasanya mempunyai penutup sel yang memungkinkan untuk menambah air aki yang hilang karena terbentuknya Hidrogen dan Oksigen pada proses *charging*/pengisian.

Flooded Cell dimungkinkan untuk melakukan penambahan air yang hilang karena elektrolisa. *Flooded Battery* juga dikenal dengan nama *Vented Cell*.

Gambar 2. 28 | Konstruksi baterai *flooded cell*



2) *Sealed Cell*

Sealed Cell adalah desain kontainer yang tertutup rapat dan dilengkapi dengan sebuah valve/ katub, yang akan terbuka jika tekanan gas hasil elektrolisa air melebihi suatu harga tekanan tertentu, untuk melepaskan gas keluar kontener. Kontener jenis ini lebih dikenal dengan *VRLA (Valve Regulated Sealed Lead Acid)*.

Kontener Baterai VRLA tidak mempunyai penutup sel, dan bekerja pada tekanan konstan 1 sampai 4 psi. Tekanan ini akan membantu mengembalikan 99% Hidrogen dan Oksigen yang terbentuk pada proses charging/pengisian untuk kembali menjadi air.

Jadi pada baterai VRLA tidak memungkinkan untuk dilakukan penambahan air. Jenis VRLA yang paling umum digunakan adalah *Gelled VRLA* dan *AGM VRLA*.

Gambar 2. 29 | *Sealed Cell* atau *Valve Regulated Lead Acid*



Sel Baterai

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

Tegangan Sel

Tegangan sel berkisar antara 1,75 volt pada kondisi baterai kosong sampai dengan 2,12 volt pada kondisi baterai penuh. 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.

State of Charge

State of Charge (SOC) merupakan suatu ukuran seberapa penuh 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.

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*.

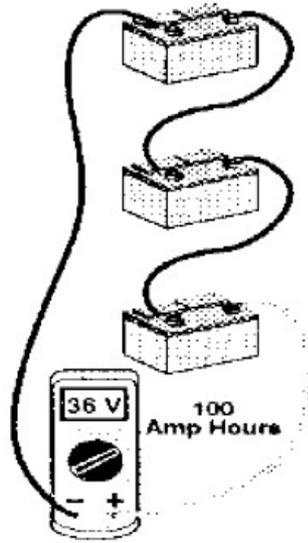
Kapasitas Baterai

Kapasitas suatu baterai dinyatakan dalam *Ampere hour (Ah)* atau Amper-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.

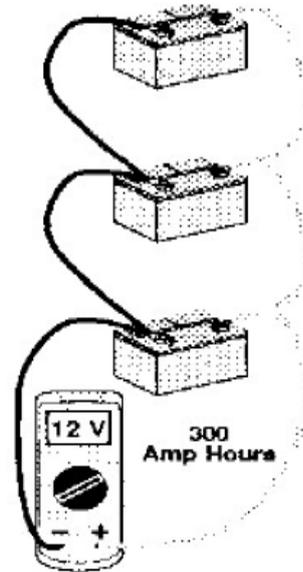
Jika tiga baterai dengan tegangan 12 volt dan kapasitas 100Ah dihubungkan *secara seri*, maka tegangan akan menjadi 36 volt sedangkan kapasitas tetap 100Ah (3600 watt-hour).

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).

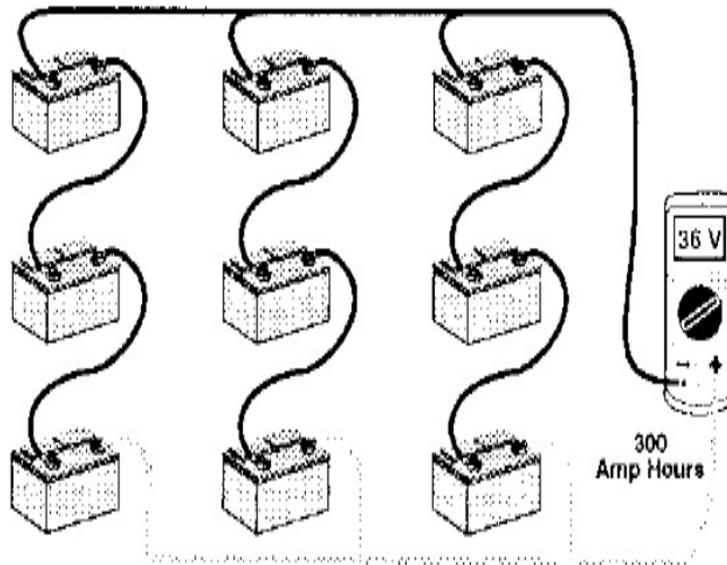
Gambar 2. 30 | Hubungan baterai secara (a) seri; (b) paralel; (c) seri-paralel



(a)



(b)



(c)

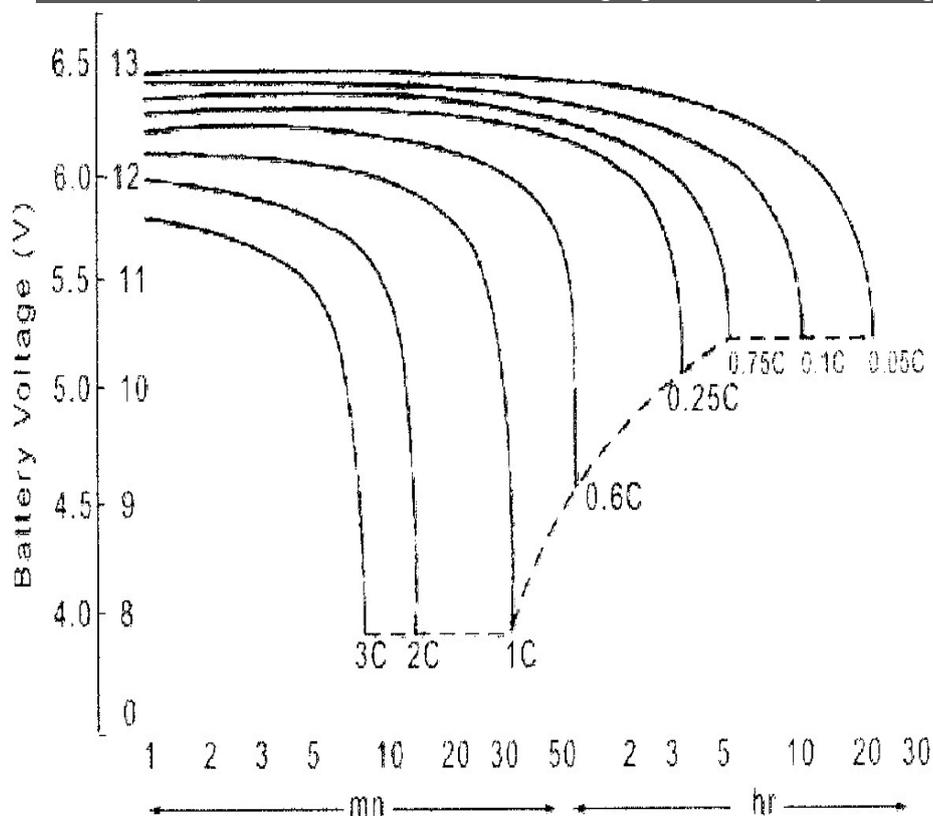
Karena baterai dalam proses pengisian dan pelepasan energinya bergantung pada reaksi kimia, maka kapasitas yang tersedia (*available capacity*) relatif terhadap kapasitas total akan bergantung kepada seberapa cepat pengisian dan pelepasan dilakukan, dimana keduanya merupakan reaksi-reaksi kimia yang berbeda arahnya.

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.

Umumnya kapasitas Amper-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 2. 31 | Karakteristik baterai dalam kurva tegangan baterai vs laju discharge

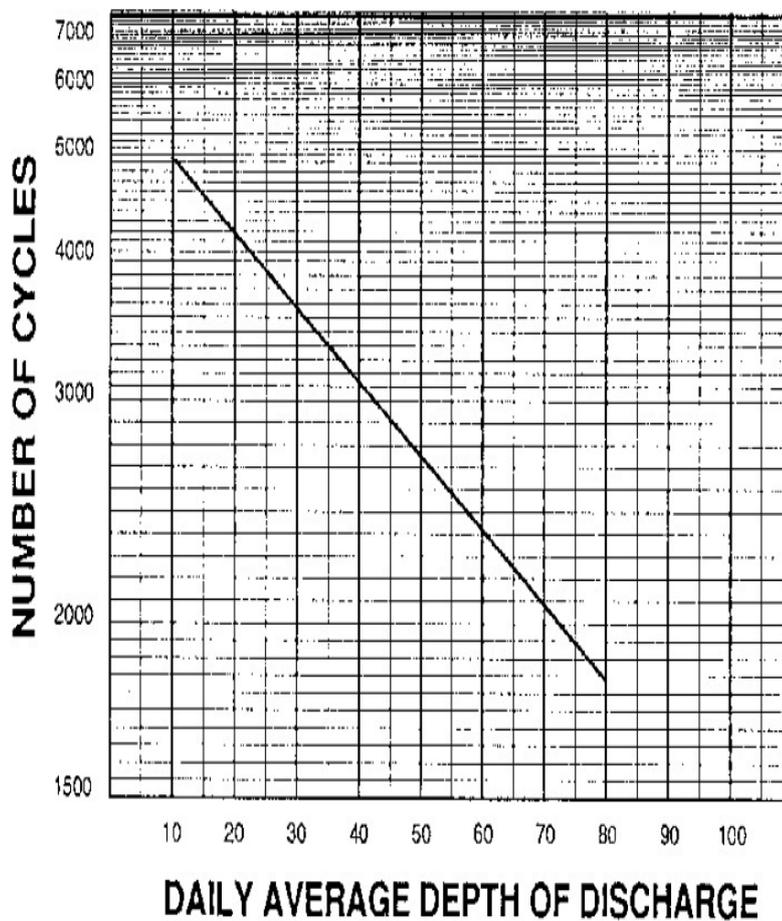


Siklus Baterai

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. Sebaiknya 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 2. 32S | iklus (*cycle life*) vs DOD baterai



Mekanisme Degradasi Baterai

Terdapat empat mekanisme degradasi/kerusakan utama yang dapat terjadi pada baterai yang dioperasikan dalam system tenaga surya yaitu: softening, korosi grid, sulfasi, dan stratifikasi

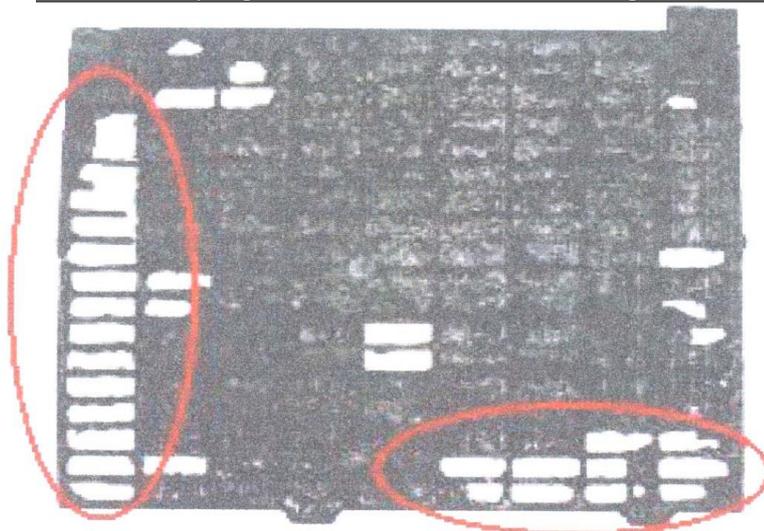
1) Softening

Jika baterai dioperasikan dalam siklus charge-discharge yang berulang-ulang, akan terjadi variasi volum (mengembang dan menyusut) dari komponen aktif pada pelat, variasi volum ini akan menyebabkan perubahan pada sifat-sifat bahan seperti daya kohesi, distribusi kristal dan ukuran kristal.

Perubahan-perubahan ini menyebabkan lemahnya ikatan antar kristal timah oksida sehingga terjadi softening atau rapuhnya komponen aktif. Konsekuensi pertama perubahan diatas adalah kehilangan kapasitas, akibat berkurangnya butiran komponen aktif yang ikut dalam reaksi kimia.

Akibat yang paling ekstrim adalah jika tidak adanya ikatan lagi antara bahan komponen aktif dengan grid, sehingga komponen aktif lepas dan jatuh ke dasar kontener. Proses ini dikenal juga dengan "*shedding*".

Gambar 2. 33 | Degradasi baterai akibat efek Softening

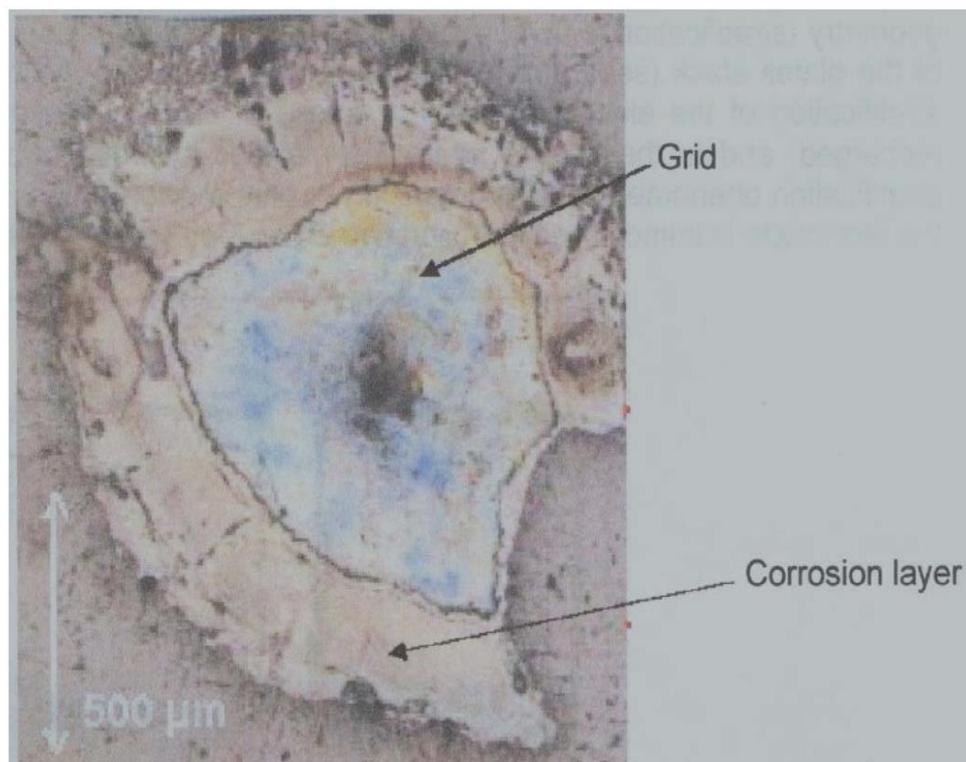


2) Korosi Grid

Jika baterai lead-acid dalam kondisi bertegangan tinggi (saat akhir *Charge* atau *Overcharge*), oksigen yang terbentuk pada pelat positif cenderung untuk membentuk lapisan oksigen di antar muka grid dengan komponen aktif, sehingga grid teroksidasi membentuk lapisan korosi (karat). Lapisan korosi yang sama juga terjadi jika baterai dibiarkan dalam keadaan rangkaian terbuka untuk waktu yang lama.

Lapisan korosi bersifat resistif (tahanan) yang akan mempengaruhi penyaluran arus listrik hasil reaksi melalui grid. Konsekuensi dari adanya lapisan korosi ini diantaranya adalah, meningkatnya tahanan internal baterai, berkurangnya daya serap muatan listrik, menurunnya kapasitas baterai, serta menjadi rapuhnya grid.

Gambar 2. 34 | Degradasi baterai akibat efek korosi



3) Sulfasi

Kristal *lead-sulphate* terbentuk selama proses discharge dari baterai akibat reaksi antara timah dengan asam-sulfat.

Jika baterai dibiarkan pada keadaan SOC yang rendah, suatu proses rekristalisasi dari lead sulphate terjadi yang disebut dengan sulfasi, dan mempengaruhi karakteristik baterai. Kristal lead sulphat pada pelat positif dan negatif menjadi bertambah besar, dan cenderung memisahkan diri dari komponen aktif, sehingga sulit untuk diuraikan kembali menjadi komponen aktif dan asam sulfat saat dilakukan charging.

Konsekuensi dari proses ini adalah berkurangnya kapasitas baterai karena berkurangnya komponen aktif.

Gambar 2. 35 | Degradasi baterai akibat efek sulfasi



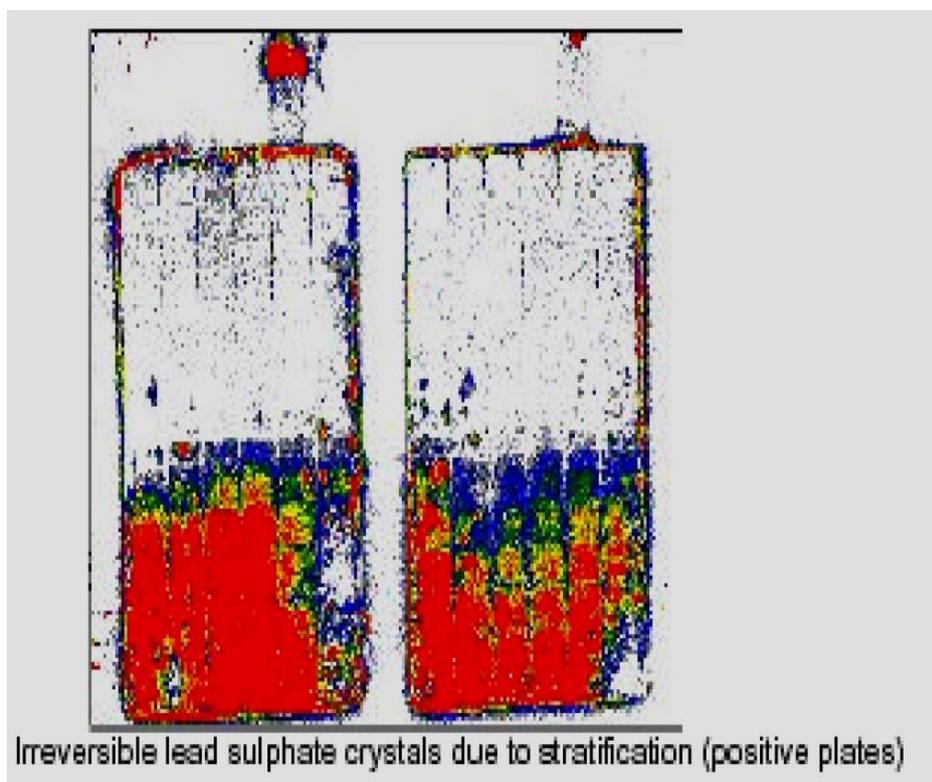
4) Stratifikasi Elektrolit

Stratifikasi elektrolit dalam baterai adalah terjadinya perbedaan konsentrasi asam sulfat, karena proses pengoperasian baterai. Asam sulfat terbentuk saat baterai dalam kondisi *charging*, mempunyai densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan elektrolit secara keseluruhan, sehingga cenderung turun ke bagian dasar baterai. Gejala ini tampak jelas

pada pengoperasian *deep-discharge* dan *recharge*, namun dengan melakukan *overcharging* stratifikasi ini dapat berkurang. Overcharge menghasilkan gelembung gas hidrogen dan oksigen akibat peristiwa elektrolisa air, gelembung-gelembung gas ini dapat mengaduk elektrolit sehingga konsentrasinya lebih homogen.

Konsekuensi dari stratifikasi adalah hilangnya kapasitas baterai, bagian bawah dari pelat cenderung terjadi suiphasi karena kurangnya *recharge*.

Gambar 2. 36 | Degradasi baterai akibat efek stratifikasi elektrolit



Perawatan Baterai

Perawatan yang tepat akan memperpanjang usia baterai dan akan membantu dalam menjamin bahwa baterai akan memenuhi kemampuannya sesuai dengan desain yang dibutuhkan.

Program perawatan baterai yang baik akan menjadi petunjuk untuk menentukan kapan baterai harus diganti.

Tindakan perawatan baterai harus dilakukan oleh personil yang terlatih dan mengerti tentang baterai.

Sebagian bahan yang disajikan disini berkaitan dengan baterai *tips flooded* ataupun *non-free maintenance baterai*. Tetapi sebenarnya, baterai *free-maintenance* dan baterai VRLA pun memerlukan perawatan.

Baterai-baterai tipe ini memang tidak memerlukan penambahan air atau pemantauan terhadap '*specific gravity*'-nya, tetapi baterai ini memerlukan pembersihan, pemantauan tegangan sel dan tegangan *float* total, tes kapasitas, pengukuran tahanan dalam, pembersihan dan pengencangan (*torquing*) baut-baut dan lain sebagainya.

Secara umum perawatan yang baik meliputi tindakan-tindakan sebagai berikut:

- matching/penyesuaian charger dengan kebutuhan baterai;
- menghindarkan underdischarge dan overcharge pada baterai;
- menjaga agar elektrolit berada pada level yang tepat;
- menjaga kebersihan baterai;
- menghindari kondisi overheating;
- melakukan ekualisasi secara periodik terhadap baterai/sel yang lemah.

Praktek pengisian/charging yang tidak sesuai paling berpengaruh kepada pendeknya usia baterai dibanding dengan penyebab kerusakan lainnya. Charging dilakukan dengan berbagai metoda, tetapi tujuan pengisian arus listrik yang berlawanan arah dengan discharging/ pelepasan adalah tetap sama.

Aspek terpenting dari charging adalah mencari kesesuaian antara *charger* dengan aplikasi . Ketika memilih *charger* perlu diketahui beberapa hal seperti, tipe baterai, cara pelepasan arus/ discharge baterai, waktu yang tersedia untuk recharge, temperatur tertinggi yang akan dialami baterai serta jumlah sel dalam baterai. Hal yang paling bijaksana adalah menanyakan kepada manufaktur tentang cara pengisian yang tepat saat baterai pertama kali dibeli.

Secara umum baterai lead acid dapat discharge dengan rate/ laju pengisian yang manapun asalkan tidak menimbulkan *excessive gassing*, *overcharge*, ataupun temperatur yang terlampau tinggi.

Baterai dalam kondisi kosong, pada tahap awal dapat *discharge* dengan arus yang cukup besar, namun ketika baterai sudah mendekati penuh arus pengisian harus diperkecil untuk mengurangi *gassing* dan *overcharging*.

Tahap Charging

Pada dasarnya setiap rangkaian charging terdiri dari 4 tahap pengisian yaitu: *bulk*, *absorbtion*, *equalization* dan *float*.

1) Bulk Charging

Tahap ini adalah dimana arus charging konstan, sementara tegangan baterai meningkat. Pada tahap ini dapat dilakukan pengisian arus yang dikehendaki asal tidak melebihi dari 20% rating kapasitas Ah baterai, sehingga tidak akan terjadi *overheating*.

2) AbsorptionCharging

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 amper.

3) EqualizationCharging

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 dinaikannya 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.

4) *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 2. 3 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 2. 4 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.

Dengan demikian 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.

Pengisian Air Elektrolit (*Topping Up*)

Pengisian air elektrolit atau dikenal dengan *Topping-Up* pada baterai *lead-acid* hanya dilakukan untuk baterai tipe *flooded*. Seperti mesin memerlukan oli untuk pelumasan, baterai memerlukan penambahan air pada saat yang tepat dan dalam jumlah yang tepat pula, jika tidak unjuk kerja baterai maupun usianya akan berkurang.

Tiga hal penting dalam pengisian air pada baterai yaitu:

- Jangan sampai pelat aktif terekspos (terbuka) terhadap udara bebas, karena hal ini akan menyebabkan korosi pelat aktif.
- Jangan mengisi air secara berlebihan sehingga terjadi *overflow*, sebaiknya ikuti level/batas pengisian yang tertera pada kontainer baterai. Pengisian yang berlebihan akan menyebabkan korosi pada bagian baterai lainnya.
- Jangan menambahkan asam kedalam baterai untuk toping up atau penambahan air. Air yang digunakan hanya lah air yang tidak mengandung mineral berat.

Sebagai panduan pengisian baterai, untuk tahap awal pemakaian dianjurkan dilakukan sebulan sekali. Setelah beberapa kali pengisian akan diketahui seberapa besar konsumsi air yang dibutuhkan oleh baterai, sehingga dapat disesuaikan kembali jadwal pengisiannya.

