

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

# SISTEM KONTROL DAN KELISTRIKAN PLTS

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI SURYA & ANGIN

Program Keahlian : Teknik Energi Terbarukan

KELOMPOK  
KOMPETENSI

6



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
2015

**Style Definition:** Table of Figures: Tab stops: 2 cm, Left + 14,63 cm, Right, Leader: ...

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

# **SISTEM KONTROL DAN KELISTRIKAN PLTS**

**PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI SURYA DAN 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.....	V
DAFTAR TABEL .....	XI
PENDAHULUAN .....	1
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. TUJUAN .....	1
C. PETA KOMPETENSI.....	2
D. RUANG LINGKUP .....	4
E. SARAN CARA PENGGUNAAN BUKU .....	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN .....	0
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PENGEMBANGAN EKSTRAKURIKULER UNTUK AKTUALISASI DIRI PESERTA DIDIK.....	0
A. TUJUAN .....	1
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI .....	1
C. URAIAN MATERI.....	2
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN.....	26
E. RANGKUMAN.....	33
F. TES FORMATIF .....	35
G. KUNCI JAWABAN .....	39
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : SIMBOL GRAFIK KOMPONEN LISTRIK.....	40
A. TUJUAN .....	40
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI .....	40
C. URAIAN MATERI.....	40

Commented [HP1]: All ... ukuran huruf, jenis huruf dan spasi, supaya disesuaikan dengan panduan.

D.	AKTIVITAS PEMBELAJARAN .....	60
E.	RANGKUMAN .....	61
F.	TES FORMATIF .....	62
G.	KUNCI JAWABAN .....	63
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : SIMBOL GRAFIK KOMPONEN ELEKTRONIKA .....		65
A.	TUJUAN PEMBELAJARAN .....	65
B.	INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI .....	65
C.	URAIAN MATERI .....	65
D.	AKTIVITAS PEMBELAJARAN .....	83
E.	RANGKUMAN .....	85
F.	TES FORMATIF .....	85
G.	KUNCI JAWABAN .....	86
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : SIMBOL GRAFIK RANGKAIAN LISTRIK .....		88
A.	TUJUAN .....	88
B.	INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI .....	88
C.	URAIAN MATERI .....	88
D.	AKTIVITAS PEMBELAJARAN .....	125
E.	RANGKUMAN .....	126
F.	TES FORMATIF .....	127
G.	KUNCI JAWABAN .....	128
KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : MENGGAMBAR RANGKAIAN ELEKTRONIKA .....		129
A.	TUJUAN .....	129
B.	INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI .....	129
C.	URAIAN MATERI .....	130
D.	AKTIVITAS PEMBELAJARAN .....	135
E.	RANGKUMAN .....	136
F.	TES FORMATIF .....	136
G.	KUNCI JAWABAN .....	137

KEGIATAN PEMBELAJARAN 6 : SISTEM KONTROL PLTS.....	138
A. TUJUAN .....	138
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI .....	138
C. URAIAN MATERI.....	139
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN.....	192
E. RANGKUMAN.....	194
F. TES FORMATIF .....	195
G. KUNCI JAWABAN .....	196
PENUTUP.....	204
DAFTAR PUSTAKA .....	212
GLOSARIUM .....	213

## DAFTAR GAMBAR

1	Simbol Grafik Decoder .....	72
1	Simbol Gabungan Simbol .....	72
1	Simbol Gabungan dengan tidak ada hubungan antar komponen .....	73
1	Standar simbol hayalan gabungan 74x328 .....	73
1	Bentuk simbol kotak standard IEEEE untuk Buffer 3 Keadaan .....	73
1	Blok kontrol bersama .....	74
1	Grafik <i>Array</i> .....	74
1	Simbol Multiplexer Standar IEEE .....	75
1	Simbol Demultiplexer Menurut standar IEEE .....	76
1	Simbol standar IEEE untuk (a) gerbang EXOR dan (b) gerbang EXNOR .....	77
1	Simbol generator Paritas standar IEEE .....	77
1	Simbol Grafik Komparator .....	78
1	Simbol IC MSI untuk Rangkaian Penjumlahan .....	79
1	Simbol IC LSI untuk komponen LATCH, dan FLOP-FLOP .....	79
1	Simbol IC MSI untuk Latch dan Register berdasar standar IEEE .....	80
1	Counter .....	82
1	Simbol Register geser standar IEEE .....	82
1	Solar Charger Circuit .....	83
1	saklar , skematik Diagram kutub banyak .....	94
1	saklar , skematik diagram kutub tunggal .....	95
1	Soket steker dengan pelindung kutub banyak .....	95
1	Soket steker dengan pelindung kutub tunggal .....	95
1	Soket steker dengan kabel pelindung yang terpisah kutub banyak .....	95
1	Soket steker dengan kabel pelindung yang terpisah kutub tunggal .....	96
1	Saklar dan stop kontak kutub banyak .....	96
1	Saklar dan stop kontak banyak kutub tunggal .....	96
1	Saklar dua kutub, kutub banyak .....	96
1	Saklar dua kutub, kutub tunggal .....	98

1	Saklar 3 kutub, kutub banyak.....	98
1	Saklar 3 kutub, kutub banyak.....	98
1	Saklar multi atau disebut saklar seri, kutub banyak.....	98
1	Saklar multi atau disebut saklar seri, kutub tunggal .....	99
1	Saklar seri dengan soket seteker kutub banyak .....	99
1	Saklar seri dengan soket seteker kutub tunggal .....	99
1	Saklar dua arah skematik diagram kutub banyak .....	99
1	Saklar dua arah skematik diagram kutub tunggal .....	99
1	Saklar dua arah dengan soket steker kutub banyak .....	100
1	Saklar dua arah dengan soket steker kutub tunggal .....	100
1	Rangkaian ekonomis saklar dua arah dengan soket steker skema diagram kutub banyak.....	100
1	Rangkaian ekonomis saklar dua arah dengan soket steker skema .....	100
1	Saklar dua arah dengan saklar empat jalur tiga titik skema kutub banyak .....	101
1	Saklar dua arah dengan saklar empat jalur tiga titik skema kutub.....	101
1	Saklar dua arah dengan saklar empat jalur skema diagram kutub .....	101
1	Saklar dua arah dengan saklar empat jalur skema diagram kutub banyak .....	101
1	Rangkaian lampu tangga dengan saklar empat jalur skema diagram kutub banyak 102	
1	Rangkaian lampu tangga dengan saklar empat jalur skema diagram kutub tunggal 102	
1	Lampu tabung fasa tunggal kutub tunggal.....	102
1	Lampu tabung fasa tunggal kutub banyak .....	103
1	Lampu tabung fasa tunggal dengan lead lag kutub tunggal.....	103
1	Lampu tabung 3 fasa kutub tunggal.....	103
1	Rangkaian Bel Dengan tegangan DC yang digerakan dari