D. Aktivitas Pembelajaran

Kerjakan kegiatan dibawah ini secara kelompok :

- Mengidentifikasi komponen PLTS

PLTS Penerangan

No	Nama Komponen	Fungsi komponen
1		
2		
3		
4		
5		
6		

7		
8		

PLTS Pompa air

No	Nama Komponen	Fungsi komponen
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

PLTS SHS

No	Nama Komponen	Fungsi komponen
1		

2		
3		

- Menguji kondisi komponen PLTS

PLTS Penerangan

No	Nama Komponen	Cara pengujian	Keterangan (kondisi baik, rusak, lainnya)
1			
2			
3			

PLTS Pompa air

No	Nama Komponen	Cara pengujian	Keterangan (kondisi baik, rusak, lainnya)
1			
2			
3			

PLTS SHS

No	Nama Komponen	Cara pengujian	Keterangan (kondisi baik, rusak, lainnya)
1			
2			

3			

E. Rangkuman

Jenis-jenis Sel Surya:

1. *Single Crystal*
2. *Polikristal*
3. *EFG the Edge Defined Film Growth Ribbon*
4. *Thin Film*

Fungsi BCR antara lain:

- Mengatur transfer energi dari modul PV --> baterai --> beban, secara efisien dan semaksimal mungkin;
- mencegah baterai *Overcharge* ,*Underdischarge*
- 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.

Tipe-tipe BCR diklasifikasikan berdasarkan cara pemutusan hubungan antara PV dengan baterai, yaitu

- *Direct Connection*
- *On - Off Regulation* :
- *Two-step Regulation*
- *Multistep*
- *MPPT (Maximum Power Point Tracking)*

Dua macam baterai yang dibuat manufaktur yakni:

1. baterai *Starting*;
2. baterai *Deep-cycle*

Perawatan yang baik meliputi tindakan-tindakan sebagai berikut:

- *matching*/penyesuaian charger dengan kebutuhan baterai;
- menghindari underdischarge dan overcharge pada baterai;
- menjaga agar elektrolit berada pada level yang tepat;
- menjaga kebersihan baterai;
- menghindari kondisi overheating;
- melakukan ekualisasi secara periodik terhadap baterai/sel yang lemah

Tiga hal penting dalam pengisian air pada baterai yaitu:

- Jangan sampai pelat aktif terekspos (terbuka) terhadap udara babas, karena hal ini akan menyebabkan korosi pelat aktif.
- Jangan mengisi air secara berlebihan sehingga terjadi *overflow*, sebaiknya ikuti level/batas pengisian yang tertera pada kontainer baterai. Pengisian yang berlebihan akan menyebabkan korosi pada bagian baterai lainnya.
- Jangan menambahkan asam kedalam baterai untuk topping up atau penambahan air. Air yang digunakan hanya lah air yang tidak mengandung mineral berat.

F. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan dibawah ini.

1. Berapa efisiensi sel surya jenis Single Kristal Silikon?
2. Berapa efisiensi modul fotovoltaik polikristal?
3. Apafungsi BCR ?
4. Apa artinya underdischarge?
5. Apa artinya daerah tegangan kerja baterai?

G. Kunci Jawaban

1. 16% sampai dengan 17%.
2. 12% s/d 14%.
3. Mengatur transfer energi dari modul PV --> baterai, mencegah baterai overcharge, Underdischarge, ...
4. Pengeluaran (pelepasan) arus listrik dari baterai secara berlebihan sehingga baterai menjadi kosong sama sekali (habis ampernya)
5. Daerah tegangan dimana sistem Fotovoltaik masih mampu menyalakan beban.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : APLIKASI PENERANGAN DAN POMPA AIR PLTS

A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 3 model aplikasi penerangan dan pompa air PLTS peserta mampu melakukan perencanaan aplikasi pembangkit listrik tenaga surya untuk penerangan / lampu dan menggerakkan pompa air.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi, peserta mampu:

- ✓ Merancang sistem penerangan pompa air PLTS
- ✓ Memilih komponen untuk penerangan dan pompa air PLTS
- ✓ Merakit penerangan dan pompa air PLTS

C. Uraian Materi

3.1. MODEL APLIKASI PLTS

Pada bagian pertama dari modul pelatihan fotovoltaik telah diuraikan dasar-dasar dan pengenalan komponen dari sistem energi surya fotovoltaik (SESF). Sehingga pada bagian kedua modul pelatihan fotovoltaik ini, akan dibatasi pada uraian aplikasi SESF khususnya yang terkait pada penerapan dipedesaan secara operasional sendiri (*stand-alone*). Sistem aplikasi ini sering dikenal sebagai aplikasi *off-grid*.

Ruang lingkup aplikasi off-grid pada dasarnya sangat luas, namun pada umumnya dapat dibagi menjadi tiga penerapan umum, yaitu:

- Penyediaan listrik pedesaan
- Pompa air dan penyediaan air bersih pedesaan
- Aplikasi produktif, seperti: telekomunikasi dan telpon pedesaan.

Dalam beberapa penerapan aplikasi off-grid fotovoltaik seringkali dikombinasikan dengan sumber pembangkit terbarukan lainnya (misal: hidro, angin, dan biomassa) atau, seperti pada umumnya, dikombinasikan dengan pembangkit konvensional seperti genset-diesel

atau bensin. Sistem energi surya fotovoltaik ini dikenal sebagai sistem pembangkit listrik hibrida.

Aplikasi SESF yang diinterkoneksi dengan jaringan (*on-grid*) di Indonesia baru pada tahap penelitian dan uji coba. Karena, secara umum 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. Penerapan *on-grid* akan menjadi ekonomis bila disatu sisi harga listrik konvensional menjadi mahal dan di sisi lain biaya investasi SESF menurun secara signifikan.

Aplikasi SESF Off-Grid

Aplikasi SESF tidak hanya digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dan penerangan saja. Secara umum, aplikasi SESF dapat dikategorikan untuk kebutuhan rumah tangga, industri, komersil dan pemerintahan. Secara koneksinya, SESF dapat dikoneksikan secara *off-grid* ataupun *on-grid*.

Sistem *off-grid* adalah sistem pembangkit yang tidak terhubung dengan jaringan listrik AC dari PLN. Sistem ini biasanya terpasang karena belum adanya listrik jaringan, dengan pertimbangan penyambungan jaringan PLN akan memakan biaya yang sangat mahal karena faktor lokasi yang terlalu pedalaman. Bisa juga untuk alasan pribadi seperti membangun sistem pembangkit mandiri untuk tujuan komersil.

Beberapa satu keuntungan dengan sistem ini adalah independensi dalam memanfaatkan energi alternatif sebagai sumber pembangkit, dan mengurangi ketergantungan terhadap pasokan PLN, serta biaya infrastrukturnya menjadi lebih murah dibanding menarik jaringan PLN.

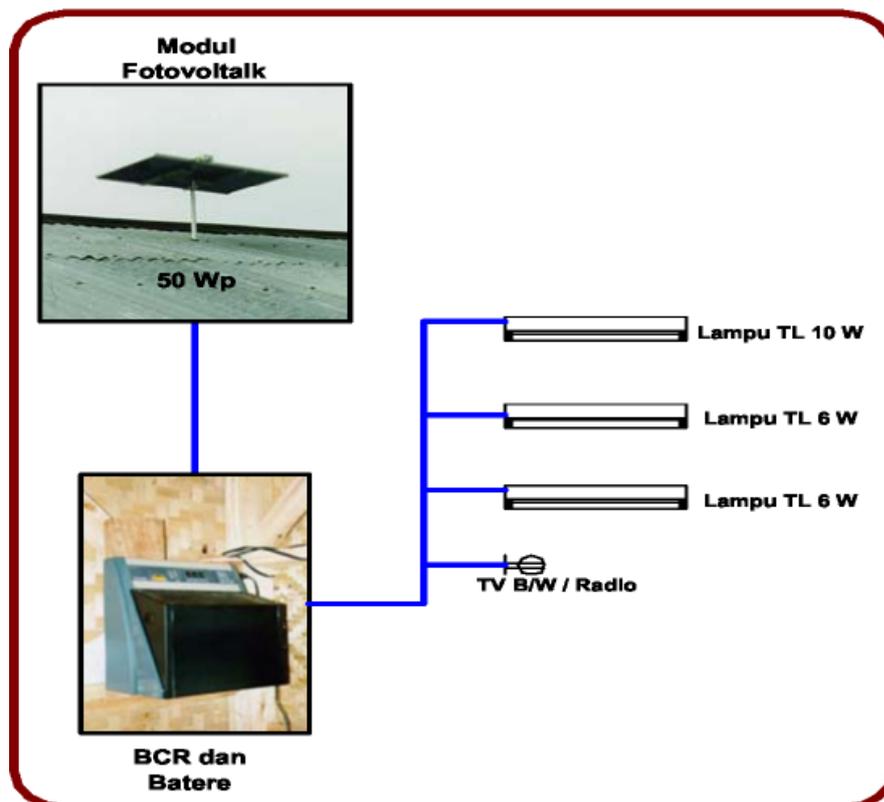
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa macam sistem energi surya fotovoltaik *off-grid*.

1) Sistem Pembangkit Listrik Individual (*Solar Home System*)

SESF untuk penerangan yang paling sederhana adalah sistem pembangkit individual yang umum disebut *Solar Home System* (SHS). Sistem ini umumnya mempunyai tegangan kerja 12 Volt DC, dengan kapasitas modul surya berkisar antara 50Wp sampai dengan 300Wp. Yang paling banyak terdapat dipasar adalah sistem dengan kapasitas modul surya 50Wp.

SHS selain terdiri dari modul surya juga terdiri dari komponen-komponen lain seperti baterai dengan kapasitas 70Ah, sistem pengontrol kondisi baterai (BCR), lampu DC 12 volt, dan stop kontak, seperti pada gambar berikut ini:

Gambar 3. 1 | *Solar Home System*

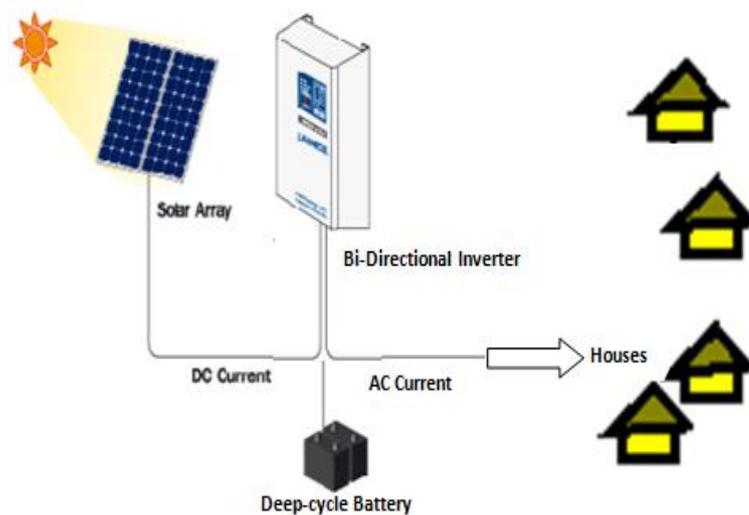


SHS ini umumnya dipasang pada rumah-rumah di daerah terpencil dengan pola penyebaran rumah yang terpencar.

2) Sistem Pembangkit Listrik Terpusat

Sistem energi surya fotovoltaik terpusat dipasang di daerah terpencil dengan pola penyebaran rumah yang terkumpul atau jumlah rumah untuk setiap km² nya cukup banyak. Sistem terpusat ini umumnya mempunyai keluaran sistem tegangan 220 V AC, karena itu diperlukan *inverter* untuk merubah arus searah menjadi arus bolak-balik.

Gambar 3. 2 | Sistem Pembangkit Listrik Terpusat

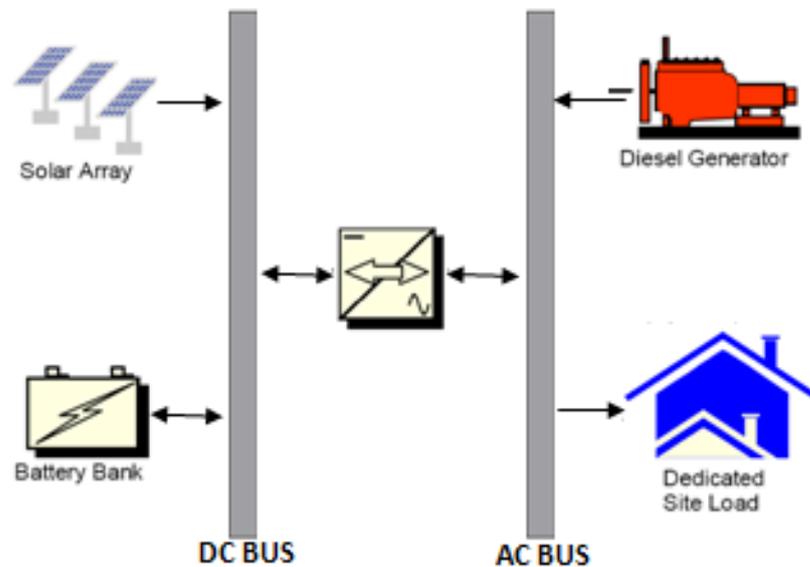


3) Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) adalah suatu sistem pembangkit listrik dengan menggunakan beberapa sumber energi, seperti misalnya sumber energi matahari dengan diesel, sumber energi matahari-angin-mikrohidro.

Blok diagram Sistem PLTH dapat dilihat pada gambar berikut ini:

Gambar 3. 3 | Sistem pembangkit listrik tenaga hibrida



Pada sistem hibrida sumber energi matahari dengan pembangkit diesel dirancang untuk pengoptimasian sistem diesel guna memenuhi kebutuhan beban yang bervariasi sebagai fungsi waktu.

Kelebihan-kelebihan sistem hibrid PV-genset adalah sebagai berikut:

- Daya listrik tersedia sesuai dengan kebutuhan.
- Secara teknis handal.
- Layanan purna jual relatif mudah diperoleh.
- Biaya Investasi (Rp/kW) relatif murah.

Kekurangannya antara lain:

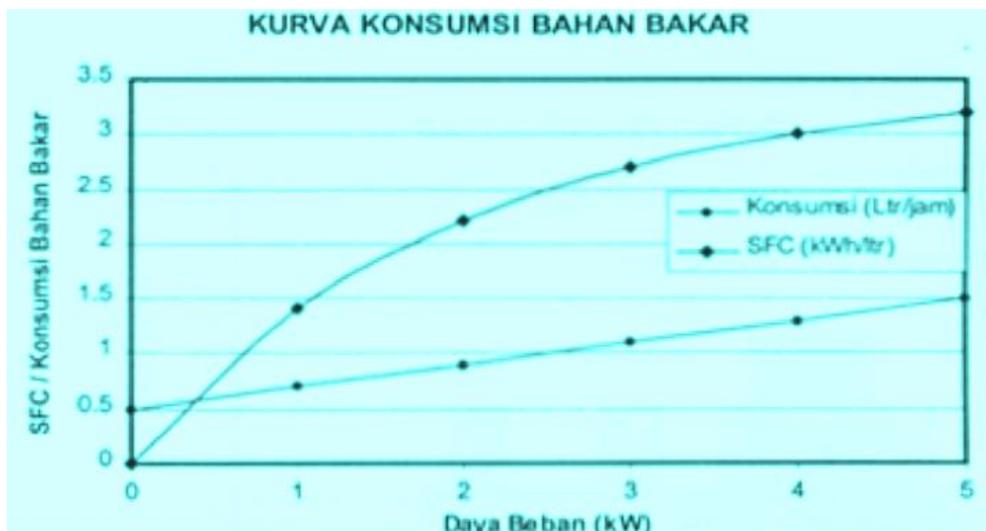
- Biaya operasi dan pemeliharaan relatif agak mahal.
- Masih diperlukan transportasi penyediaan bahan bakar.
- Pada jam-jam tertentu akan menimbulkan kebisingan dan polusi udara.
- Memerlukan pemeliharaan yang rutin.

- Perlu pengoperasian yang ekstra aktif agar sistem selalu bekerja efisien pada kondisi beban yang bervariasi (harus dihindarkan pengoperasian genset diesel pada beban rendah).

Karakteristik Konsumsi Bahan Bakar

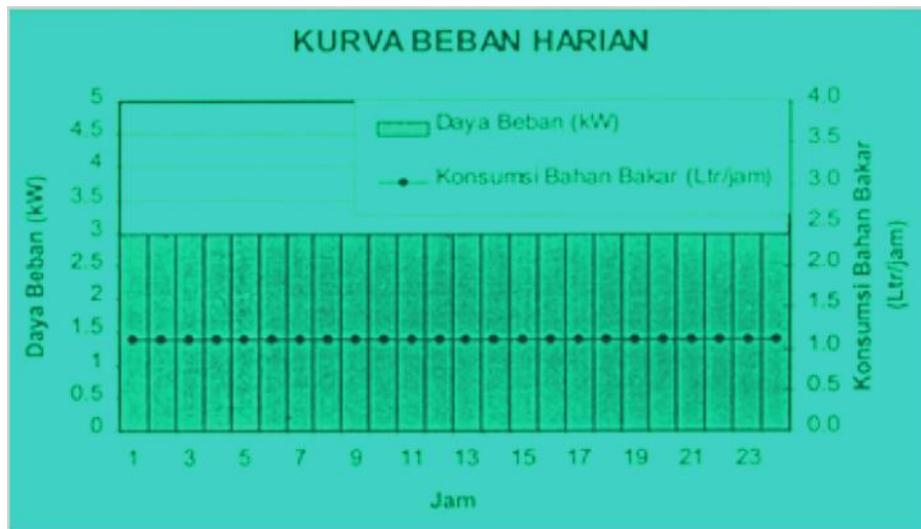
Konsumsi bahan bakar pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sangat bervariasi sesuai perubahan beban. Pada kondisi tanpa beban (beban nol), diesel tetap memerlukan sejumlah bahan bakar yang selanjutnya konsumsi tersebut akan meningkat sesuai dengan meningkatnya jumlah beban. Jika konsumsi bahan bakar dikonversikan menjadi *specific fuel consumption* (SFC) dalam satuan kWh/liter, akan diperoleh kurva seperti ditunjukkan pada gambar 3.4.

Gambar 3. 4 | Kurva SFC dan konsumsi bahan bakar



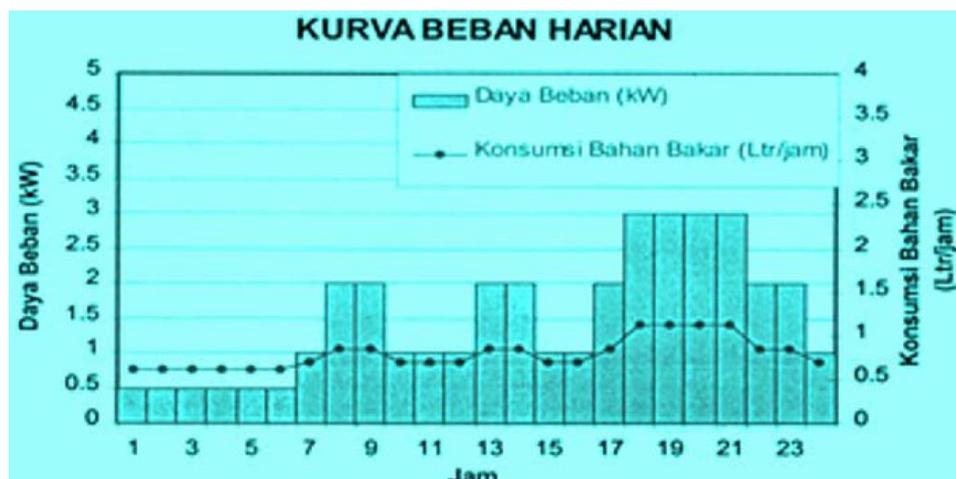
Sebagai ilustrasi dapat dicontohkan sebuah PLTD kapasitas 4,55 kW yang dioperasikan 24 jam/hari untuk memenuhi kebutuhan daya beban konstan 3kW, dengan kurva beban seperti pada gambar 3.5.

Gambar 3. 5 | Profil beban dengan konsumsi bahan bakar diesel genset



Sesuai kurva pada gambar 3.6 diperoleh bahwa operasi sistem PLTD dengan beban 3 kW, memerlukan bahan bakar 1,12 Ltr/jam atau dengan SFC 2,69 kWh/ltr. Hal ini menunjukkan bahwa operasi diesel relatif efisien. Jika dibandingkan dengan kondisi beban berbeda seperti profil beban yang ditunjukkan pada gambar 55, maka operasi sistem PLTD memerlukan bahan bakar 0,8 Ltr/jam atau dengan SFC 1,87kWh/ltr, sedikit lebih rendah dari SFC pada kondisi beban sebelumnya.

Gambar 3. 6 | Kurva beban harian dan konsumsi bahan bakar



Oleh karena sistem PLTD sangat tidak efisien jika dioperasikan pada beban rendah, maka diperlukan upaya penyediaan dan pemilihan sistem pembangkit yang lebih efisien. Salah satu alternatif yang banyak digunakan adalah sistem pembangkit listrik hibrida.

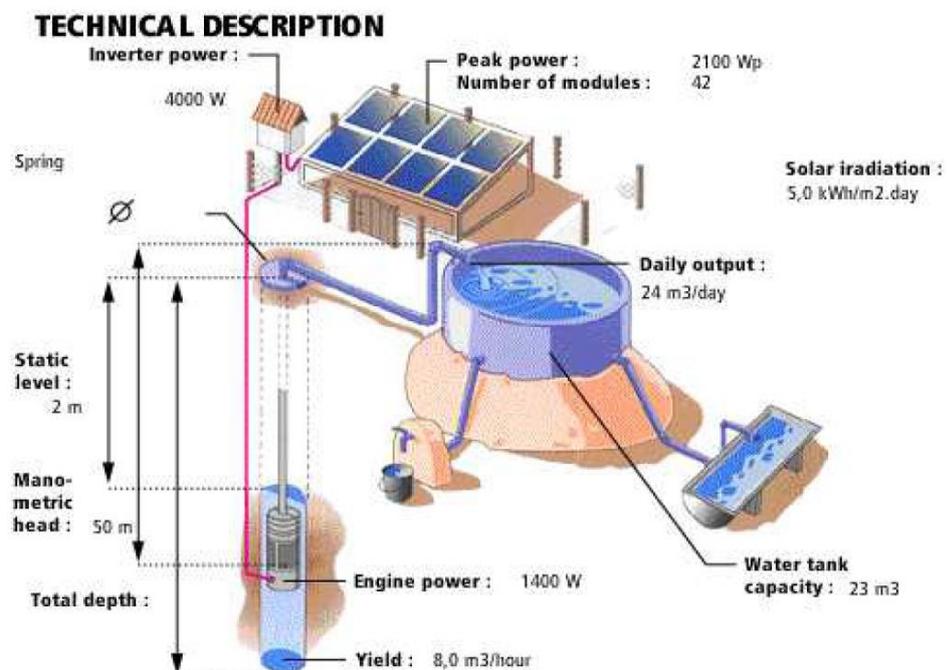
Sistem Pompa Air Tenaga Surya

SESF dapat juga untuk mencatu daya sistem pompa air, terutama bagi daerah-daerah yang sulit untuk mendapatkan air, serta tidak terdapat jaringan listrik.

Sistem Pompa air tenaga surya terdiri dari komponen-komponen modul surya, motor, pompa, dan inverter apabila motor mempunyai sistem tegangan AC, sedangkan untuk motor dengan Sistem Tegangan DC dipakai "solarverter", yang berfungsi untuk menselaraskan keluaran listrik dari modul surya yang berubah-ubah menjadi relatif constant sebelum mencatu daya motor sebagai penggerak pompa air.

Besarnya kapasitas sistem pompa air tenaga surya sangat tergantung dari tingginya total head pemompaan serta debit air yang akan dipompakan.

Gambar 3. 7 | Sistem pompa air tenaga surya

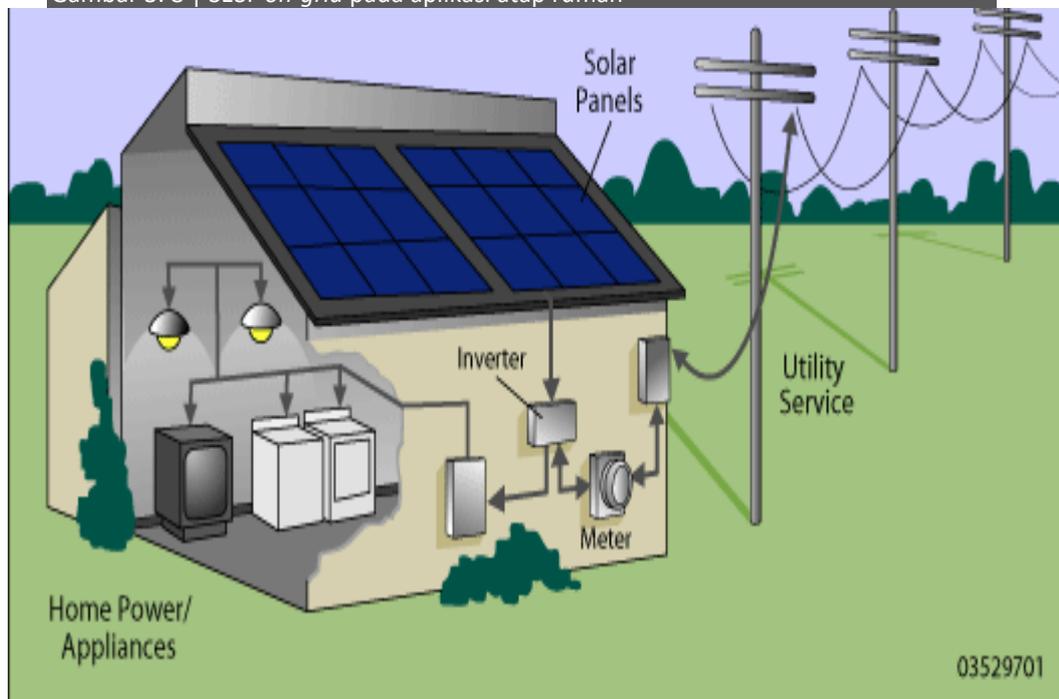


3.2. Aplikasi SESF On-Grid

Sistem energi surya fotovoltaik on-grid, menghubungkan sistem energi alternatif tersebut dengan jaringan PLN. Sebagai ilustrasi, pada saat produksi listrik sistem energi alternatif rendah atau tidak mencukupi, jaringan PLN menggantikan fungsi baterai berfungsi sebagai *back-up* daya. Sebaliknya pada saat produksi listrik sistem energi alternatif berlebih, dapat disalurkan dan dijual ke jaringan PLN dengan sistem *metering*.

Pemanfaatan Atap Rumah

Gambar 3. 8 | SESF *on-grid* pada aplikasi atap rumah



Atap rumah dapat dimanfaatkan sebagai area pemasangan modul surya dengan sudut kemiringan tertentu. Aplikasi ini umumnya dihubungkan secara on-grid. Salah satu tujuan utamanya adalah menambah pendapatan melalui penjualan listrik ke pihak PLN.

Pemasangan modul surya dengan memanfaatkan area atap rumah berbeda dengan pemasangan dengan penyangga modul, dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti suhu lingkungan, konstruksi bangunan dan sudut penyinaran matahari. Dengan

demikian, biaya komponen-komponen pendukung dalam hal ini penyangga modul dapat ditekan.

Fotovoltaik sebagai Arsitektur Bangunan

Integrasi modul surya ke dalam arsitektur bangunan atau *Building-integrated PV* (BIPV) merupakan aplikasi dengan mengganti komponen umum dalam struktur bangunan seperti atap, tembok dan kanopi, dengan modul fotovoltaik yang pemasangannya pada saat proses konstruksi.

Selain suplai listrik dari energi yang bebas polusi dan unsur keindahan, salah satu keunggulan disain BIPV yang efisien adalah mengurangi emisi yang berasal dari gedung.

Gambar 3. 9 | Contoh arsitektur bangunan pemadam kebakaran dengan modul



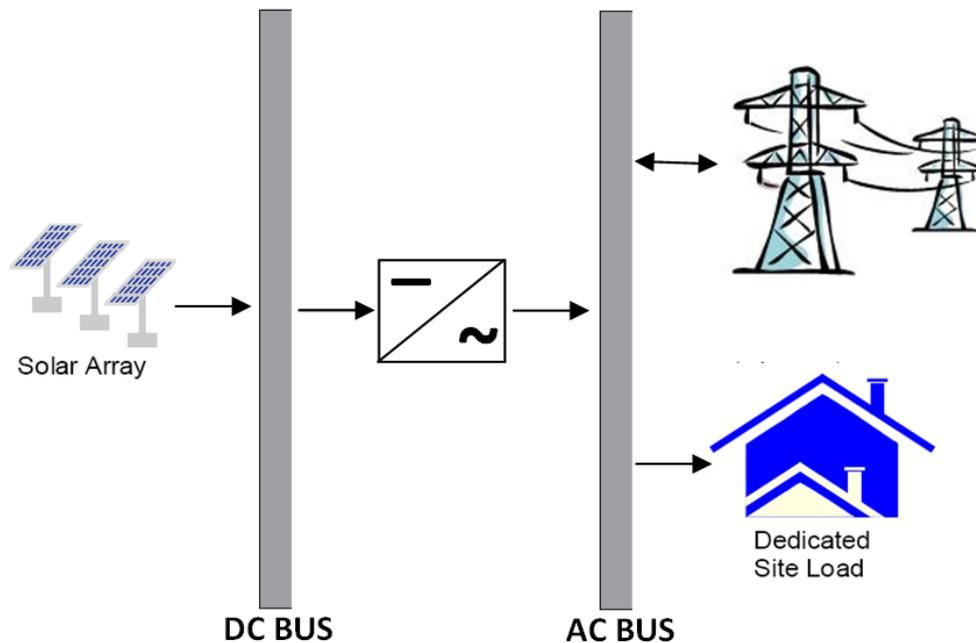
fotovoltaik

Pembangkit Listrik Terpusat

Seperti halnya sistem energi surya fotovoltaik terpusat *off-grid*, SESF *on-grid* terpusat dipasang di daerah dengan pola penyebaran rumah yang terkumpul atau jumlah rumah

untuk setiap km²-nya cukup banyak. Sistem ini tanpa baterai untuk menyimpan energi, karena energi berlebih langsung dipasok ke jaringan PLN.

Gambar 3. 10 | Pembangkit Listrik *On-Grid* Terpusat



Perancangan Sistem

Pada perencanaan sistem fotovoltaik, faktor yang penting adalah bagaimana menentukan jenis komponen yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan beban, lokasi dimana sistem akan ditempatkan, kondisi lingkungan serta batasan-batasan lain yang perlu diperhatikan. Untuk menjamin agar tidak terjadi kegagalan pada sistem atau memperkecil semaksimal mungkin kegagalan sistem, maka perlu diketahui juga problema apa yang umumnya terjadi dalam perencanaan suatu perencanaan sistem Fotovoltaik ini.

Selain itu dalam perencanaan suatu sistem, tentunya diperlukan langkah-langkah apa saja harus dikerjakan untuk mencapai hasil yang diinginkan, demikian juga halnya dalam perencanaan sistem Fotovoltaik ini.

Oleh karena itu pada pembahasan perencanaan sistem Fotovoltaik ini, antara lain akan dikemukakan hal-hal yang berhubungan dengan Komponen-komponen dalam sistem Fotovoltaik termasuk juga penentuan kapasitasnya (dalam hal ini akan dikemukakan secara tersendiri penentuan kapasitas Fotovoltaik dan kapasitas baterai), masalah yang umum terjadi pada sistem Fotovoltaik, langkah-langkah dalam merencanakan sistem fotovoltaik, dan juga pembahasan secara singkat sifat atau performansi yang diperlukan untuk memilih komponen yang bersangkutan.

Komponen-komponen dalam Sistem PV:

Pada umumnya komponen-komponen dalam sistem Fotovoltaik terdiri dari:

- Modul PV
- Baterai
- Alat pengatur baterai (BCR)
- Inverter (jika terdapat beban ac)
- Asesori: pengkabelan, konektor, sakelar, sikring, pentanahan dan rangkaian proteksi, dsb .

Masalah Umum pada SESF

Pada umumnya terjadinya kegagalan dan problem disebabkan oleh:

- ketidak pahaman terhadap persyaratan teknis yang diperlukan sesuai dengan kapasitas sistem;
- disain dan pemilihan yang tidak tepat dalam menentukan komponen yang sesuai untuk sistem yang diinginkan;
- pengabaian terhadap kode and standard listrik yang berlaku;
- instalasi yang sembarangan;
- pemakaian sistem proteksi yang tidak sesuai.

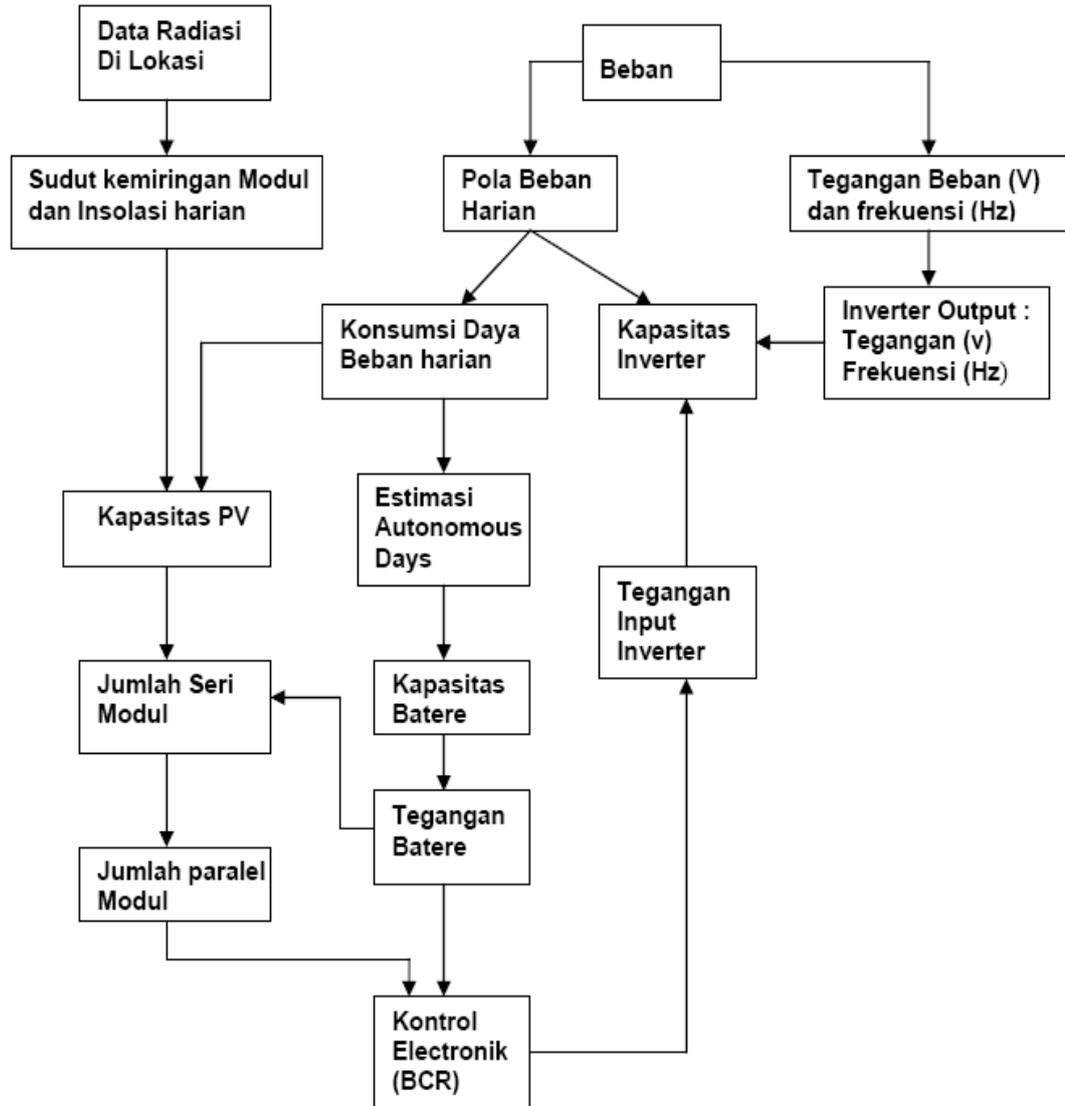
Desain Sistem PV

Berikut adalah langkah-langkah dalam mendisain sistem fotovoltaik:

1. Menentukan jenis beban dan menghitung kebutuhan energi maksimum per hari (Wh/day), dengan membuat tabel beban yang menjelaskan kebutuhan daya dan lama pemakaian tiap beban per jam per hari.
2. Survei lokasi untuk menentukan radiasi, sudut-matahari, dan bayangan (yang mungkin bisa menghalangi jatuhnya sinar matahari ke permukaan modul surya) untuk instalasi modul PV.
3. Menghitung kapasitas panel surya sesuai kebutuhan energi dan rata-rata radiasi matahari.
4. Menghitung kapasitas baterai untuk menyimpan energi sebesar kebutuhan energi selama hari otonomi (*autonomy day*) dimana matahari diasumsikan tidak bersinar pada hari tersebut. *Autonomy day* biasanya ditentukan selama 3 hari, yaitu asumsi bahwa selama 3 hari matahari tidak bersinar karena cuaca yang buruk.
5. Memilih komponen yang lulus kualifikasi dan sesuai dengan kebutuhan sistem, seperti BCR dan inverter (jika terdapat beban AC).
6. Membuat perencanaan instalasi dengan daftar (*list*) yang lengkap untuk peralatan (*tool*) dan aksesoris yang diperlukan.

Dalam merencanakan sistem Fotovoltaik banyak hal-hal yang perlu dibahas, pada diagram alir (*flowchart*) dibawah ini diberikan langkah-langkah dalam merencanakan sistem fotovoltaik tersebut:

Gambar 3. 11 | Flowchart Perancangan Sistem Energi Surya Fotovoltaik



Pemilihan Baterai

Dalam pemilihan tipe baterai, disarankan untuk menggunakan battery *Deep-discharge*. Kapasitas baterai sangat tergantung pada tipe, umur, temperatur, dan kecepatan discharge baterai (*rate of discharge*).

Dianjurkan menggunakan tipe baterai untuk SHS dengan kapasitas yang mampu memberikan DOD (*Depth of Discharge*) regular 40% dan dapat men-suplai energi selama 3-4 hari (*autonomy day*) pada saat tidak ada matahari dengan DOD maksimum 80%.

Umur baterai sangat tergantung pada pemakaian, DOD, laju charge dan discharge, perawatan, dan instalasi hubungan series/parallel. Baterai untuk keperluan SHS harus dirancang mampu mencapai umur 2 s/d 5 tahun.

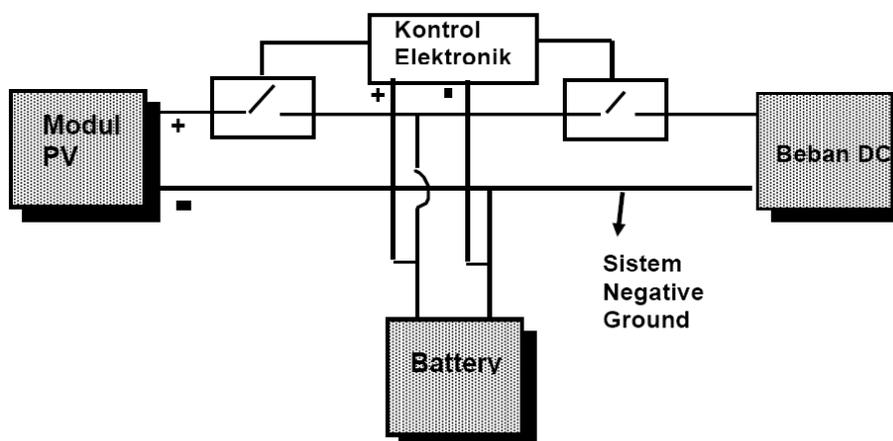
Pemilihan BCR

Khusus untuk pemakaian *Solar Home System* (SHS), BCR yang digunakan harus lulus tes kualifikasi dan memenuhi persyaratan teknis dalam pemakaian SHS, yang meliputi:

- Kapasitas maksimum input dan output.
- Mempunyai tegangan batas bawah dan batas atas terhadap pemutusan baterai Konsumsi diri yang sangat kecil.
- Mempunyai proteksi hubung singkat dan beban lebih.
- Tegangan jatuh yang kecil (<0,5V) pada sisi PV-baterai dan pada sisi baterai-beban.
- Mempunyai *blocking diode* dan sesuai dengan kapasitas maksimum.

Suatu contoh BCR jenis seri dan hubungannya dengan PV, baterai dan beban:

Gambar 3. 12 | Wiring diagram SHS



Pemilihan *Inverter*

Fungsi dan Jenis *Inverter*

Fungsi inverter adalah mengubah tegangan output dc dari PV atau baterai menjadi tegangan ac, umumnya 120V atau 220V, dengan frekwensi 50 Hz dan 60 Hz.

Bentuk gelombang, efisiensi, dan *surge capability* memegang peranan penting, serta berkaitan dengan biaya.

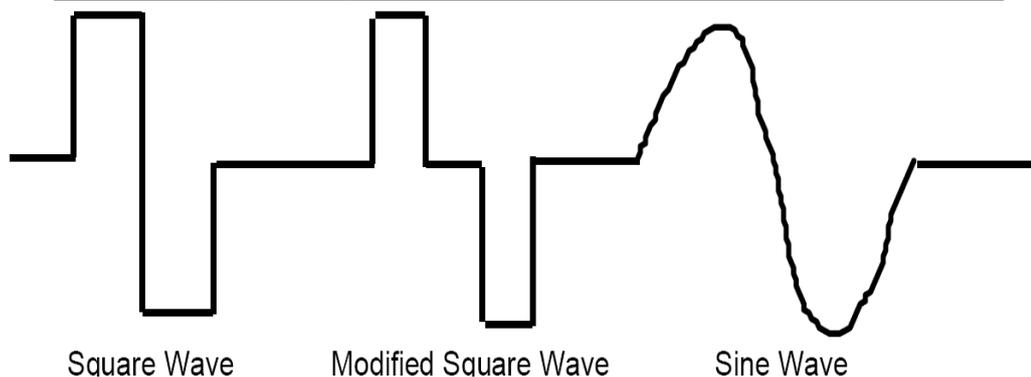
Jenis inverter pada umumnya ditentukan oleh bentuk gelombang output yang dihasilkan oleh suatu inverter, yaitu:

- Gelombang kotak (*square wave*)
- Modifikasi gelombang kotak (*modified square wave*) atau juga disebut *modified sine wave*.
- Gelombang sinus (*sine wave*)

Ciri-ciri dari gelombang diatas adalah sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.13.

Dari sisi kualitas inverter dengan gelombang sinus adalah yang terbaik karena sama dengan gelombang listrik PLN, bahkan pada umumnya lebih baik kualitasnya. Sehingga inverter dengan gelombang sinus dapat digunakan untuk segala keperluan seperti layaknya listrik PLN. Kelemahan inverter sinus adalah harganya yang lebih mahal.

Gambar 3. 13 | Gelombang output inverter



Gelombang kotak atau modifikasinya pada umumnya juga sudah dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Beberapa aplikasi gelombang kotak seperti penggunaan pada printer, sebaiknya dihindarkan. Penggunaan gelombang kotak pada motor-motor listrik bisa

menyebabkan suhu motor lebih tinggi bila motor yang sama dioperasikan dengan gelombang sinus. Keunggulan inverter dengan gelombang kotak adalah harganya yang lebih murah dan mudah didapat.

Fungsi lain dari inverter adalah sebagai *Ballast* untuk lampu TL-Flourocent pada SHS. Umumnya tegangan output ac bervariasi antara 45 s/d 70Vac (rms), dan frekuensi >20kHz. Terminal output inverter umumnya ada yang 2, 3 atau 4 kabel. Harus diperhatikan adanya interferensi pada gelombang radio AM Broadcast. Inverter untuk keperluan SHS harus lulus tes kualifikasi dan memenuhi syarat teknis sesuai pemakaiannya.

Instalasi

Dalam instalasi SESF, ada beberapa hal lain yang penting diperhatikan:

- Komponen-komponen pendukung seperti saklar dc, *circuit breaker*, dan sikring (*fuse*) dipilih dari komponen yang handal dan tahan terhadap perubahan parameter fisis (arus, tegangan, dan temperature) yang mendadak.
- Pengkabelan dan koneksi disesuaikan dengan kondisi lingkungan lokasi, yaitu terhadap pengaruh kelembaban, temperature dan kemungkinan penyinaran matahari langsung.
- Rancang dan pasang sistem pentanahan (*grounding*) secara baik dan pasang penangkal petir bila instalasi SESF merupakan bangunan tertinggi.
- Seyogyanya gunakan komponen yang mempunyai umur panjang (bila dimungkinkan bisa bertahan selama 20 tahun sesuai dengan umur teknis modul fotovoltaik).
- Mengamankan area sistem dengan pagar, tanda, ataupun alarm, sebagai tanda area berbahaya.

Sistem Pengkabelan (*Wiring System*)

Beberapa hal penting dalam sistem pengkabelan antara lain:

- Meminimumkan rugi daya and tegangan hilang (*voltage drop*) dgn cara:
 - menyesuaikan kapasitas kabel untuk kompensasi temperature
 - membuat pengkabelan yang pendek-pendek

- menyesuaikan diameter kabel terhadap arus yang mengalir
- menyesuaikan panjang kabel untuk meminimumkan tegangan jatuh
- Menggunakan pelindung kabel yang sesuai, conduit/ ditanam langsung.
- Minimumkan jumlah koneksi agar reliabilitas tinggi, biaya tenaga kerja rendah, dan sistem yang lebih aman.

Komponen Kabel Penghantar

Komponen-komponen kabel penghantar adalah sebagai berikut:

- Gunakan konduktor dengan logam yang mempunyai sifat sebagai penghantar arus listrik yang baik, contoh: tembaga.
- Gunakan konduktor untuk aplikasi luar (*outdoor cable*)
- Lindungi konduktor, sebagai pengaman, dari panas, sinar matahari, serangga, dan lain sebagainya..
- Pelindung kabel (*conduit*) dari logam atau plastik yang berfungsi sebagai pengaman tambahan kabel penghantar.

Tabel berikut menjelaskan luas penampang konduktor (*metric*) dengan kapasitas arus dan faktor kehilangan tegangannya.

Tabel 3. 1Spesifikasi konduktor tembaga berdasarkan luas penampangnya

Penampang konduktor (mm ²)	Kapasitas arus (A)	Faktor kehilangan tegangan (V/A.m)
2.5	32	0.002823
4	42	0.001775
6	54	0.001117
10	73	0.0007023
16	98	0.0004416
25	129	0.0002778
35	158	0.0001747
50	198	0.0001385
70	245	0.0001099

Penampang konduktor (mm ²)	Kapasitas arus (A)	Faktor kehilangan tegangan (V/A.m)
95	292	0.0000871
120	344	0.0000691
150	391	0.0000548

Rugi-rugi tegangan atau tegangan hilang dapat dihitung dengan persamaan:

Rumus Rugi-rugi Tegangan

$\Delta V = \text{Arus (A)} \times \text{Panjang kabel (m)} \times \text{Faktor kehilangan tegangan (V/A/m)}$

Kabel Penghantar

1) Problem Umum Kabel Penghantar

Problem yang menimpa kabel penghantar pada umumnya adalah:

- Gangguan hubung singkat pada titik sambungan listrik dalam kotak pengaman akibat air, serangga, dan lain sebagainya.
- Kegagalan isolasi kabel panas yang berlebihan.
- Kerusakan akibat korosi (karat).

2) Pemilihan Kabel Penghantar

Pemilihan kabel penghantar berdasarkan atas pertimbangan sebagai berikut:

- Tegangan hilang, yaitu perbedaan antara tegangan pada sisi pengirim (sumber) dengan tegangan pada sisi penerima (beban). Umumnya dinyatakan dalam %.
- Tipe Isolasi kabel: outdoor atau indoor
- Kemampuan hantar arus yang berdasarkan:
 - Ukuran penampang konduktor
 - Jenis dan bahan konduktor

Tegangan Jatuh (Voltage Drop)

Faktor yang mempengaruhi besarnya drop tegangan :

- Panjang kabel (meter)

- Jenis material konduktor kabel
- Ukuran penampang konduktor (mm²)

Standar tegangan hilang maksimum pada sistem SHS: 3% ~ 5%.

Contoh sifat resistif (tahanan) konduktor: kabel tembaga ukuran 1 mm² mempunyai resistansi 0,0365 ohm/meter (pada temperatur 25°C).

Perhitungan tegangan jatuh kabel tembaga tersebut dapat dicari dengan rumus umum:

Rumus: Tegangan hilang pada kabel

$$\Delta V = \rho \frac{L * I}{A}$$

dimana:

ΔV : Tegangan hilang (volt)

ρ : Tahanan jenis konduktor (Cu, Al)

L : Panjang kabel positif dan negatif (meter)

I : Arus nominal (Ampere)

A : Ukuran penampang konduktor (mm²)

3.3. Perangkat Lunak Perancangan

Dalam perancangan sistem, ada beberapa perangkat lunak atau *software* untuk membantu merancang dan menganalisa Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF). Perangkat lunak tersebut pada aplikasinya dikategorikan menjadi dua. Misalkan, praktisi lapangan biasanya menggunakan perangkat lunak yang lebih praktis untuk mendisain sistem. Sedangkan peneliti atau ilmuwan membutuhkan perangkat lunak yang lebih kompleks atau *simulation tool* untuk optimisasi.

Kategori Perangkat Lunak

Dalam perancangan SESF, perangkat lunak pendukung perancangan dapat dikategorikan menjadi:

1. *Pre-feasibility tools*, contohnya RETScreen
2. *Sizing tools*, contohnya HOMER dan PVSyst
3. *Simulation tools*, contohnya INSEL

Pre-feasibility tools adalah perangkat lunak yang relatif sederhana untuk membantu memperkirakan apakah SESF dapat memenuhi spesifikasi dalam hal kebutuhan energi dan biaya energi selama masa pakai sistem. Biasanya digunakan sebagai rancangan kasar sebagai perhitungan awal.

Sizing tools atau perangkat lunak perancangan membantu mengoptimalkan tiap komponen yang terlibat dalam sistem. Salah satu input utamanya adalah data kebutuhan energi. Software-software kategori ini bisa memberikan informasi lebih detail mengenai energi yang dihasilkan tiap komponen dan masa-masa kritis dalam kurun waktu setahun. Terdapat dua perspektif pada perancangan menggunakan *sizing tools*: mengoptimalkan sistem secara ekonomis selama kurun masa pakainya, atau mengoptimalkan fungsi sistem dengan mengabaikan aspek ekonomi.

Simulation tools atau perangkat lunak simulasi merupakan kebalikan dari *sizing tools*, karena perancang terlebih dahulu menentukan karakteristik dan ukuran komponen yang dibutuhkan. Perangkat lunak kemudian akan memberikan informasi detail mengenai karakteristik sistem yang diusulkan. Perangkat lunak kategori ini dapat juga digunakan sebagai *sizing tool*. Hal ini dapat dilakukan dengan mengidentifikasi variabel-variabel utama dan kemudian mengeksekusi simulasi secara berulang-ulang. Variabel-variabel utama tersebut di-input dan disesuaikan secara manual sampai didapat rancangan yang diharapkan dan optimal. Dalam optimasi, perancangan dengan *simulation tools* mengabaikan aspek ekonomi.

Berikut adalah contoh-contoh perangkat lunak:

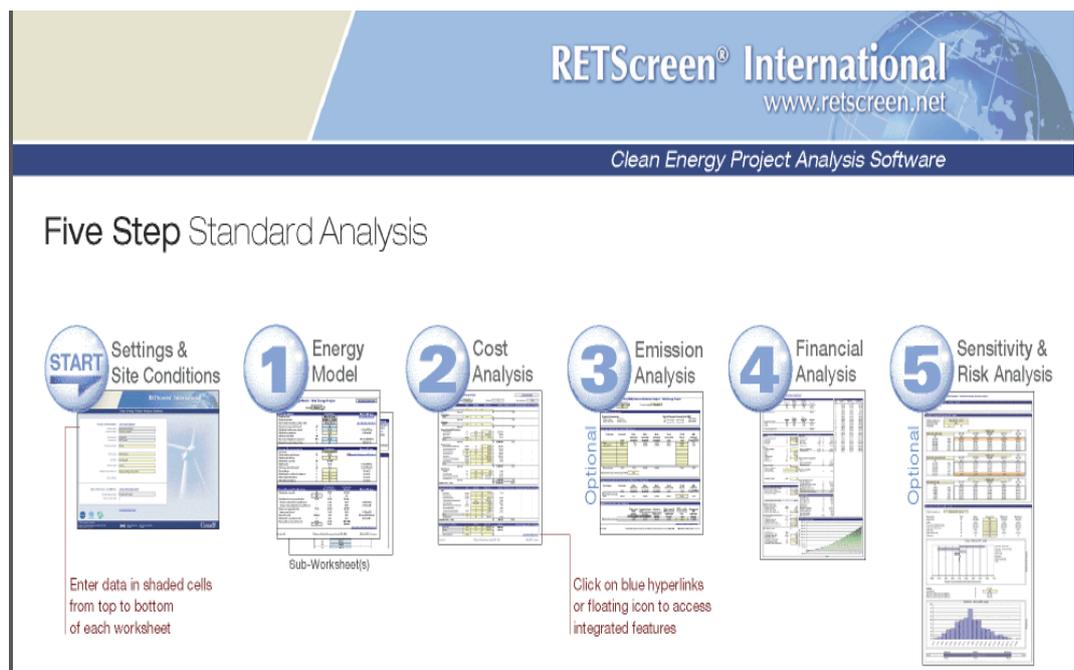
1) RETScreen

Perangkat lunak ini dikembangkan oleh CANMET Energy Diversification Research Laboratory (CEDRL). Perangkat lunak ini menganalisa data berstandar Microsoft Excel, digunakan untuk membantu memperkirakan produksi energy, *life-cycle cost* atau biaya masa pakai sistem, dan pengurangan emisi gas rumah hijau (*greenhouse gas emission*) untuk berbagai sistem energi terbarukan.

Gambar 3. 14 | Tahapan perancangan menggunakan RETScreen

Gambar 3. 15 Analisa Finansial pada Perancangan Sistem Fotovoltaik Menggunakan RETScreen

Gambar 3. 15 Analisa Finansial pada Perancangan Sistem Fotovoltaik Menggunakan RETScreen



Gambar 3. 15 | Analisa Finansial pada Perancangan Sistem Fotovoltaik Menggunakan RETScreen

RETScreen® Cost Analysis - Wind Energy Project

Type of project: Currency: Cost references:

Initial Costs (Credits)	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range
Feasibility Study						
Site investigation	p-d	6	\$ 800	\$ 4,800	-	-
Wind resource assessment	met tower	6	\$ 22,000	\$ 132,000	-	-
Environmental assessment	p-d	8	\$ 800	\$ 6,400	-	-
Preliminary design	p-d	18	\$ 800	\$ 14,400	-	-
Detailed cost estimate	p-d	18	\$ 800	\$ 14,400	-	-
Report preparation	p-d	8	\$ 800	\$ 6,400	-	-
Project management	p-d	6	\$ 800	\$ 4,800	-	-
Travel and accommodation	p-trip	4	\$ 3,000	\$ 12,000	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-
Sub-total				\$ 195,200	0.8%	
Development						
PPA negotiation	p-d	20	\$ 1,200	\$ 24,000	-	-
Permits and approvals	p-d	250	\$ 800	\$ 200,000	-	-
Land rights	project	1	\$ 30,000	\$ 30,000	-	-
Land survey	p-d	50	\$ 600	\$ 30,000	-	-
Project financing	p-d	100	\$ 1,500	\$ 150,000	-	-
Legal and accounting	p-d	100	\$ 1,200	\$ 120,000	-	-
Project management	p-yr	1.25	\$ 130,000	\$ 162,500	-	-
Travel and accommodation	p-trip	18	\$ 3,000	\$ 54,000	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-
Sub-total				\$ 776,500	2.5%	
Engineering						
Wind turbine(s) micro-siting	p-d	175	\$ 800	\$ 140,000	-	-
Mechanical design	p-d	100	\$ 800	\$ 80,000	-	-
Electrical design	p-d	150	\$ 800	\$ 120,000	-	-
Civil design	p-d	90	\$ 800	\$ 72,000	-	-
Tenders and contracting	p-d	110	\$ 800	\$ 88,000	-	-
Construction supervision	p-yr	0.85	\$ 130,000	\$ 110,500	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-
Sub-total				\$ 610,500	2.0%	
Renewable Energy (RE) Equipment						
Wind turbine(s)	WV	20,000	\$ 1,000	\$ 20,000,000	-	-
Spare parts	%	3.0%	\$ 20,000,000	\$ 800,000	-	-
Transportation	turbine	20	\$ 33,000	\$ 660,000	-	-
Other	Cost	0	\$ -	\$ -	-	-
Sub-total				\$ 21,260,000	68.4%	

Intro / Energy Model / Equipment Data / **Cost Analysis** / GHG Analysis / Financial Summary / Sheet1 / Sheet2 / Sheet3

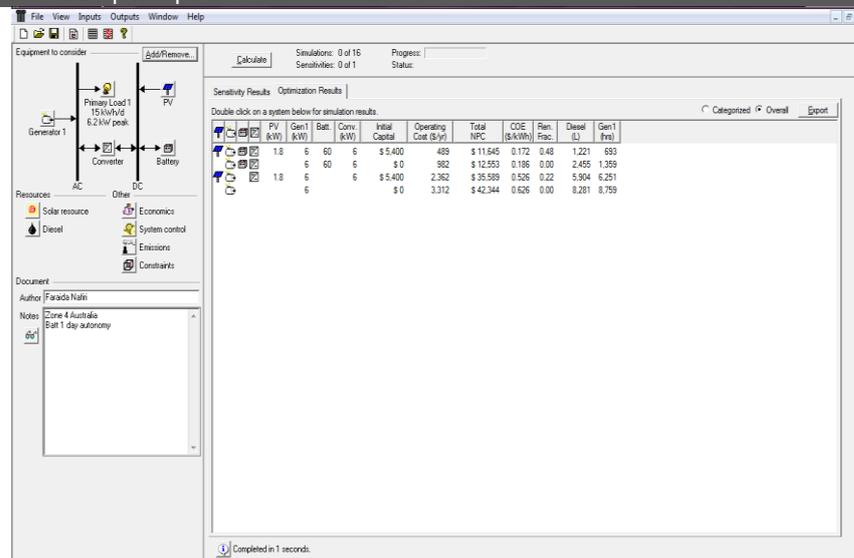
Program RET-Screen dapat diperoleh dengan cara *download* gratis.

2) HOMER

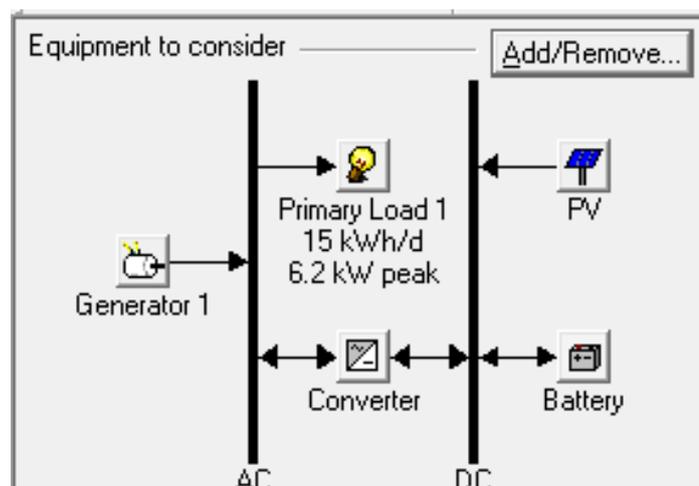
Dikembangkan oleh National Renewable Energy Laboratory (NREL). *Hybrid Optimization Model for Electric Renewables* (HOMER) lebih banyak digunakan untuk perancangan sistem hibrida atau sistem yang mengkombinasikan dua atau lebih sumber energi, misalnya: fotovoltaik-generator diesel, fotovoltaik-angin-generator diesel, fotovoltaik-mikrohidro-angin-generator diesel, dan seterusnya.

Keunggulan HOMER adalah optimasi dan sizing dengan mengeksekusi berulang-ulang secara otomatis kombinasi komponen yang dimasukkan sebagai input. Parameter utama adalah: profil beban dan data meteorologi dari lokasi implementasi. Setelah itu baru memasukkan input komponen-komponen yang akan digunakan, misalnya panel surya, diesel generator, turbin angin, baterai, inverter, dan sebagainya. Dengan memberikan input ekonomi dari masing-masing komponen, HOMER akan menunjukkan konfigurasi sistem sebagai hasil optimasi, yang diurut berdasarkan fisibilitas dan *cost-effectiveness*.

Gambar 3. 16 | Tampilan utama HOMER



Gambar 3. 17 | Contoh layout komponen



Gambar 3. 18 | Konfigurasi sistem sebagai hasil optimasi HOMER

Sensitivity Results		Optimization Results											
Double click on a system below for simulation results.													
		PV (kW)	Gen1 (kW)	Batt.	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)	
		1.8	6	60	6	\$ 5,400	489	\$ 11,645	0.172	0.48	1,221	693	
			6	60	6	\$ 0	982	\$ 12,553	0.186	0.00	2,455	1,359	
		1.8	6		6	\$ 5,400	2,362	\$ 35,589	0.526	0.22	5,904	6,251	
			6			\$ 0	3,312	\$ 42,344	0.626	0.00	8,281	8,759	

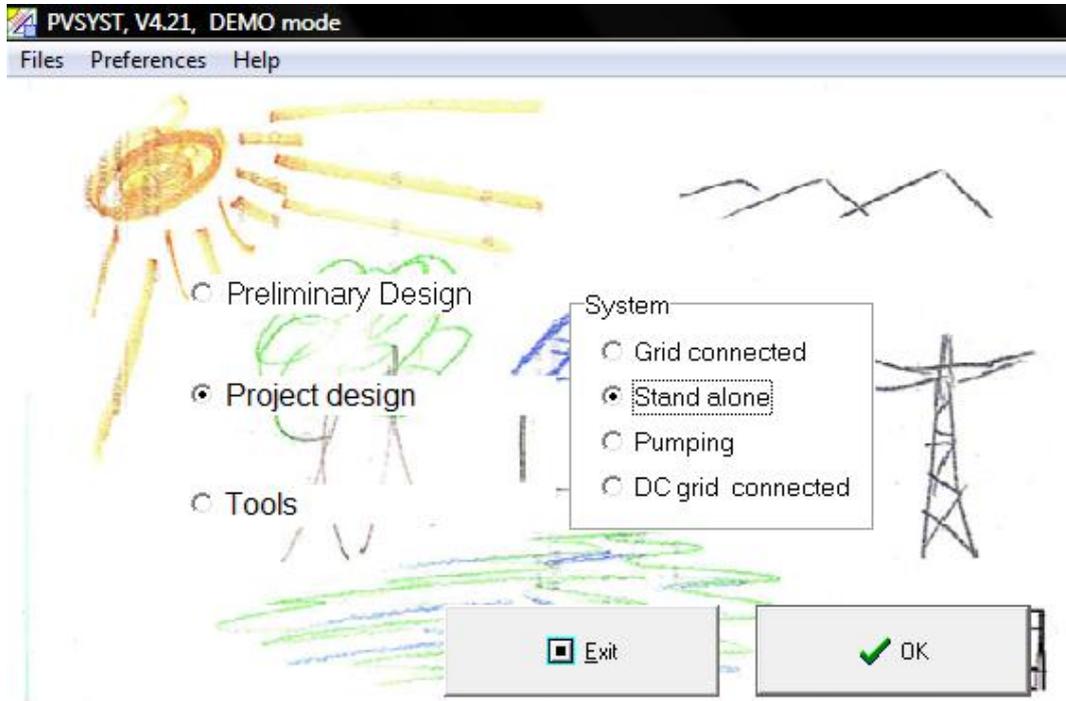
Program HOMER pada mulanya dapat diperoleh dengan cara *download* gratis, tetapi perkembangan terakhir memerlukan lisensi.

3) PVSyst

Dikembangkan oleh Universitas Genewa di Swiss. Perangkat lunak ini mengintegrasikan *pre-feasibility*, *sizing* dan *simulation tools* terutama untuk sistem hibrida. Langkah awal adalah menentukan lokasi dan beban. Kemudian perancang memasukkan input komponen dari *product database* yang dimiliki PVSyst, dan software ini akan secara otomatis mengkalkulasi ukuran tiap komponen (misalkan fotovoltaik, turbin angin, dan sebagainya).

Untuk modul *pre-feasibility*, PVSyst akan memberikan analisa finansial SESF yang sederhana berdasarkan input lokasi dan beban, namun modul ini tidak dapat melayani kebutuhan perancangan sistem hibrida.

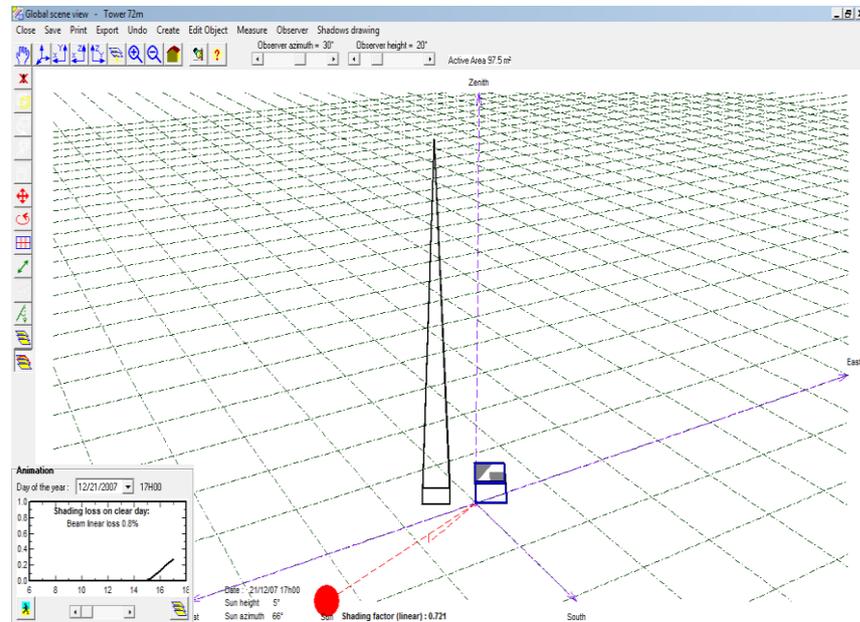
Gambar 3. 20 | Tahapan simulasi dengan PVSyst



Gambar 3. 19 | Layout opsi disain PVSyst



Gambar 3. 21 Contoh simulasi rugi-rugi akibat bayangan dengan peletakan sumber bayangan



Program PVSyst harus diperoleh dengan cara *download* dan memerlukan lisensi.

4) INSEL

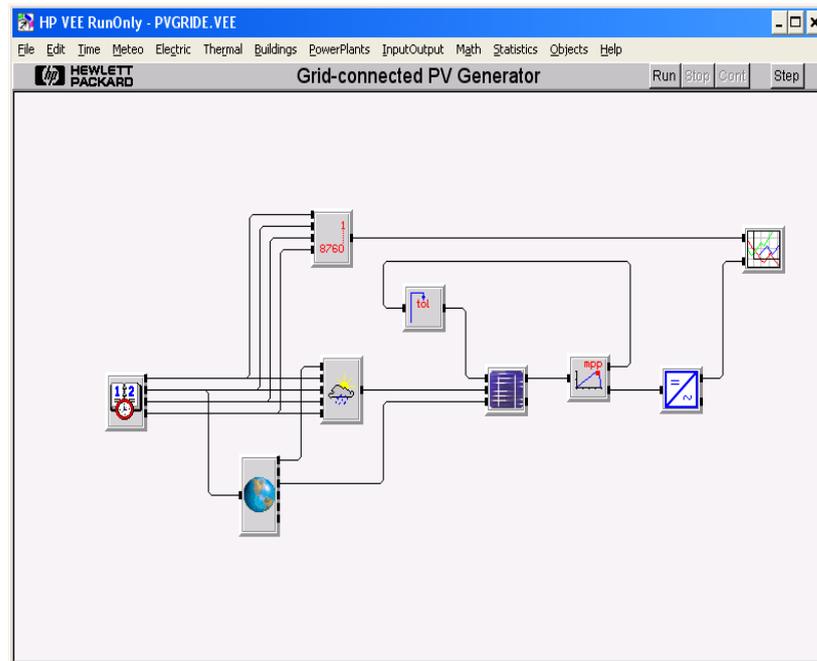
Program simulasi INSEL pertama kali dikembangkan oleh Universitas Oldenburg, Jerman. Berdasarkan karakternya, sistem simulasi INSEL masuk kedalam simulasi fisis (*physical simulation*), dimana model dan hubungan setiap komponen sistem ditampilkan.

Insel merupakan perangkat lunak untuk membantu merancang, memonitor, sekaligus visualisasi sistem energi. Fungsi-fungsi yang dapat di-interkoneksi dalam satu perancangan sistem dengan perangkat ini antara lain data meteorologi, komponen listrik, dan komponen energi termal.

Keistimewaan perangkat ini adalah simulasi yang lebih kompleks dan detil, dengan memasukkan parameter-parameter dan fungsi-fungsi yang berhubungan dengan kondisi meteorologi dan karakteristik tiap komponen sistem.

Gambar 2.22 mengilustrasikan model simulasi sistem energi surya fotovoltaik on-grid menggunakan Insel.

Gambar 3. 22 Contoh model INSEL untuk SESF *On-Grid*



Program INSEL harus diperoleh dengan cara *download* dan memerlukan lisensi.

Paket Puskesmas

- Modul Surya 80 WP 4 Pc.
- Battery DCMF 100AH 2 Pc.
- Pendingin Vaksin 1 Pc.
- Box Panel Sistem 1 Pc.
- Lampu TL Global 3 Pc.
- Conttroller / BCU 20A 1 Pc.
- Kabel dan Assesoris 1 Set

Paket Rumah Ibadah

- Modul Surya 80 WP 2 Pc.
- Battery DCMF 100AH 1 Pc.

- Box Panel Sistem 1 Pc.
- Inverter 1 Pc.
- Lampu TL Global 3 Pc.
- Conttroller / BCU 10A 1 Pc.
- Kabel dan Assesoris 1 Set
- Toa, Speaker, Amplifier 1 Set

Paket Komunikasi

- Modul Surya 80 WP 1 Pc.
- Battery DCMF 100AH 1 Pc.
- Telepon / HP 1 Pc.
- Box Panel Sistem 1 Pc.
- Lampu TL Global 3 Pc.
- Conttroller / BCU 10A 1 Pc.
- Kabel dan Assesoris 1 Set

Paket Sekolah

- Modul Surya 80 WP 4 Pc.
- Battery DCMF 100AH 2 Pc.
- Box Panel Sistem 1 Pc.
- Lampu TL Global 5 Pc.
- Conttroller / BCU 20A 1 Pc.
- Kabel dan Assesoris 1 Set
- Laptop / Computer 1 Set

Paket Balai Desa

- Modul Surya 80 WP 6 Pc.
- Battery DCMF 100AH 3 Pc.

- Box Panel Sistem 1 Pc.
- Lampu TL Global 4 Pc.
- Conttroller / BCU 10A 1 Pc.
- Kabel dan Assesoris 1 Set
- TV DC 1 Set
- Laptop / Computer 1 Set

Paket Nelayan

- Modul Surya 80 WP 2 Pc.
- Battery DCMF 100AH 1 Pc.
- Box Panel Sistem 1 Pc.
- Lampu TL Global 3 Pc.
- Conttroller / BCU 10A 1 Pc.
- Kabel dan Assesoris 1 Set
- Lampu Kapal Tambat 1 Set

Paket Pompa Air

- Modul Surya 80 WP 3 Pc.
- Battery DCMF 100AH 2 Pc.
- Box Panel Sistem 1 Pc.
- Lampu TL Global 3 Pc.
- Conttroller / BCU 10A 1 Pc.
- Kabel dan Assesoris 1 Set
- Pompa Air 1 Pc.

PLTS BCS

Skema PLTS BCS

Gambar 3. 23 Skema PLTS BCS



Penggunaan BCS yang Benar

BCS harus ditempatkan ditempat terbuka, terkena sinar matahari dari pagi sampai sore hari. Arah solar panel ke equator/khatulistiwa sampai permukaan solar panel tegak lurus terhadap matahari. BCS hanya menggunakan energi matahari sebagai sumber energi utama, jangan gunakan energy lain jika tidak ada part tambahan yang memungkinkan penggunaan energi selain energi matahari. Lakukan perawatan dan operasional sesuai dengan prosedur standard yang telah disediakan oleh pabrik BCS. Tindakan perbaikan terhadap kerusakan BCS hanya boleh dilakukan oleh teknisi profesional yang terlatih.

Penempatan BCS jangan pada lokasi yang tertutup matahari, tempat yang lembab, telalu banyak debu, dan tempat yang terdapat banyak gas atau bahan mudah terbakar. Jangan gunakan BCS selain untuk charging battery terkecuali ada part tambahan yang diijinkan dan telah diinstallasi pada BCS.

PJU Tenaga Surya

PJU Solar Cell atau PJU Tenaga Surya didefinisikan sebagai penerangan yang bersifat publik (untuk kepentingan bersama), dan menggunakan energi matahari sebagai sumber

energi biasanya dipasang pada tempat - tempat umum seperti penerangan jalan kota atau penerangan jalan pedesaan.

Komponen utama PJU Solar cell :

- Solar Panel
- Tiang PJU
- Battery
- Lampu LED
- Bok Battery
- BCR (termasuk *sunswitch*)

Keunggulan PJU Tenaga Surya :

- Instalasi mudah
- Tidak memerlukan Jaringan listrik (Tidak perlu bayar listrik)
- Usia lampu LED mencapai 50.000 jam
- PJU bersifat standalone
- Maintenance mudah

Beberapa type untuk PJU adalah sebagai berikut:

1. PJU 15W / 20W

Ini adalah model terkecil dari PJU. Biasa digunakan untuk penerangan di halaman kantor pemerintahan dan jalan setapak yang tidak dilalui kendaraan roda empat. Adapun sistem ini terdiri atas:

- Lampu LED 15W / 20W
- Solar panel 80Wp berikut dudukannya
- Unit kontrol dengan kapasitas 10 A khusus untuk lampu jalan
- Batere 12V dengan kap. 70Ah / 100Ah
- Tiang utama tinggi 4 / 5 meter

2. PJU 30 W

Ini adalah model yang paling umum digunakan. Biasanya digunakan pada jalan-jalan umum yang tidak dilalui oleh kontainer atau truk besar. Adapun sistem ini terdiri atas:

- Lampu LED 30W
- Solar panel 130Wp berikut dudukannya
- Unit kontrol dengan kapasitas 15 A khusus untuk lampu jalan
- Batere 12V dengan kap. 160Ah
- Tiang utama tinggi 6 / 7 meter

3. PJU 40 W

Biasa digunakan untuk jalan sekunder/utama yang dilewati oleh kontainer atau truk besar. Sistem ini terdiri dari:

- Lampu LED 40W
- Solar panel 180Wp berikut dudukannya
- Unit kontrol dengan kapasitas 15 A khusus untuk lampu jalan
- Batere 12V dengan kap. 200Ah
- Tiang utama tinggi 8/9 meter

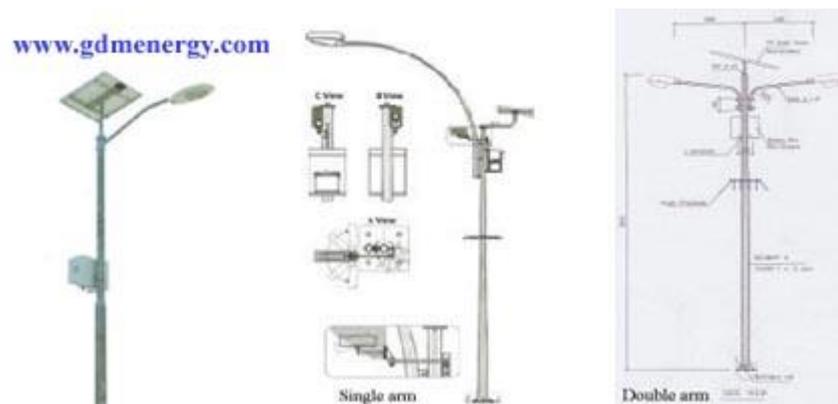
4. PJU 50 W

Biasa digunakan untuk jalan utama yang dilewati oleh kontainer atau truk besar. Sistem ini terdiri dari:

- Lampu LED 50W
- Solar panel 200Wp berikut dudukannya
- Unit kontrol dengan kapasitas 15 A khusus untuk lampu jalan
- Batere 12V dengan kap. 200Ah
- Tiang utama tinggi 9 meter

Biasanya pada saat daerah sudah berkembang lampu jalan umum ini dapat dimodifikasi dengan menjadi 2 lengan (double arm) sehingga kapasitas penerangannya menjadi 2 kali lipat.

Gambar 3. 24 PJU 50 W



PLTS Terpusat

Wilayah Indonesia yang tersebar dengan memiliki banyak Pulau-pulau dikelilingi samudera yang luas menjadikan Indonesia kaya akan sumber alam. Selain kekayaan yang melimpah Indonesia dengan lebih dari 222 juta populasi tersebar di lebih dari 13,000 pulau. Hampir 70% dari populasi tersebar di 66,000 desa, dimana masih banyak yang belum terjangkau oleh jaringan listrik. Peraturan Presiden no 5 tahun 2006 mengenai energi baru terbarukan, dimana pemerintah secara komitment akan menurunkan pemakaian energi fosil (minyak bumi) s/d 50% dan meningkatkan penggunaan energi baru terbarukan s/d 50% pada tahun 2025.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terpusat adalah suatu pembangkit listrik yang komponennya terdiri dari modul surya, alat pengatur, inverter, penyimpan listrik (batere), pemutus daya listrik. Untuk mengatasi terjadinya penurunan tegangan akibat jauhnya jarak pembangkit dengan rumah, maka PLTS sistem terpusat menggunakan output sistem AC (*alternating current*).

Dalam perencanaan pembangunan PLTS terpusat adalah pemakaian energi listrik pada setiap konsumen harus dibatasi pemakaian energi listrik per hari dalam satuan watt-hour

(Wh). Yang perlu diperhitungkan adalah adanya keseimbangan antara jumlah pelanggan (total pemakaian Wh harian) dan kapasitas total energi yang dihasilkan modul surya (total produksi Wh harian). Pembatasan pemakaian energi listrik perlu dilakukan sebagai upaya untuk menjaga baterai dalam kondisi SOC (State of Charge) yang tinggi sehingga baterai tidak cepat rusak.

Prinsip Kerja Pembangkit

Rangkaian modul surya fotovoltaik akan menghasilkan energi listrik arus searah (direct current). Besarnya tegangan dan arus listrik yang dihasilkan bergantung kepada beberapa hal seperti intensitas cahaya matahari, suhu udara sekitar modul surya, jumlah sambungan serial, dan jumlah sambungan paralel.

Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya akan diatur penyimpanan di dalam baterai oleh alat control baterai (baterai charge regulator). BCR akan menghentikan proses pengisian pada saat nilai tegangan baterai telah mencapai titik tertentu. Selain itu BCR juga akan menghentikan pelepasan energi listrik (discharge) dari baterai mana kala ambang batas bawah telah tercapai. Hal ini dilakukan untuk menjaga baterai dalam keadaan baik dan tidak cepat rusak akibat pengisian dan pelepasan energi yang berlebihan.

Energi listrik yang tersimpan didalam baterai akan diubah menjadi aliran listrik arus bolak balik oleh INVERTER dan disalurkan ke rumah-rumah melalui kabel distribusi tegangan rendah (JTR) 1 phasa 230 V/50 Hz. Setiap rumah dilengkapi dengan alat pemutus energi untuk menjaga agar energi yang dipakai oleh konsumen dapat seimbang dengan energi yang masuk ke sistem terpusat.

Untuk membatasi penggunaan energi listrik oleh konsumen maka digunakan LIMITER yang berfungsi sebagai kWh limiter. Alat ini dipasang di setiap rumah dan akan bekerja sebagai pemutus arus listrik jika energi yang digunakan sudah mencapai nilai yang ditetapkan (diprogram terlebih dahulu)

Gambar 3. 25 PLTS Terpusat



Komponen PLTS Terpusat GDM Energy :

- *Solar Panel Polycrystalline / CIS*
- Rumah Pembangkit
- *Battery Charging Regulator (BCR)*
- *Battery / Accu*
- Inverter
- Jaringan Distribusi
- Jaringan Instalasi Rumah

Ada beberapa model PLTS terpusat yang umum, yaitu:

1. PLTS 5kWp

- Solar panel total 5,000 W
- Unit kontrol dengan kapasitas total 120 A
- Inverter dengan kapasitas total 5,000 W
- Batere 2V kap. 800 Ah 24 unit
- Tiang distribusi dan kabel
- Pembatas energi (energy limiter)
- Lampu hemat energi 8W 3 buah lengkap dengan kabel instalasi
- Dapat melayani total 30 rumah tangga.

2. PLTS 10kWp

- Solar panel total 10,000 Wp
- Unit kontrol dengan kapasitas total 160 A
- Inverter dengan kapasitas total 10,000 W
- Batere 2V kap. 800 Ah 48 unit
- Tiang distribusi dan kabel
- Pembatas energi (energy limiter)
- Lampu hemat energi 8W 3 buah lengkap dengan kabel instalasi
- Dapat melayani total 50 rumah tangga.

3. PLTS 15kWp

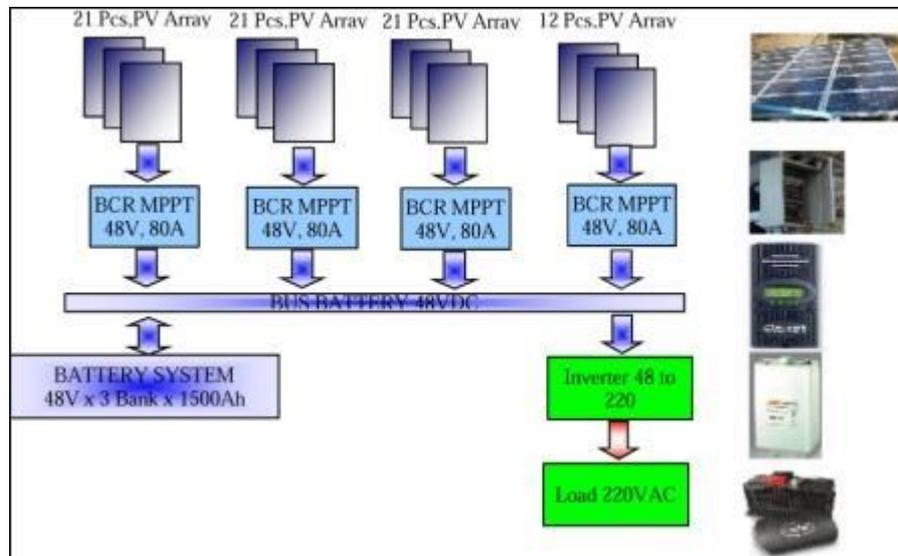
- Solar panel total 15,000 Wp
- Unit kontrol dengan kapasitas total 240 A
- Inverter dengan kapasitas total 15,000 W
- Batere 2V kap. 800 Ah 72 unit
- Tiang distribusi dan kabel
- Pembatas energi (energy limiter)
- Lampu hemat energi 8W 3 buah lengkap dengan kabel instalasi
- Dapat melayani total 75 rumah tangga.

4. PLTS 50kWp, PLTS 100 kWp dan PLTS 300 kWp

Sistem PLTS biasa digunakan untuk kebutuhan energi satu pulau atau satu wilayah dengan sebaran penduduk yang rapat tetapi mengalami kesulitan dalam masalah transportasi kewilayah tersebut.

Untuk PLTS Terpusat dapat terus ditingkatkan kapasitasnya tergantung dari populasi masyarakat sekitarnya. Selain paket tersebut di atas, kami juga memberikan pelatihan mengenai pengetahuan dasar *solar panel system* dan bagaimana cara perawatannya. Sehingga bila proyek pemasangan sudah selesai, maka masyarakat dapat melakukan perawatan secara mandiri.

Gambar 3. 26 Bagan Instalasi PLTS



PLTS SHS (*Solar Home System*)

Sistem PLTS yang cukup besar penerapannya saat ini di Indonesia adalah sistem penerangan rumah desentralisasi, atau dikenal juga sebagai sistem penerangan rumah secara individual (*Solar Home System*) dan disingkat SHS. Pemilihan sistem ini dalam penerapannya di pedesaan di dasarkan atas kajian dan pertimbangan faktor-faktor berikut:

- Pola pemukiman di desa cukup menyebar
- Sulit untuk mendapatkan transportasi baik darat atau laut
- Belum memerlukan integrasi dengan pembangkit lain
- Modular & mudah dikembangkan
- Kapasitas kecil, sehingga mudah untuk proses instalasi
- Harga terjangkau
- Sinar Matahari sebagai sumber energi mencukupi
- Tidak tergantung terhadap BBM

SHS termasuk salah satu dari aplikasi sistem PLTS untuk pelistrikan desa sebagai sistem penerangan rumah secara individual atau desentralisasi yang terdiri dari komponen-komponen utama yaitu : modul fotovoltaik sebagai catudaya yang menghasilkan energi listrik dari masukan sejumlah energi matahari, batere sebagai penyimpan dan pengkondisian energi, alat pengatur energi batere (BCR) sebagai alat pengatur otomatis, penjaga kehandalan sistem, dan yang terakhir adalah beban listrik seperti lampu TL (DC), saklar, radio, televisi dan lain-lainnya.

Kemampuan energi yang dapat dibangkitkan oleh sebuah modul fotovoltaik pada SHS sangat tergantung dari kondisi radiasi matahari yaitu berkisar antara 140 sampai 180 Watt jam per hari.

Ada beberapa type untuk SHS ini, seperti:

1. SHS 50

SHS ini yang paling umum digunakan oleh program pemerintah. Adapun sistem ini terdiri atas:

Solar panel 50Wp berikut tiang penyangga

- Unit kontrol dengan kapasitas < 10 A
- Batere 12V dengan kap. 65Ah – 70Ah
- Lampu TL DC 10W 3 buah lengkap dengan kabel instalasi(dapat diganti dengan LED Blub)

2. SHS 100

SHS ini memiliki spesifikasi diatas SHS 50, karena dilengkapi inverter untuk bekerja di tegangan AC. Adapun sistem ini terdiri atas :

- Solar panel 100Wp berikut tiang penyangga
- Unit kontrol dengan kapasitas 10 A
- Inverter kapasitas 150W
- Batere 12V dengan kap. 100Ah
- Lampu TL DC 10W 3 buah lengkap dengan kabel instalasi (dapat diganti dengan LED Blub)

3. SHS 200

SHS ini memiliki spesifikasi paling besar. Adapun sistem ini terdiri atas:

- Solar panel 200Wp berikut tiang penyangga
- Unit kontrol dengan kapasitas 15 A
- Inverter kapasitas 300W
- Batere 12V dengan kap. 100Ah 2 buah
- Lampu TL DC 10W 5 buah lengkap dengan kabel instalasi(dapat diganti dengan LED Blub)

4. SHS Aplikasi Khusus

SHS ini memiliki spesifikasi sesuai dengan keinginan penganan,SHS ini dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan akan peralatan yang akan diaktifkan.

Keunggulan PLTS SHS

1. Lampu mampu menyala hingga 11 jam (dari jam 6 sore hingga jam 5 pagi)
2. Instalasi sangat mudah
3. Tidak memerlukan perawatan khusus
4. Sangat cocok untuk daerah yang belum ada listrik

Skema Pemasangan PLTS SHS

Gambar 3. 27 Skema pemasangan PLTS SHS



D. Aktivitas Pembelajaran

1. JOB SHEET PEMASANGAN DAN PENGOPERASIAN SP 10

Pemasangan dan Pengoperasian SP 10

I. Tujuan Aktifitas Pembelajaran

1. Memahami karakteristik dan spesifikasi komponen modul surya SP 10
2. Memasang modul surya SP 10 dan kelengkapannya
3. Memasang panel distribusi SP 10

4. Mengukur *voltage drop*
5. Mengukur daya pada masing-masing distribusi

II. Materi Singkat

Pemasangan dan Pengoperasian modul surya SP 10

Penentuan dan pemilihan kapasitas modul surya sangat tergantung pada beban terpasang. Beban yang terpasang diatur melalui panel distribusi yang terhubung pada panel surya melalui battery penyimpanan.

Dalam pengoperasian modul SP 10 ini lebih ditekankan pada perhitungan beban dan drop tegangan dengan adanya pembebanan langsung melalui perhitungan:

1. Daya listrik yang dihasilkan dan disimpan dari panel surya melalui perhitungan dari instrument meter
2. Daya listrik yang digunakan melalui panel distribusi
3. Besarnya drop tegangan
4. Efisiensi sistem
5. Besar panel PV yang dibutuhkan sesuai kapasitas beban terpasang.

III. Alat/Bahan

Bahan / Komponen yang diperlukan :

1. Modul surya polychristaline
2. 1 buah baterai 12 volt 50 Ah
3. 1 panel distribusi
4. beban lampu LED
5. Voltmeter dc

6. Ammeter ac
7. Multimeter
8. Solar power meter / pengukur radiasi matahari
9. Kalkulator
10. Stopwatch

IV. Langkah Kerja

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan
2. Hubungkan terminal panel surya dengan battery penyimpan.
3. Hubungkan battery penyimpan dengan panel distribusi
4. Atur posisi panel surya sesuai dengan posisi matahari
5. Hadapkan solar power meter pengukur radiasi dengan posisi dan sudut seperti panel surya
6. Catat waktu, radiasi matahari serta tegangan dan arus dari tiap tiap panel surya – baterai – beban, pada waktu yang bersamaan
7. Ukur arus beban dengan beberapa tahapan beban
8. Ukur tegangan pada terminal panel surya (tegangan input battery) dan tegangan output battery pada setiap pembebanan
9. Hitung drop tegangan yang terjadi
10. Hitung efisiensi pada setiap pembebanan

V. Evaluasi

1. Hitung daya dari panel surya, baterai dan beban dari hasil pengukuran dengan rumus $P = V \times I$, gunakan V_{rata2} dan I_{total} untuk panel surya.
2. Buat grafik daya panel surya terhadap daya pengisian baterai

3. Hitung berapa lama waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai
4. Hitung waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan baterai sampai dengan 20% kapasitas nominal
5. Buatlah analisa dan korelasi mengenai daya PV, kapasitas baterai dan daya yang digunakan?
6. Hitung kapasitas baterai ideal yang dibutuhkan untuk Wp panel surya terpasang
7. Hitung beban maksimum berdasarkan point 6.
8. Buatlah laporan dari hasil percobaan ini.

2. JOB SHEET MODUL DASAR ENERGI SURYA

	MODUL DASAR ENERGI SURYA	
<p>PENDAHULUAN</p> <p>Pada buku petunjuk percobaan ini disajikan langkah-langkah penggunaan perangkat latih Solar Energy Demonstrator secara sistematis dan jelas dalam melaksanakan praktek yang meliputi :</p> <ul style="list-style-type: none"> LE01001 Solar Cell Unit LE01002 Charge Control Unit LE01003 Batery LE01004 Inverter LE01005 Aplikasi Sistem 		

Setiap nomor percobaan terdiri atas beberapa komponen yang telah disusun sedemikian rupa sehingga mempermudah pemakai untuk melakukan persiapan, proses dan mengambil suatu pengertian.

Komponen-komponen yang dimaksud terdiri dari :

Nomor Percobaan

Menunjukkan urutan percobaan yang ada pada buku ini.

Judul Percobaan

Memberikan gambaran arah dan penekakan percobaan yang akan dilakukan

1. Tujuan Percobaan

Memberikan petunjuk tentang sasaran yang akan dicapai atau perubahan tingkah laku yang diharapkan setelah melaksanakan kegiatan percobaan

2. Pendahuluan

Memberikan suatu gambaran pengetahuan awal sebagai bekal untuk melakukan suatu percobaan agar tidak terjadi kesalahan dalam menerjemahan hasil percobaan.

3. Peralatan

Terdiri atas dua jenis yaitu :

Utama : yang berarti peralatan tersebut adalah kelengkapan yang menyertai pesawat latih.

Pendukung : yang berarti peralatan tersebut sebagai penunjang dalam praktek namun tidak menyertai pesawat latih (tambahan yang harus disiapkan sendiri).

Kedua jenis peralatan tersebut merupakan kelengkapan yang harus disiapkan untuk melaksanakan suatu kegiatan percobaan

4. Langkah Kerja

Merupakan petunjuk yang harus diikuti dalam proses melaksanakan suatu kegiatan praktek karena erat kaitannya dengan hasil yang akan dicapai.

5. Evaluasi

Memberikan suatu gambaran tentang hasil praktek yang telah dilakukan sekaligus merupakan kontrol apakah percobaan yang dilakukan sudah dimengerti atau tidak.

Disamping hal-hal di atas, buku ini juga menyertakan gambar rangkaian masing-masing modul yang menyertai pesawat latih. Hal ini berguna untuk membantu pemakai dalam

mempelajari komunikasi sistem digital lebih teknis serta berguna dalam hal perbaikan bila terjadi kerusakan pada pesawat latih Solar Energy Demonstrator ini.

SOLAR CELL UNIT

Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini diharapkan anda akan dapat :

1. Menjelaskan prinsip kerja *solar cell* / sel surya
2. Mengukur karakteristik tegangan dan arus sel surya

Pendahuluan

Pada saat ini energi listrik yang digunakan oleh manusia 90 % dihasilkan dari ketergantungan terhadap energi lain yang mengakibatkan biaya operasionalnya menjadi sangat tinggi dan pada saat proses pembuatannya mempunyai dampak lain baik positif maupun negatif terhadap lingkungan sekitar. Salah satu alternatif pemilihan sumber tenaga listrik yang mempunyai biaya operasional yang relatif murah dan pada saat ini sedang dikembangkan adalah sumber tenaga listrik yang mempergunakan energi surya dengan alasan teknis yaitu tidak berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar, di samping sumber energi utama sebagai bahan yang diproses tidak memerlukan biaya (gratis), meskipun investasi awal yang diperlukan cukup tinggi. Dengan demikian sel surya adalah salah satu upaya alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik yang menggunakan cahaya matahari sebagai bahan dasar utama.

Pada percobaan ini anda akan menyelidiki prinsip kerja dari sel surya dan mengukur karakteristik sel surya tersebut.

Peralatan

Utama : Modul Solar Cell PTE-029-01

Volt meter PTE-029-08

Ampere meter PTE-02907

Pendukung : Kain / Benda Penutup

Langkah Kerja

1. Siapkan peralatan yang diperlukan
2. Rangkaian peralatan seperti Gambar 1.



Gambar 1

3. Hadapkan sel surya tegak lurus terhadap sinar matahari
4. Tutup permukaan modul sel surya dengan selembar kain hitam sehingga menutupi seluruh permukaan modul, amati dan catat tegangan modul pada Tabel 1.1.
5. Buka kain penutup modul dengan keadaan sinar matahari terik amati dan catat tegangan keluaran modul pada Tabel 1.1.

6. Sekarang halangi modul sel surya dengan menggunakan kain hitam dengan jarak 30 cm ke permukaan modul (lihat Gambar 1.2). Amati dan catat tegangan keluaran modul Tabel 1.1.

7. Ulangi langkah 6 tetapi ubah jaraknya menjadi 60 cm. Amati dan catat keluaran tegangan modul pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1.

Keadaan Sel Surya	Tegangan keluaran (Volt)
Tetutup kain	
Tanpa penutup	
Tertutup kain dengan jarak 30 cm	
Tertutup kain dengan jarak 60 cm	

Lepaskan kain penutup, sehingga cahaya matahari mengenai permukaan modul secara penuh.

Evaluasi

1. Apa yang dapat disimpulkan dari percobaan di atas ?

2. Jelaskan fungsi sel surya?
3. Hitung daya maksimum sel surya?

Charge Control Unit

Tujuan

Setelah menjelaskan percobaan ini diharapkan anda akan dapat :

1. Menjelaskan prinsip kerja *Charge Control Unit*.
2. Mengukur karakteristik *Charge Control Unit*.

Pendahuluan

Besarnya sinar surya yang masuk ke dalam rangkaian *Solar Cell Unit* sangatlah mempengaruhi besar tegangan dan arus yang keluar pada terminal keluaran sel surya. *Charge Control Unit* berfungsi sebagai pembatas besarnya tegangan dan arus yang keluar dari terminal keluaran *Charge Control Unit* tersebut. Seperti diketahui bahwa keluaran dari *Charge Control Unit* ini kelak akan disambungkan kepada accumulator/baterai dengan fungsi untuk mengisi baterai (charging). Untuk itu tugas *Charge Control Unit* adalah sebagai kontrol besarnya tegangan dan arus yang masuk kedalam baterai tersebut, selain berfungsi sebagai pengaman apabila ada balik yang masuk dari baterai ke *Charge Control Unit*.

Pada percobaan ini akan diselidiki fungsi dari *Charge Control Unit*.

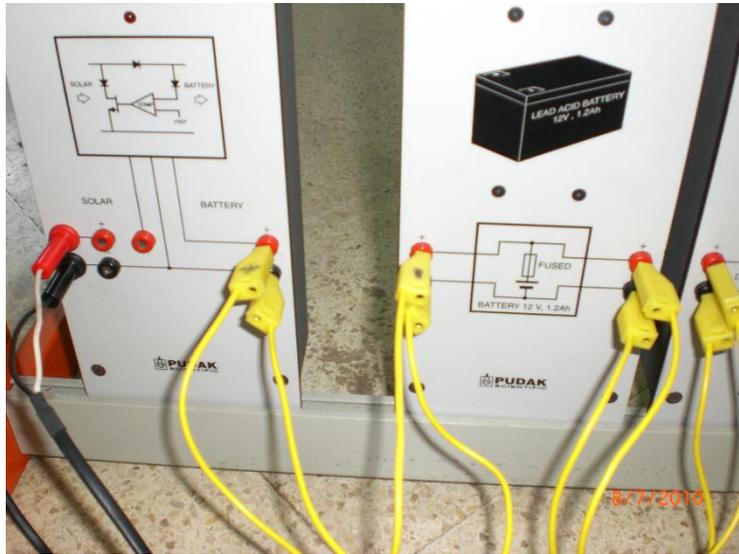
Peralatan

Utama : Modul *Solar Cell PTE—29-02*
Modul *Charger Control Unit PTE-029-02*
Modul Voltmeter PTE-029-08

Pendukung : Multimeter
Kain penutup

Langkah Kerja

1. Siapkan peralatan yang diperlukan
2. Rangkai peralatan seperti pada Gambar 2



Gambar 2

3. Tutup permukaan modul dengan kain hitam.
4. Amati dan catat kondisi LED, tegangan keluaran solar modul dan charger control unit pada Tabel 2.1.
5. Buka kain penutup perlahan-lahan sehingga seperdelapan permukaan modul sel surya terkena sinar matahari. Amati dan catat kondisi LED, tegangan keluaran sel surya dan *charger control unit* pada Tabel 2.1.
6. Ulangi langkah 5 untuk semua kondisi permukaan sel surya yang terkena sinar matahari mengikuti Tabel 2.1. Amati dan catat kondisi LED, tegangan keluaran sel surya dan *charger control unit* pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1.

Permukaan Sel Surya	Tegangan Keluaran Sel surya (Volt)	Tegangan keluaran Charger Control Unit (Volt)	Kondisi LED

Tertutup penuh			
Tersinari 1/8			
Tersinari 2/8			
Tersinari 3/8			
Tersinari 4/8			
Tersinari 5/8			
Tersinari 6/8			
Tersinari 7/8			
Tersinari penuh			

Evaluasi

1. Apakah fungsi utama dari *charger control unit* berdasarkan pengamatan anda ?
2. Berapa volt tegangan minimum yang keluar dari *charger control unit* berdasarkan pengamatan anda? $V_{min} = \dots\dots\dots V_{DC}$.
3. Berapa volt tegangan minimum yang keluar dari *charger control unit* berdasarkan pengamatan anda? $V_{maks} = \dots\dots\dots V_{DC}$.
4. Jelaskan fungsi kerja dari modul *charger control unit* berdasar pengamatan anda? Terangkan

BATTERY

Tujuan

Setelah menjelaskan percobaan ini diharapkan anda akan dapat :

1. Menjelaskan prinsip kerja *battery*/baterai
2. Mengukur karakteristik *battery*

Pendahuluan

Salah satu jenis sumber tenaga listrik DC yang dapat diisi kembali (rechargable) dan dikenal oleh masyarakat banyak adalah baterai accumulator kering. Baterai ini dapat diisi dengan besaran tegangan yang tetap dan besaran arus yang mengacu kepada waktu.

Contoh : kapasitas suatu baterai dituliskan 12 Volt, 500 mAH yang berarti bahwa kemampuan baterai tersebut adalah 12 Volt dengan arus sebesar 500 miliampere/jam. Sehingga arus yang terpakai sebesar 500 mA tersebut hanya dapat digunakan selama 1 Jam saja, di mana selebihnya spesifikasi tersebut di atas sudah tidak benar lagi. Demikian juga pada saat pengisian juga tergantung kepada lamanya waktu. Pada percobaan ini anda akan menyelidiki lamanya waktu pengisian hingga accu tersebut optimal sesuai dengan spesifikasi yang tertera.

Peralatan

Utama : Modul *Solar Cell* PTE—029-02
Modul *Charger Control Unit* PTE-029-02
Modul *Battery* PTE-029-08

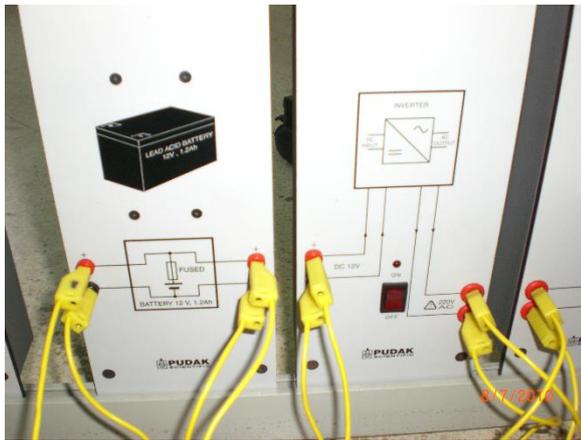
Pendukung : Multimeter
Kain penutup

Langkah Kerja

1. Baca spesifikasi baterai dan catat pada Tabel 3.1.

Spesifikasi Baterai	
Tegangan (Volt)	
Kapasitas Arus (Ah)	

2. Hubungkan baterai dengan lampu DC hingga lampu meredup
3. Rangkai peralatan seperti Gambar 3



Gambar 3

4. Sinar modul sel surya dengan sinar matahari yang kuat.
5. Amati dan catat tegangan baterai dan sel surya setiap 5 menit pada Tabel 3.2 hingga baterai penuh.

Tabel 3.2.

Waktu	Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan Sel Surya (Volt)
0 menit		

5 menit		
10 menit		
15 menit		
20 menit		
25 menit		
30 menit		

Evaluasi

1. Apakah fungsi utama dari baterai berdasarkan pengamatan anda?
2. Berapa tegangan minimum baterai ? $V_{min} = \dots\dots\dots V_{DC}$.
3. Berapa volt tegangan minimum yang keluar dari baterai berdasarkan pengamatan anda? $V_{maks} = \dots\dots\dots V_{DC}$.
4. Bandingkan tegangan baterai hasil pengukuran dengan tegangan pada spesifikasi baterai! Berbedakah ? Jelaskan !
3. Jelaskan fungsi kerja dari modul *charger control* unit berdasarkan pengamatan anda? Terangkan

INVERTER

Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini diharapkan anda akan dapat:

1. Menjelaskan prinsip kerja *Inverter*.
2. Mengukur karakteristik *Inverter*.

Pendahuluan

Salah satu cara untuk membangkitkan sumber tenaga listrik AC adalah dengan menggunakan sumber tenaga listrik DC yang berasal dari *battery* dan dikenal dengan nama *Inverter*. *Inverter* yang ada dihadapkan anda adalah *inverter* yang dibangkitkan dengan tegangan input DC 12 V dan akan menghasilkan tegangan output AC sebesar 220 V_{AC}, hal mana sama dengan tegangan yang dipakai untuk keperluan rumah tangga secara umum. Adapun kapasitas maksimum dari *inverter* ini adalah 150 Watt. Kemampuan maksimum ini akan menjadi berkurang apabila tegangan sumber DC juga berkurang.

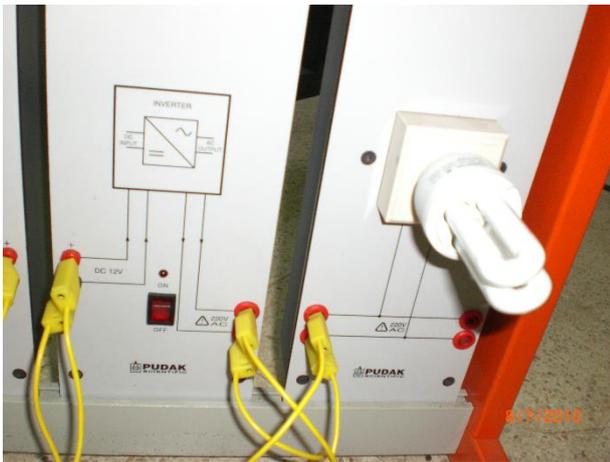
Peralatan

Utama : Modul *Solar Cell*—029-01
Modul *Charger Control Unit* PTE-029-02
Modul *Battery* PTE-029-03
Modul *Inverter* PTE-029-04

Pendukung : Multimeter
Kain penutup

Langkah Kerja

1. Siapkan peralatan yang diperlukan!
2. Rangkai peralatan seperti Gambar 4



Gambar 4

3. Siapkan *multimeter* untuk pengukuran tegangan AC
4. Sinari modul sel surya dengan sinar matahari yang kuat.
5. Nyalakan *inverter*, amati dan catat pada Tabel 4.1 tegangan pada keluaran baterai dan *inverter*
6. Matikan *inverter*, kemudian pasang lampu AC pada terminal keluaran *inverter*, seperti Gambar 5



Gambar 5

7. Nyalakan *inverter*, amati dan catat pada Tabel 4.2 tegangan keluaran baterai dan tegangan keluaran *inverter*.
8. Lepaskan kabel penghubung sel surya dengan *Charge Control Unit*.

Tabel 4.1

No.	Titik Pengukuran	Tanpa Lampu	Dengan Lampu
1	Keluaran baterai		
2	Keluaran <i>Inverter</i>		

9. Tunggu hingga buzzer pada *inverter* berbunyi.
10. Saat buzzer berbunyi, segera amati dan catat tegangan baterai pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2.

Kondisi Buzzer	Tegangan Baterai (volt)
Bunyi	

Evaluasi

1. Apakah fungsi utama dari *inverter* berdasarkan pengamatan anda?
2. Berapa tegangan minimum baterai agar *inverter* dapat bekerja?
3. Berapa volt tegangan maksimum yang keluar dari baterai dan *inverter* berdasarkan pengamatan anda?
4. Jelaskan pengaruh investasi cahaya matahari terhadap tegangan keluaran *inverter*.

Aplikasi Sistem

Tujuan

Setelah melaksanakan percobaan ini diharapkan anda akan dapat:

1. Menganalisa sistem pembangkitan listrik tenaga surya.
2. Memasang instalasi pembangkitan listrik sistem tenaga surya.

Pendahuluan

Pada bahasan ini anda akan melaksanakan percobaan dalam penggunaan sistem Instalasi pembangkitan listrik dengan menggunakan tenaga surya hingga memperoleh tegangan DC dan AC dan bagaimana menerapkan tegangan DC dan AC tersebut pada beban yang akan dipasang.

Peralatan

Utama : Modul *Solar Cell*—029-01
Modul *Charger Control Unit* PTE-029-02
Modul *Battery* PTE-029-03
Modul *Inverter* PTE-029-04
Modul *DC Lamp* PTE-029-05
Modul *AC Lamp* PTE-029-06
Modul *Amperemeter* PTE-029-07
Modul *Voltmeter* PTE-029-08

Lampu DC 25W

Lampu AC 10W

Pendukung : Multimeter

Lampu AC 40W

Langkah Kerja

1. Siapkan peralatan yang diperlukan!
2. Rangkai peralatan seperti Gambar 6



Gambar 6

3. Jelaskan peralatan hingga baterai terisi penuh (LED indikator pada *charge control unit* menyala)
4. Selama menunggu baterai terisi penuh, hitung daya maksimum baterai.
5. Setelah baterai terisi penuh, pasang lampu DC pada keluaran baterai seperti Gambar 6.
6. Amati dan catat tegangan dan arus lampu pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1.

Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)

7. Lepaskan kabel penghubung yang menghubungkan baterai dengan ampere meter.
8. Isi kembali baterai hingga penuh.
9. Setelah baterai terisi penuh, rangkai peralatan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7.

10. Nyalakan *Inverter*.
11. Amati dan catat arus dan tegangan lampu AC dan arus baterai pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2

Beban	Arus Baterai (Ampere)	Arus Lampu AC (Ampere)	Tegangan Lampu AC (Volt)
1			

2			

12. Matikan *Inverter*
13. Ganti lampu AC dengan daya yang besar
14. Nyalakan *Inverter*
15. Amati dan catat arus dan tegangan lampu AC dan arus baterai pada Tabel 5.2.
16. Matikan *Inverter*.

I. Evaluasi

1. Berapa lama lampu DC akan menyala jika kita menggunakan baterai dengan kapasitas yang sama dengan kapasitas baterai yang kita gunakan pada percobaan ini?
2. Berapa lama lampu AC akan menyala jika kita menggunakan baterai dengan kapasitas yang sama dengan kapasitas baterai yang kita gunakan pada percobaan ini?
3. Jika kita memiliki lampu 12V, 15 Watt dan ingin menyala selama 6 jam, baterai dengan kapasitas berapa yang kita butuhkan?
4. Jika baterai 12V, 1.2Ah yang kita gunakan, berapa banyak baterai yang diperlukan?

5. JOB SHEET PEMASANGAN DAN PENGOPERASIAN SHS 3 LAMPU DC



**Pemasangan Dan
pengoperasian SHS 3
Lampu DC**



I. Tujuan Pembelajaran

- a. Peserta diklat dapat memasang SHS dengan beban 3 Lampu.

- b. Peserta diklat dapat mengoperasikan SHS 3 lampu Neon.

II. Materi Singkat

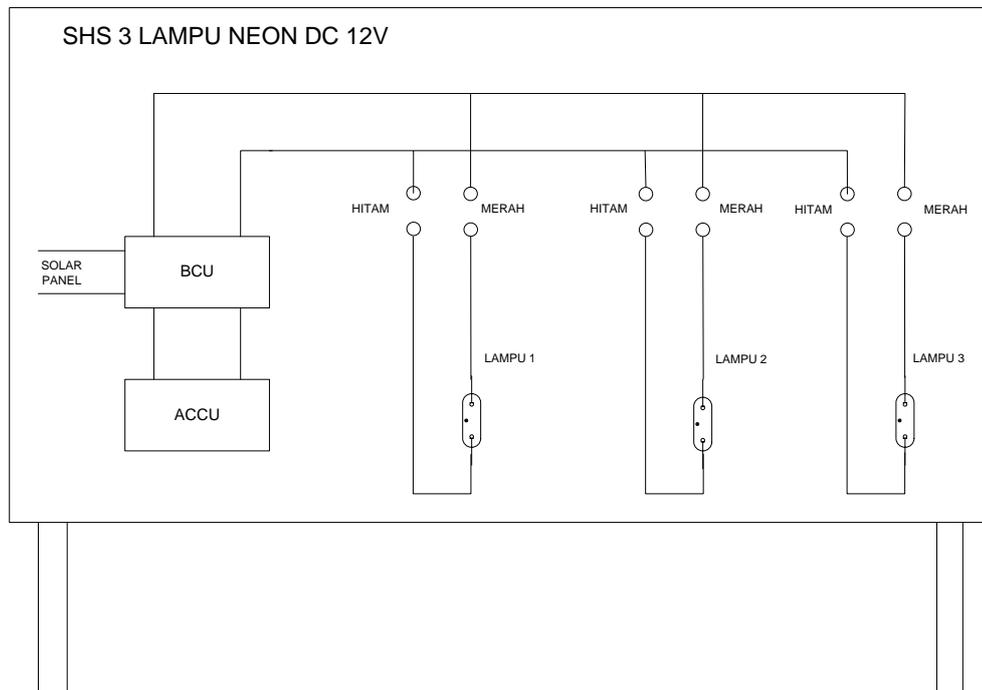
Solar House Sistem ini terdiri dari Panel Surya, Baterai Control Unit dan Beban 3 Lampu Neon DC 12V. Panel menghasilkan tegangan DC yang langsung diisikan ke Akumulator. Untuk pengisiannya menggunakan BCU (Baterai Control Unit). Pada BCU terdapat indikator baterai dan Saklar untuk tiga lampu. Indikator mampu memberikan informasi mengenai level batterai, 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 3. 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

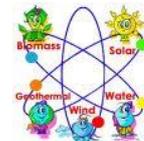
V. Evaluasi

- 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 tabel kelebihan dan kekurangan masing-masing?

6. JOB SHEET PEMASANGAN DAN PENGOPERASIAN ADJUSTABLE SHS



Pemasangan Dan pengoperasian Adjustable SHS



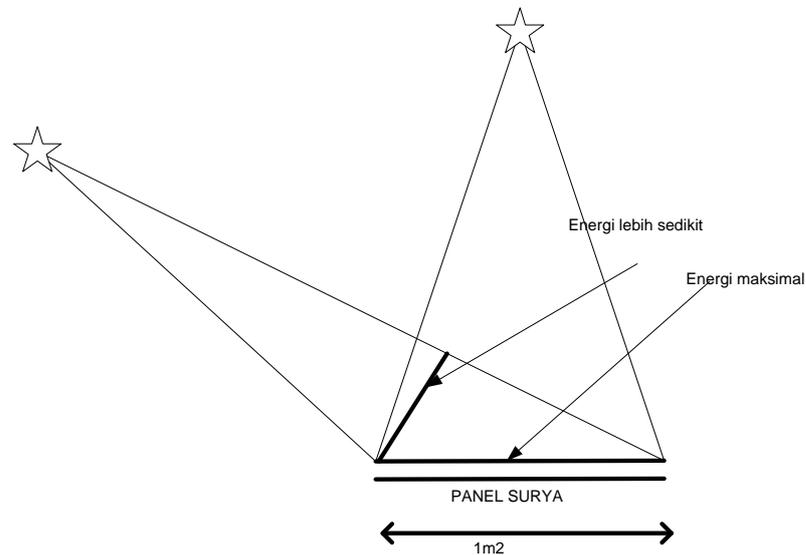
I. Tujuan Pembelajaran

- 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

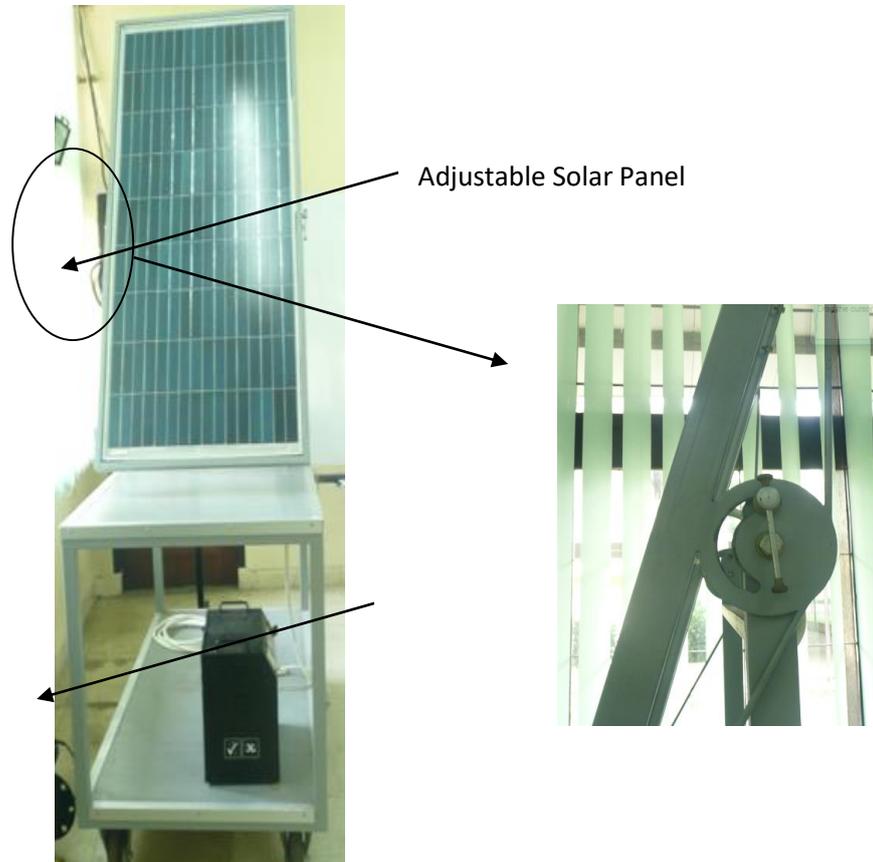
Untuk mendapatkan daya maksimal diusahakan pemasangan panel surya harus tegak lurus dengan cahaya yang datang. Untuk memperoleh keadaan perlu adanya control dari pemutar panel surya. Kontrol ini dapat secara otomatis maupun manual. Untuk pemasangan fixed bisanya menghadap ke utara atau ke selatan atau 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 System 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° hingga 325° . 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

- 1) Panel Surya dapat disetel
- 2) Mini Generator Set
- 3) Beban Berupa Temperatur dan Frekuensi Counter
- 4) 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

- a. Dapatkah kita menggunakan beban DC dari mini generator set?
- b. Dari hasil percobaan kondisi mana yang menghasilkan daya max?
- c. Dari percobaan apa pengaruh sudut terhadap daya output?
- d. Adakah formula/ persamaan antara sudut dengan daya yang dihasilkan?

7. JOB SHEET MENGENAI SISTEM PLTS UNTUK POMPA AIR

Tugas Mengkaji sistem PLTS untuk pompa air

1. Tujuan

Tugas ini diberikan untuk mengetahui sejauhmana pemahaman siswa terhadap:

- 1) aplikasi PLTS
- 2) Spesifikasi komponen sistem
- 3) Karakteristik operasional sistem

2. Kondisi

Diberikan satu unit sistem PLTS yang digunakan untuk menjalankan pompa air. Serta perangkat alat ukur.

3. Tahapan pelaksanaan tugas

- a. Identifikasi komponen komponen yang terpasang pada system.
- b. Gambarkan susunan rangkaian system PLTS untuk pompa air
- c. Identifikasi karakteristik dan spesifikasi pompa air.
- d. Analisis/ kaji kebutuhan baterey. 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

....., Mei 2015

**Mengetahui,
Instruktur**

Petugas,

Nama

Nama

8. JOB SHEET PLTS SISTEM TERPUSAT



Job Sheet PLTS Sistem Terpusat



I. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini siswa dapat :

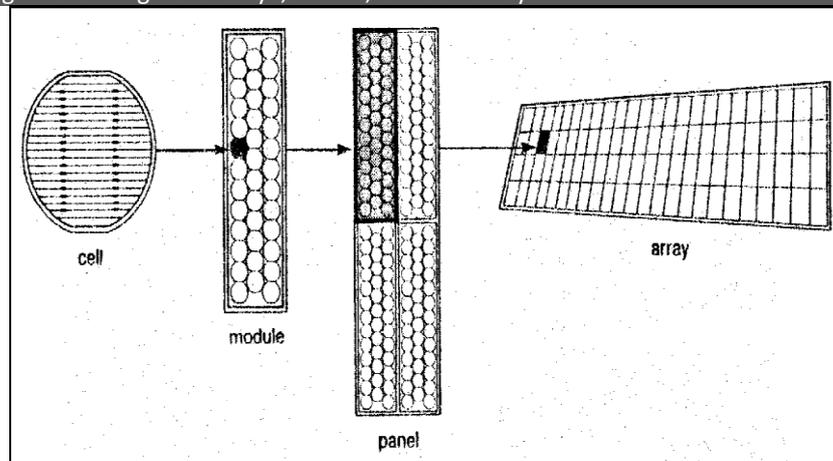
- Mengidentifikasi Komponen/peralatan yang terdapat pada sistem Terpusat berdasarkan masing-masing fungsi Komponen/peralatan dan pengoperasiannya sesuai dengan spesifikasi standar perusahaan dan atau standar pabrikan.
- Memastikan bahwa seluruh komponen sistem PLTS siap untuk dioperasikan sesuai dengan spesifikasi standar perusahaan/pabrikan.
- Dapat menyusun komponen/peralatan guna mendapatkan sumber listrik untuk berbagai keperluan.

II. Materi Pelajaran

1. 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 150 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



2. 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.

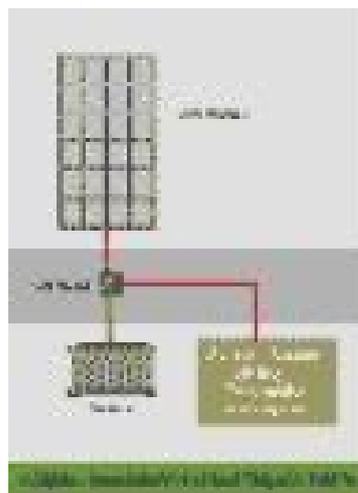
Gambar 2. Power Conditioner JH40EK



3. Controller

Kontroler sering disebut dengan berbagai nama seperti *Charge Regulator*, BCU dan sebagainya. Berfungsi mengatur lalu lintas listrik dari modul Surya ke batere, apabila batere/accu sudah penuh maka listrik tidak akan diteruskan ke batere/accu dan sebaliknya. Kemudian dari batere ke beban (apabila listrik dalam accu tinggal 20 – 30 %, maka listrik ke beban otomatis dimatikan.

Gambar 3 Pemasangan BCU



Versi Standar seperti tampak dalam gambar ini dilengkapi dengan fungsi-fungsi untuk melindungi batteray/accu dengan proteksi-proteksi berikut :

a. LVD (*Low Voltage Disconnect*)

Apabila tegangan dalam batteray rendah ~11,2 VDC, maka untuk sementara beban tidak dapat dinyalakan. Apabila trngangan batteray 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 batteray/accu sudah penuh, listrik dari panel surya akan dihubungkan kembali ke batteray hanya apabila tegangan batteray 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.

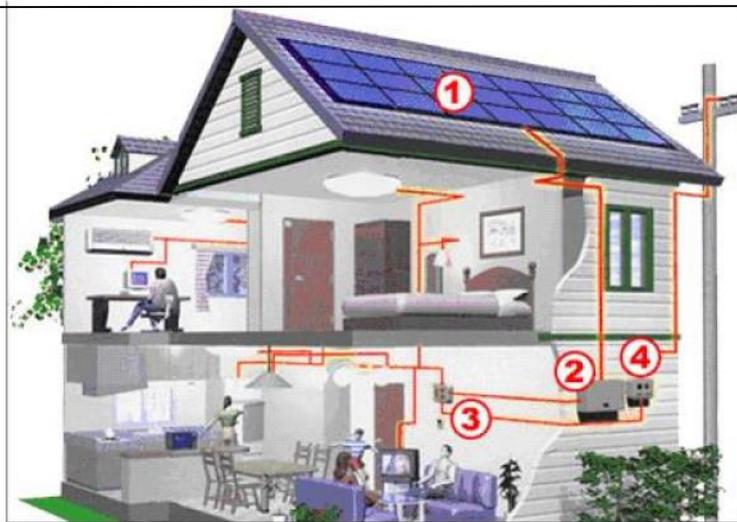
f. *PV Voltage Spike*

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.

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.

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.

Gambar 5. Macam-macam batteray



a) Batteray Starter

b) Batteray Deep Cycle

III. Alat bahan

1. Satu set trainer Sistem Terpusat seperti gambar di bawah

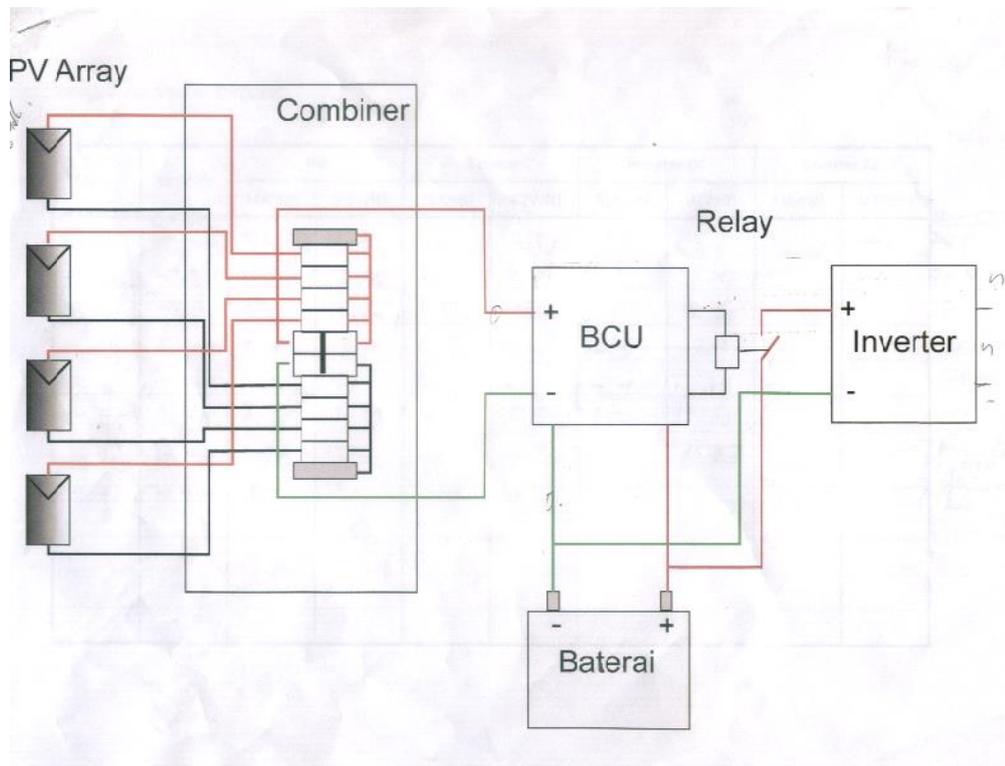


Kabel-Kabel dan Jumper berbagai warna (Hitam, Merah dan Kuning) sebagai penyambung antar komponen.

IV. Tugas

Sebagai seorang guru/teknisi 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.



PERCOBAAN

Pengukuran Karakteristik Modul Surya

Tujuan

- 1) Mengetahui prinsip kerja modul surya
- 2) Mengetahui pengaruh radiasi matahari terhadap keluaran modul surya
- 3) Membandingkan karakteristik modul surya dengan jenis yang berbeda peralatan
- 4) Modul surya monocrystalline, polychristalline dan amorphous
- 5) 3 buah Volt meter untuk masing masing modul surya (pada panel)
- 6) 3 buah Ampermeter untuk masing masing modul surya (pada panel)
- 7) 1 buah solar power meter / pengukur radiasi matahari
- 8) 1 buah jam
- 9) 3 buah kalkulator

Langkah percobaan

- 1) Siapkan peralatan yang dibutuhkan
- 2) Hadapkan solar power generator ke arah sinar matahari
- 3) Hadapkan solar power meter pengukur radiasi dengan posisi dan sudut seperti panel surya
- 4) Catat waktu, radiasi matahari, tegangan, dan arus dari tiap modul surya pada waktu yang bersamaan
- 5) Ulangi langkah 4 setiap 15 menit







IV. Evaluasi

1. Hitung daya dari masing masing pengukuran dengan rumus $P = V \times I$
2. Gambarkan grafik arus solar modul terhadap radiasi matahari untuk masing masing jenis solar sel
3. Gambarkan grafik tegangan terhadap arus untuk masing masing jenis solar sel dan gambarkan daya outputnya pada grafik yang sama
3. Hitung efisiensi masing masing modul surya dengan rumus berikut :
 $P_{input} = \text{Radiasi (W/m}^2) \times \text{Luas panel (m}^2)$
 $P_{pv} = V_{pv} \text{ (volt)} \times I_{pv} \text{ (ampere)}$

$$\eta_{PV} = \frac{P_{PV}}{P_{input}} \times 100\%$$

8. JOBSHEET PENGUKURAN KARAKTERISTIK MODUL SURYA

	<p>Pengukuran Karakteristik Modul Surya</p>	
---	--	--

I. Tujuan Pembelajaran

1. Mengetahui prinsip kerja modul surya
2. Mengetahui pengaruh radiasi matahari terhadap keluaran modul surya
3. Membandingkan karakteristik modul surya dengan jenis yang berbeda

II. Materi Singkat

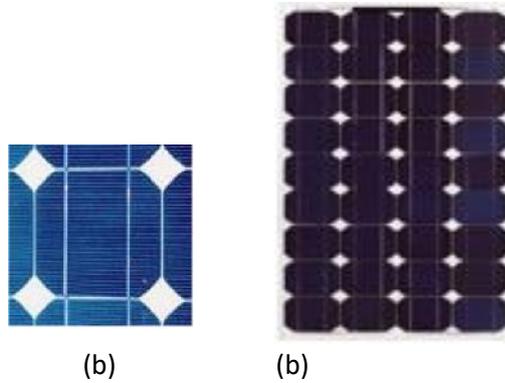
II.1 Modul sel surya

Secara harfiah “photovoltaic” mempunyai arti Cahaya-Listrik, dan itu yang dilakukan Sel Surya yaitu merubah energi cahaya menjadi listrik, penemunya Edmond Becquerel dan kawan-kawan pada abad ke 18 .

II.1.1 Generasi pertama Kristal (Single Crystal/Mono Crystal)

Konfigurasi normal untuk Sel Fotovoltaik terdiri *p-n Junction* Mono Kristal Silikon material mempunyai kemurnian yang tinggi yaitu 99,999%. Ditumbuhkan dengan sistem yang paling terkenal Metode Czochralski dapat dilihat di gambar.2, hasil berbentuk silinder dengan panjang 12cm, diameter tertentu 2 – 5inch, alat pemotong yang terbaru adalah gergaji yang mampu memotong dua sisi sekaligus dengan kapasitas 4000 wafer per-jam. Efisiensi sel surya jenis Single Kristal Silikon mempunyai efisiensi konversi yang cukup tinggi yaitu sekitar 16% -17%.

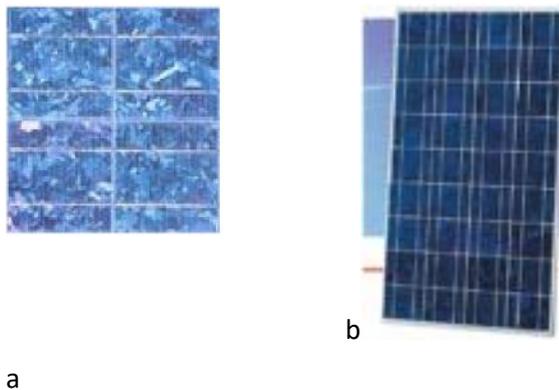
Gambar 1 | : (a) Sel surya Single Kristal; (b) modul surya single Kristal



II.1.2 Generasi Kedua Kristal (Polikristal)

Material Mono Kristal harga per kilogram masih mahal, untuk menurunkan harga material, dikembangkan material lain yang disebut Polikristal. Pembuatan wafer dengan material ini menggunakan Metode Casting, kemudian dipotong dengan ukuran 40 x 40 cm². Efisiensi modul fotovoltaik polikristal yang komersial mencapai 12% s/d 14%.

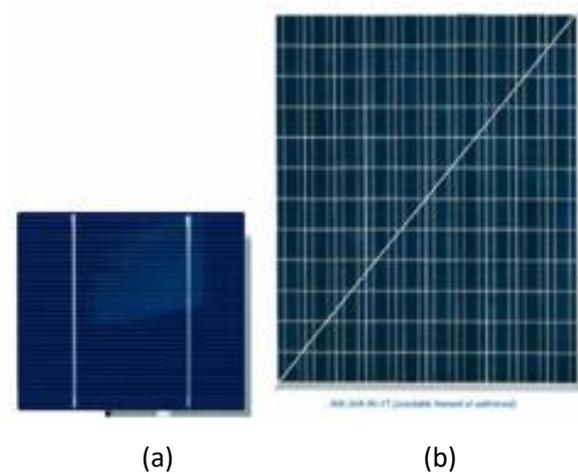
Gambar 2. | (a) Sel Surya Polikristal; (b) Modul Surya Polikristal



II.1.3 Generasi Ketiga, EFG the Edge Defined Film Growth Ribbon

Proses ini menumbuhkan wafer Mono Kristal seperti pita langsung dari cairan silikon dengan menggunakan pita kapiler, dapat menghasilkan dengan lebar 5–10cm. Pada proses ini penumbuhan terjadi 5 m/menit dengan ketebalan 250–350 mikrometer, dengan efisiensi 13%.

Gambar 3. | (a) Modul dan (b) Sel Surya Jenis Polikristal dengan Metoda EFG



Generasi ke Empat (Thin Film)

Generasi ke-empat Lapisan Tipis atau Thin Film, mempunyai ketebalan sekitar 10mm di atas substrat kaca/steel (baja) atau disebut advanced sel fotovoltaik.

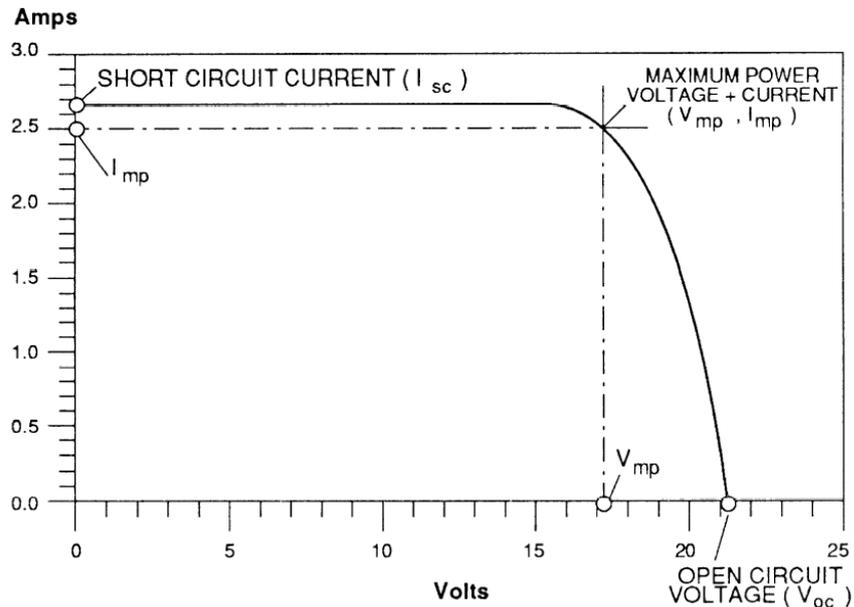
Gambar 4. | Amorphous Silicon dengan Heterojunction dengan Stack atau Tandem Sel



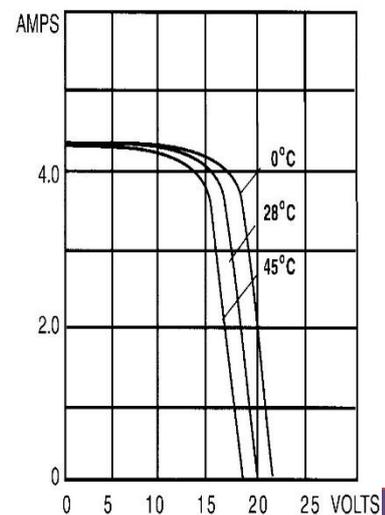
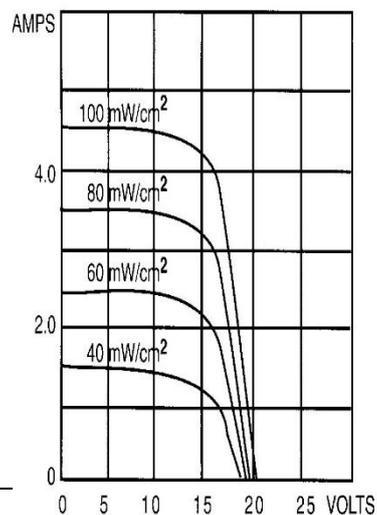
Tipe yang paling maju saat ini adalah Amorphous Silicon dengan Heterojunction dengan *stack* atau tandem sel. Efisiensi Sel Amorphous Silicon berkisar 6%- 9%.

Karakteristik modul surya

Kinerja modul surya digambarkan dengan karakteristik kurva I-V atau kurva arus listrik (I) terhadap tegangan (V)



- Arus hubung singkat (I_{sc}) (2.5A) terjadi saat tegangan sama dengan nol, dan tegangan terbuka (V_{oc}) terjadi pada saat arus listrik sama dengan nol.
- Daya maksimum yang dihasilkan terjadi pada lutut kurva. $P = I_{maks} \times V_{maks}$
- besaran daya listrik dari modul surya terletak pada semua titik sepanjang kurva dengan satuan watt yang didapatkan dengan cara mengalikan tegangan dan arus listrik ($P = V \times I$)
- pada titik V_{oc} arus listrik sama dengan nol karena tidak ada arus yang mengalir



Pengaruh radiasi dan temperatur sel surya terhadap keluaran listrik di tunjukan pada grafik diatas. Standar Kurva I-V suatu modul surya dibuat pada kondisi Intensitas Cahaya 1000 W/m^2 dan Temperature Modul Surya 25°Celcius

III. Alat/Bahan

1. Modul surya monocrystalline, polychristalline dan amorphous
2. 3 buah Volt meter untuk masing masing modul surya (pada panel)
3. 3 buah Ampermeter untuk masing masing modul surya (pada panel)
4. 1 buah solar power meter / pengukur radiasi matahari
5. 1 buah jam
6. 3 buah kalkulator

IV. Langkah Kerja

- a. Siapkan peralatan yang dibutuhkan
- b. Hadapkan solar power generator ke arah sinar matahari
- c. Hadapkan solar power meter pengukur radiasi dengan posisi dan sudut seperti panel surya
- d. Catat waktu, radiasi matahari, tegangan, dan arus dari tiap tiap modul surya pada waktu yang bersamaan
- e. Ulangi langkah 4 setiap 15 menit

V. Evaluasi

1. Hitung daya dari masing masing pengukuran dengan rumus $P = V \times I$
2. Gambarkan grafik arus solar modul terhadap radiasi matahari untuk masing masing jenis solar sel
3. Gambarkan grafik tegangan terhadap arus untuk masing masing jenis solar sel dan gambarkan daya outputnya pada grafik yang sama

4. Hitung efisiensi masing masing modul surya dengan rumus berikut :

Pinput = Radiasi (W/m2) x Luas panel (m2)

Ppv = Vpv (volt) x Ipv (ampere)

$$\eta_{PV} = \frac{P_{PV}}{P_{input}} \times 100\%$$

Tabel pengukuran karakteristik modul surya

Jenis Modul : Monocrystalline

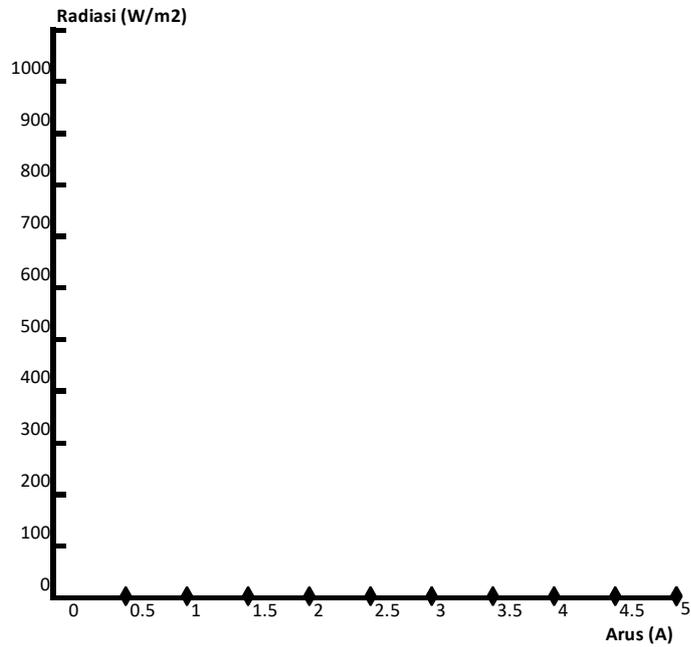
NO	JAM	RADIASI	ARUS	TEGANGAN	DAYA
	<i>hh:mm</i>	<i>W/m2</i>	<i>Ampere</i>	<i>Volt</i>	<i>Watt</i>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Jenis Modul : Polycrystalline

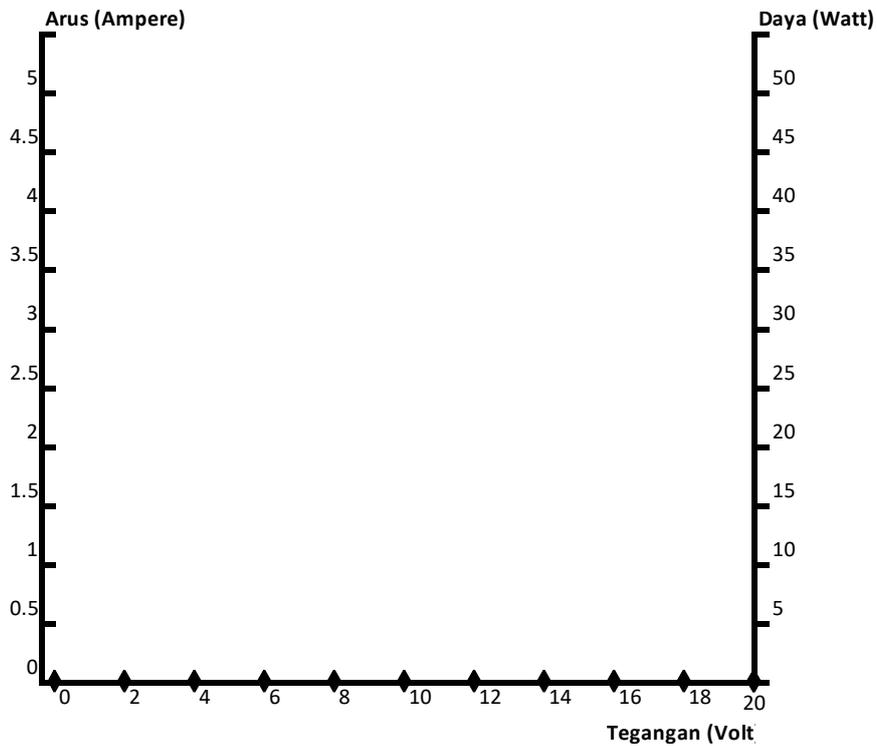
Jenis Modul : Amorphous

NO	JAM	RADIASI	ARUS	TEGANGAN	DAYA
	<i>hh:mm</i>	<i>W/m²</i>	<i>Ampere</i>	<i>Volt</i>	<i>Watt</i>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Grafik arus panel surya terhadap radiasi matahari



Grafik tegangan terhadap arus dan daya modul surya



Check list Pemeliharaan komponen system PLTS

VI. Tujuan Aktifitas Pembelajaran

1. Memahami teknik pemeliharaan komponen PLTS
2. Mengidentifikasi keadaan operasi normal PLTS
3. Menentukan titik-titik kritis dalam operasional PLTS
4. Menentukan aspek-aspek yang diperlukan pada pemeliharaan Panel Surya
5. Menentukan aspek-aspek yang diperlukan dalam pemeliharaan battery
6. Menentukan aspek-aspek yang diperlukan dalam pemeliharaan controller
7. Menentukan aspek-aspek yang diperlukan dalam pemeliharaan instalasi kelistrikan
8. Melakukan Check list pemeliharaan komponen system PLTS

VII. Materi Singkat

Pemeliharaan komponen system PLTS

Kesinambungan pelayanan system PLTS sangat tergantung pada kinerja komponen system . Oleh sebab itu diperlukan system pemeliharaan komponen PLTS meliputi: Pemeliharaan panel surya, pemeliharaan battery, pemeliharaan controller, pemeliharaan instalasi kelistrikan.

- i. Pemeliharaan panel surya ditujukan kepada pemeliharaan pencegahan terhadap:
 1. Adanya arus balik dari battery ke modul surya (pengecekan terhadap isolation diodes).
 2. Terjadinya efek bayangan (shading effect).
 3. Terjadinya efek hotspot
- ii. Pemeliharaan battery ditujukan kepada pemeliharaan pencegahan terhadap:

1. Matching/penyesuaian charger dengan kebutuhan battery
 2. Menghindarkan underdischarge dan overcharge pada battery
 3. Menjaga agar elektrolit berada pada level yang tepat
 4. Menjaga kebersihan battery
 5. Menghindari kondisi overheating
 6. Melakukan ekualisasi secara periodic terhadap battery/ sel yang lemah
- iii. Pemeliharaan control pengisian battery ditujukan kepada pemeriksaan terhadap fungsi:
1. Pengontrolan Overcharge
 2. Pengontrolan Underdischarge
 3. Pengontrolan Beban berlebihan dan hubung singkat
 4. Pengontrolan Polaritas terbalik
- iv. Pemeliharaan inverter ditujukan kepada pemeliharaan pemeriksaan terhadap fungsi operasional inverter secara normal yaitu:
1. Merubah tegangan output battery menjadi tegangan 220 volt dengan frekuensi 50 Hz.
 2. Sebagai ballast lampu TL/ Fluorecent dengan tegangan output ac bervariasi antara 45 s.d 70 Vac.
 3. Tidak ada intervensi gelombang radio AM Broadcast.
- v. Pemeliharaan instalasi listrik ditujukan kepada pemeliharaan kabel dan komponen-komponen instalasi:
1. Isolasi kabel
 2. Sambungan kabel
 3. Drop tegangan pada penghasntar
 4. Pemeriksaan terhadap tahanan pentanahan (grounding)

VIII. Alat/Bahan Check list Pemeliharaan komponen system PLTS

Bahan / Komponen yang diperlukan :

1. 1 Unit trainer aplikasi PLTS
2. Tang ampere
3. Multimeter
4. Insulation Tester
5. Earth Tester
6. Oscilloscope
7. Solar power meter / pengukur radiasi matahari
8. Stopwatch
9. Thermometer
10. Frekuensi Modulation Tester

IX. Langkah Kerja

a. Pengecekan pada saat system PLTS tidak beroperasi

1. Siapkan trainer PLTS
2. Siapkan alat uji yang dibutuhkan
3. Periksa komponen system PLTS dalam keadaan tidak beroperasi

b. Pengecekan pada saat system PLTS saat beroperasi

1. Siapkan trainer PLTS
2. Siapkan alat uji yang dibutuhkan
3. Hubungkan komponen system PLTS (system dalam keadaan beroperasi)
4. Lakukan pengecekan terhadap kinerja setiap komponen
5. Lakukan pengecekan terhadap kinerja system PLTS

X. Evaluasi

1. Laporan hasil pemeriksaan
2. Presentasi hasil

E. Rangkuman

Ruang lingkup aplikasi off-grid pada umumnya dapat dibagi menjadi tiga penerapan umum :

- Penyediaan listrik perdesaan
- Pompa air dan penyediaan air bersih perdesaan
- Aplikasi produktif, seperti: telekomunikasi dan telpon perdesaan

SESF untuk penerangan yang paling sederhana adalah sistem pembangkit individual yang umum disebut Solar Home System (SHS). SESF dapat juga untuk mencatu daya sistem pompa air, terutama bagi daerah-daerah yang sulit untuk mendapatkan air, serta tidak terdapat jaringan listrik.

Sistem energi surya fotovoltaik terpusat dipasang di daerah terpencil dengan pola penyebaran rumah yang terkumpul atau jumlah rumah untuk setiap km² nya cukup banyak.

Sistem pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) adalah suatu sistem pembangkit listrik dengan menggunakan beberapa sumber energi, seperti misalnya sumber energi matahari dengan diesel, sumber energi matahari-angin-mikrohidro.

Kelebihan-kelebihan sistem hibrid PV-genset adalah sebagai berikut:

- Daya listrik tersedia sesuai dengan kebutuhan.
- Secara teknis handal.
- Layanan purna jual relatif mudah diperoleh.
- Biaya Investasi (Rp/kW) relatif murah.

Sistem energi surya fotovoltaik on-grid, menghubungkan sistem energi alternatif tersebut dengan jaringan PLN.

Perencanaan sistem fotovoltaik, faktor yang penting adalah bagaimana menentukan jenis komponen yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan beban, lokasi dimana sistem akan ditempatkan, kondisi lingkungan serta batasan-batasan lain yang perlu diperhatikan.

Pada umumnya komponen-komponen dalam sistem Fotovoltaik terdiri dari:

- Modul PV
- Baterai
- Alat pengatur baterai (BCR)
- Inverter (jika terdapat beban ac)
- Asesoris

Perancangan SESF memerlukan perangkat lunak pendukung dikategorikan menjadi:

1. *Pre-feasibility tools*, contohnya RETScreen
2. *Sizing tools*, contohnya HOMER dan PVSyst
3. *Simulation tools*, contohnya INSEL

F. Tes Formatif

1. Sebutkan dan jelaskan beberapa kelebihan hibrid PV-genset ?
2. Sebutkan beberapa faktor pertimbangan dalam pemasangan modul surya dengan memanfaatkan area atap rumah?
3. Sebutkan komponen dalam sistem Fotovoltaik?
4. Sebutkan langkah-langkah dalam mendisain sistem fotovoltaik?
5. Sebutkan persyaratan teknis BCR dalam pemakaian Solar Home System (SHS) ?

G. Kunci Jawaban

1. Daya listrik tersedia sesuai dengan kebutuhan, secara teknis handal, ...
2. Beberapa faktor pertimbangan : suhu lingkungan, konstruksi bangunan dan sudut penyinaran matahari,...
3. Komponen-komponen dalam sistem Fotovoltaik: modul PV, baterai, alat pengatur baterai (BCR), inverter, assesori, ...
4. Menentukan jenis beban, survei lokasi, menghitung kapasitas panel surya,
5. Kapasitas maksimum input dan output, mempunyai tegangan batas bawah, mempunyai proteksi hubung singkat,

BAB III

PENUTUP

Uji Kompetensi

1. Mengapa rata-rata sistem pompa air tenaga surya di Indonesia menggunakan pompa air rendam (*submersible pump*)?
Untuk mengantisipasi sumber-sumber air yang berada jauh dibawah permukaan tanah.
2. Apa kegunaan lapisan galvanis pada penyangga modul surya?
3. Kelengkapan proteksi apa saja dari inverter untuk sistem pompa air tenaga surya, yang dapat meningkatkan kehandalan dalam operasi daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh operator?
4. Parameter apa yang menjadi acuan dalam menentukan jumlah modul surya dalam susunan paralel pada system pompa air tenaga surya?
5. Sebutkan 4 komponen pendukung utama dalam sistem pompa air tenaga surya!
6. Mengapa panjang kabel dari modul ke BCU serta dari BCU ke baterai diusahakan sependek mungkin?
7. Jelaskan cara menentukan peletakan modul surya pada SHS!
8. Bagaimana pemasangan ujung kabel yang baik pada tiap terminal? Mengapa?
9. Berikan penjelasan anda alasan mengapa dalam sistem pompa air tenaga surya dipilih motor listrik AC tiga fasa?
10. Sebutkan kategori pekerjaan mekanikal pada instalasi sistem PLTS terpusat!
11. Berapa baterai lead-acid 2V/1500Ah yang dibutuhkan jika diinginkan sistem tegangan 48V dengan kapasitas 3000Ah? Bagaimana rangkaiannya?
12. Bagaimana standar keselamatan dalam pekerjaan menggunakan peralatan mekanikal dalam instalasi sistem tenaga surya seperti obeng, tang dan kunci pas?

13. Setelah pekerjaan pemasangan dan instalasi selesai, biasanya dilakukan pengetesan. Sebelum pengetesan dilakukan, bagaimana kondisi standar prosedur seperti MCB, sekring, dan berbagai saklar?
14. Pentanahan utama apa saja yang pada sistem PLTS terpusat?

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- 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	:	Deutsche 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	:	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
BCR	:	Batterai Control Regulator
PWM	:	Pulsa Width Modulation
PV	:	Photo Voltaic
AC	:	Alternating current atau arus bolak-balik
Accu Zuur	:	Larutan asam atau larutan elektrolit yang ada di dalam batere
Ah	:	Ampere-hour, satuan kapasitas baterai
Ampere	:	satuan arus listrik
Battery-coupling	:	Tipe sistem tenaga surya yang menggunakan baterai sebagai penyimpan energi
BCU	:	<i>Battery Control Unit</i> , adalah perangkat pengontrol proses charge dan discharge baterai
Debit air	:	Volume air (m ³) yang mengalir per satuan waktu
Direct-coupling	:	Tipe sistem tenaga surya yang langsung menyuplai beban tanpa menggunakan baterai

Inverter	:	Merupakan konverter yang mengubah input DC menjadi output AC
Lead-Acid battery	:	Jenis baterai yang terdiri dari kombinasi timbal dan asam
LED	:	<i>Light Emitting Diode</i> , biasanya digunakan sebagai lampu indikator pada perangkat seperti BCU dan inverter
Over charge	:	Proses pengisian baterai yang berlebih
Over discharge	:	Proses pengosongan baterai yang berlebih
PV Array	:	Rangkaian seri/parallel beberapa modul surya
PV Junction Box	:	Kotak di bagian belakang modul surya
PV Combiner Box	:	Kotak yang menggabungkan koneksi seluruh PV Array
SHS	:	<i>Solar Home System</i> , adalah sistem suplai listrik menggunakan energi surya yang dikhususkan bagi kebutuhan minimum rumah penduduk di daerah terpencil
Volt	:	Satuan tegangan listrik
Watt	:	Satuan daya listrik
Wp	:	<i>Watt-peak</i> , daya puncak yang bisa dihasilkan suatu
Water counter	:	meter air, yaitu alat untuk mengukur debit air

Lampiran

B. JABARAN KOMPETENSI GURU PAKET KEAHLIAN

1. Guru Paket Keahlian Teknik Energi Surya dan Angin

Kompetensi Inti Guru		
20. Menguasai materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu		
No	Kompetensi Guru Paket Keahlian	Indikator Pencapaian Kompetensi

20.1.	Membangun gambar konstruksi geometris berdasarkan bentuk konstruksi sesuai fungsi dan prosedur penggunaan peralatan gambar, garis gambar dan simbol kelengkapan informasi gambar.	<p>20.1.1 Menyeleksi peralatan serta kelengkapan gambar teknik untuk media gambar teknik sesuai fungsi dan cara penggunaan.</p> <p>20.1.2 Mengevaluasi jenis garis gambar teknik berdasarkan bentuk dan fungsi garis</p> <p>20.1.3 Menilai huruf dan angka gambar sesuai prosedur dan aturan kelengkapan informasi gambar teknik.</p> <p>20.1.4 Memprediksi gambar konstruksi garis, sudut, lingkaran dan gambar bidang berdasarkan bentuk konstruksi geometris sesuai prosedur.</p> <p>20.1.5 Mengkombinasikan peralatan serta kelengkapan gambar teknik untuk media gambar teknik sesuai fungsi dan cara penggunaan.</p> <p>20.1.6 Menyajikan jenis garis gambar teknik berdasarkan bentuk dan fungsi garis</p> <p>20.1.7 Mengkonstruksi huruf dan angka gambar sesuai prosedur dan aturan kelengkapan informasi gambar teknik.</p> <p>20.1.8 Memodifikasi gambar konstruksi garis, sudut, lingkaran dan gambar bidang berdasarkan bentuk konstruksi geometris sesuai prosedur</p>
20.2.	Menyajikan gambar benda secara gambar sketsa dan gambar rapi, berdasarkan aturan proyeksi piktorial (3D), proyeksi <i>orthogonal</i> (2D) dan gambar potongan.	<p>20.2.1 Menyeleksi persyaratan penyajian gambar proyeksi berdasarkan aturan gambar proyeksi piktorial (3D).</p> <p>20.2.2 Menyeleksi persyaratan penyajian gambar proyeksi sudut pertama dan sudut ketiga berdasarkan aturan gambar proyeksi <i>orthogonal</i> (2D)</p>

		<p>20.2.3 Melengkapi gambar hasil potongan sesuai konsep dan prosedur gambar potongan</p> <p>20.2.4 Menyajikan gambar proyeksi secara sketsa dan menggunakan alat berdasarkan aturan gambar proyeksi piktorial (3D).</p>
		<p>20.2.5 Menyajikan gambar proyeksi sudut pertama dan sudut ketiga secara sketsa dan menggunakan alat berdasarkan aturan gambar proyeksi orthogonal (2D)</p> <p>20.2.6 Menentukan gambar hasil potongan sesuai konsep dan prosedur gambar potongan</p>
20.3.	Mengelola komponen ukuran, pada gambar teknik berdasarkan sistem pemberian ukuran sesuai posisi, referensi dan kebutuhan ukuran langkah pengerjaan benda.	<p>20.3.1 Melengkapi garis, batas, angka dan simbol ukuran, sesuai aturan tanda ukuran dan peletakan ukuran gambar teknik.</p> <p>20.3.2 Merancang sistem pemberian ukuran gambar berdasarkan posisi, referensi dan kebutuhan ukuran langkah pengerjaan benda.</p> <p>20.3.3 Mendesain garis, batas, angka dan simbol ukuran, sesuai aturan tanda ukuran dan peletakan ukuran gambar teknik.</p> <p>20.3.4 Mengelola sistem pemberian ukuran gambar berdasarkan posisi, referensi dan kebutuhan ukuran langkah pengerjaan benda.</p>
20.4.	Mengelola informasi digital	<p>20.4.1 Mengolah data dan informasi digital melalui pemanfaatan perangkat lunak pengolah kata, aplikasi lembar sebar, dan aplikasi presentasi</p> <p>20.4.2 Menggunakan komunikasi <i>online</i> secara sinkron dan asinkron</p> <p>20.4.3 Membuat kelas pembelajaran melalui kelas maya.</p>

20.5.	Membuat visualisasi konsep dalam bentuk simulasi, video presentasi dan buku digital	<p>20.5.1. Merancang visualisasi konsep sesuai dengan ide dan gagasan</p> <p>20.5.2. Membuat visualisasi konsep ke dalam bentuk presentasi video</p> <p>20.5.3. Membuat visualisasi konsep ke dalam bentuk simulasi visual</p> <p>20.5.4. Membuat buku digital yang berisi teks, gambar, audio, video dan simulasi</p>
20.6.	Menganalisis konversi energi air, surya, angin dan biomassa kedalam bentuk energi listrik/mechanik/panas	<p>20.6.1 Menyelidiki konversi energi air dan angin menjadi energi mekanik dan listrik.</p> <p>20.6.2 Menyelidiki energi surya menjadi energi panas dan listrik.</p> <p>20.6.3 Menyelidiki energi biomassa menjadi energi panas dan listrik.</p>
20.7.	Menerapkan prinsip-prinsip konservasi energi pada bangunan gedung	<p>20.7.1 Menerapkan prinsip-prinsip konservasi energi pada desain bangunan gedung.</p> <p>20.7.2 Menerapkan prinsip-prinsip konservasi energi pada bangunan gedung.</p>
20.8.	Menganalisis dasar-dasar Pemesinan.	<p>20.8.1 Menganalisa cara kerja mesin bubut dan peralatan pembantu sesuai SOP.</p> <p>20.8.2 Menganalisa cara kerja mesin frais dan peralatan pembantu sesuai SOP.</p>
20.9.	Menerapkan praktek pemesinan sesuai SOP.	<p>20.9.1 Mengoperasikan mesin bubut sesuai SOP.</p> <p>20.9.2 Mengoperasikan mesin <i>frais</i> sesuai SOP.</p> <p>20.9.3 Menyajikan hasil praktek pemesinan perkakas dasar.</p> <p>20.9.4 Menyajikan hasil praktek pemesinan konstruksi dasar.</p>

20.10.	Menganalisis dasar-dasar survei dan konstruksi bangunan.	<p>20.10.1 Menganalisa fungsi, spesifikasi dan cara kerja total station sesuai SOP.</p> <p>20.10.2 Menganalisis konstruksi beton bangunan.</p>
20.11.	Melaksanakan kegiatan survei dan konstruksi bangunan sesuai SOP.	<p>20.11.1 Mengoperasikan total station untuk pekerjaan pemetaan.</p> <p>20.11.2 Merencanakan konstruksi beton bangunan.</p> <p>20.11.3 Menyajikan hasil praktek survey dan pemetaan dasar.</p> <p>20.11.4 Menyajikan hasil praktek dasar konstruksi batu beton dan pemipaan.</p>
20.12.	Menganalisis dasar-dasar kelistrikan dan elektronika.	<p>20.12.1 Menganalisis jenis dan prinsip kerja generator.</p> <p>20.12.2 Menganalisis sistem kontrol dan komponen elektronika.</p>
20.13.	Membuat rangkaian kelistrikan dan elektronika sesuai SOP.	<p>20.13.1 Merangkai jaringan kelistrikan, generator dan beban.</p> <p>20.13.2 Membuat rangkaian kontrol kelistrikan.</p> <p>20.13.3 Menyajikan hasil praktek dasar kelistrikan untuk kontrol pembangkit listrik.</p> <p>20.13.4 Menyajikan hasil praktek dasar elektronika untuk instrumen kontrol pembangkit listrik.</p>
20.14.	Mengevaluasi karakteristik ekonomi, lingkungan, sosial dan budaya di dalam pengembangan energi terbarukan.	<p>20.14.1. Mengevaluasi aspek aspek ekonomi dan lingkungan di dalam perencanaan pembangunan energi terbarukan.</p>

		20.14.2. Mengevaluasi aspek aspek social dan budaya di dalam perencanaan pembangunan energi terbarukan.
20.15.	Menyajikan hasil gambar teknik instalasi kelistrikan, sistem kontrol dan proteksi PLTS dengan menggunakan perangkat lunak.	20.15.1 Menelaah gambar instalasi kelistrikan, sistem kontrol dan proteksi PLTS sesuai simbol dan prosedur yang berlaku. 20.15.2 Membuat simulasi gambar instalasi kelistrikan, sistem kontrol dan proteksi PLTS serta gambar simulasi per komponen dengan benar.
20.16.	Menganalisis perancangan dasar teknik instalasi kelistrikan, sistem kontrol dan proteksi PLTS yang telah ada di pasaran.	20.16.1 Menganalisis teknik Instalasi kelistrikan PLTS sesuai prosedur yang berlaku. 20.16.2 Merakit <i>battery Control Unit</i> (BCU) sebagai sistem kendali sesuai dengan rentang input dan output BCU. 20.16.3 Merakit inverter sesuai dengan rancangan sistem yang telah ditentukan.
20.17.	Mengevaluasi instalasi kelistrikan, sistem kontrol dan proteksi untuk PLTS hasil gagasan sendiri atau kelompok.	20.17.1 Menelaah simbol-simbol komponen kelistrikan, sistem kontrol dan proteksi dengan tepat dalam merancang instalasi kelistrikan. 20.17.2 Merancang instalasi kelistrikan, sistem kontrol dan proteksi dengan benar sesuai standar yang berlaku.
20.18.	Mengevaluasi desain instalasi kelistrikan, sistem kontrol dan proteksi untuk PLTS hasil gagasan sendiri atau kelompok.	20.18.1 Menelaah instalasi kelistrikan PLTS sesuai prosedur dan standar yang berlaku. 20.18.2 Membuat instrumen kontrol dengan menggunakan sensor-sensor. 20.18.3 Merakit semua <i>remote terminal unit</i> (RTU) komponen listrik PLTS dengan instrumen kontrol.

20.19.	Menyajikan komponen-komponen PLTS pada aplikasinya sesuai karakteristik dan spesifikasinya.	<p>20.19.1 Menelaah karakteristik beserta spesifikasi masing-masing komponen PLTS dengan benar.</p> <p>20.19.2 Membuat aplikasi PLTS sesuai dengan karakteristik dan spesifikasi yang ditentukan.</p>
20.20.	Menyajikan prosedur pemasangan pengoperasian dan pemeliharaan PLTS untuk penerangan rumah, lampu jalan dan pompa air sesuai spesifikasinya dan perluasan penggunaannya.	<p>20.20.1 Menyajikan prosedur pemasangan, pengoperasian, dan pemeliharaan PLTS untuk penerangan rumah, lampu jalan dan pompa air dengan benar.</p> <p>20.20.2 Mendemonstrasikan prosedur pemasangan, pengoperasian, dan pemeliharaan PLTS untuk penerangan rumah, lampu jalan dan pompa air dengan benar.</p>
20.21.	Menyajikan prosedur pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS untuk televisi dan <i>sound system</i> sesuai spesifikasi dan perluasan penggunaannya.	<p>20.21.1 Menyajikan prosedur pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS untuk televisi dan <i>sound system</i> sesuai spesifikasi dan perluasan penggunaannya dengan benar.</p> <p>20.21.2 Mendemonstrasikan prosedur pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS untuk televisi dan <i>sound system</i> sesuai spesifikasi dan perluasan penggunaannya dengan benar.</p>
20.22.	Menyajikan prosedur pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS untuk peralatan komunikasi dan peralatan kesehatan sesuai spesifikasi dan perluasan penggunaannya.	<p>20.22.1 Menyajikan prosedur pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS untuk peralatan komunikasi dan peralatan kesehatan sesuai spesifikasi dan perluasan penggunaannya dengan benar.</p> <p>20.22.2 Mendemonstrasikan prosedur pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan PLTS untuk peralatan komunikasi dan peralatan</p>

		keehatan sesuai spesifikasi dan perluasan penggunaannya dengan benar.
20.23.	Menyajikan prosedur interkoneksi PLTS <i>hybrid</i> dengan jaringan PLN sesuai karakteristik dan spesifikasinya.	<p>20.23.1 Menyajikan prosedur interkoneksi PLTS <i>hybrid</i> dengan jaringan PLN sesuai karakteristik dan spesifikasinya dengan benar.</p> <p>20.23.2 Mendemonstrasikan prosedur interkoneksi PLTS <i>hybrid</i> dengan jaringan PLN sesuai karakteristik dan spesifikasinya dengan benar.</p>
20.24.	Melakukan studi kelayakan PLTS.	<p>20.24.1 Mengkaji aspek-aspek studi kelayakan pada PLTS dengan benar.</p> <p>20.24.2 Menyusun laporan studi kelayakan PLTS dengan benar sesuai dengan dengan matrik dan bentuk laporan yang telah ditetapkan.</p>
20.25.	Mengevaluasi rancangan aplikasi PLTS.	<p>20.25.1 Menyajikan karakteristik dan simbol-simbol masing-masing komponen PLTS dengan benar.</p> <p>20.25.2 Membuat rancangan gambar aplikasi PLTS dengan benar sesuai spesifikasi komponen.</p>
20.26.	Mengevaluasi spesifikasi komponen peralatan dan prosedur kerja suatu sistem aplikasi PLTS.	<p>20.26.1 Menyajikan spesifikasi masing-masing komponen peralatan PLTS beserta fungsinya dengan benar.</p> <p>20.26.2 Menyajikan prosedur kerja komponen PLTS dengan benar.</p>
20.27.	Mengevaluasi rancangan komponen sistem aplikasi PLTS.	<p>20.27.1 Menyusun prosedur perancangan komponen sistem aplikasi PLTS dengan benar.</p> <p>20.27.2 Merancang komponen sistem PLTS dengan benar sesuai dengan fungsi dan karakteristiknya.</p>

		20.27.3 Membuat rancangan komponen sistem aplikasi PLTS sesuai dengan prosedur perancangan yang benar.
20.28.	Mengevaluasi kinerja sistem aplikasi PLTS.	20.28.1 Membandingkan hasil pengujian dari masing-masing komponen PLTS sesuai karakteristik. 20.28.2 Membuat laporan dari hasil pengujian dan analisa.
20.29.	Menganalisis model teknologi peralatan pengering hasil pertanian dengan panas matahari.	20.29.1 Menelaah prinsip kerja peralatan pengering hasil pertanian dengan panas matahari dengan benar. 20.29.2 Menganalisis mekanisme kerja dari model teknologi peralatan pengering hasil pertanian dengan panas matahari dengan benar.
20.30.	Menganalisis model teknologi pemanas air energi panas matahari.	20.30.1 Menelaah mekanisme kerja teknologi pemanas air energi surya dengan benar. 20.30.2 Menganalisis mekanisme kerja dari model teknologi pemanas air energi surya dengan benar.
20.31.	Menganalisis model teknologi pembangkit listrik panas matahari.	20.31.1 Menelaah mekanisme kerja teknologi pembangkit listrik panas matahari dengan benar. 20.31.2 Menganalisis mekanisme kerja dari model teknologi pemanas air energi surya dengan benar.
20.32.	Menganalisis model teknologi pengatur suhu ruangan di daerah dingin dengan panas matahari.	20.32.1 Menelaah mekanisme kerja teknologi pengatur suhu ruangan di daerah dingin dengan panas matahari dengan benar.

		20.32.2 Menganalisis mekanisme kerja dari model teknologi pemanas air energi surya dengan benar.
20.33.	Menyajikan hasil studi kelayakan PLTB.	<p>20.33.1 Menyusun prinsip studi kelayakan dengan benar.</p> <p>20.33.2 Menyusun perencanaan studi kelayakan dengan benar dan runtut.</p> <p>20.33.3 Menyusun komponen studi kelayakan dengan benar dan runtut.</p> <p>20.33.4 Menyajikan hasil studi kelayakan PLTB sesuai ketentuan teknis.</p>
20.34.	Menyajikan hasil perakitan dan pemasangan unit PLTB skala kecil lengkap dengan kinerjanya.	<p>20.34.1 Menyelesaikan perakitan dan pemasangan sesuai dokumen gambar rencana.</p> <p>20.34.2 Menyelesaikan perakitan komponen mekanikal dan elektrikal secara bersamaan pada dudukan menara.</p> <p>20.34.3 Menyelesaikan pemasangan sudu setelah semua komponen dirakit dan ditempatkan pada ketinggian yang cukup/aman.</p>
20.35.	Menyajikan laporan hasil pemeliharaan komponen-komponen PLTB.	<p>20.35.1 Menyelesaikan pekerjaan pemeliharaan komponen-komponen PLTB sesuai dengan SOP yang berlaku.</p> <p>20.35.2 Menyajikan laporan hasil pemeliharaan komponen-komponen PLTB sesuai dengan SOP.</p>
20.36.	Menyajikan gambar bagian-bagian mesin menggunakan perangkat lunak gambar komputer.	<p>20.36.1 Menganalisa perangkat lunak gambar komputer yang sesuai untuk gambar mesin.</p> <p>20.36.2 Merancang dimensi gambar bagian-bagian mesin sesuai rencana daya.</p> <p>20.36.3 Membuat gambar bagian-bagian mesin sesuai rencana.</p>

20.37.	Menyajikan gambar desain hasil peniruan dari komponen-komponen PLTB yang tersedia.	<p>20.37.1 Menyajikan simbol-simbol gambar sesuai standar.</p> <p>20.37.2 Merancang sudu sesuai dengan rencana daya dan rencana profil.</p> <p>20.37.3 Merancang komponen mekanikal elektrikal agar mampu menahan semua gaya dari perputaran sudu.</p> <p>20.37.4 Merancang menara sesuai dengan besarnya pembebanan.</p>
20.38.	Membuat tiruan bagian-bagian turbin dan kelengkapan mekanik dari PLTB yang tersedia.	<p>20.38.1 Menyusun rancangan tiruan bagian-bagian turbin dan kelengkapan mekanik dari PLTB yang tersedia.</p> <p>20.38.2 Membuat tiruan bagian-bagian turbin dan kelengkapan mekanik dari PLTB yang tersedia sesuai gambar rencana.</p>

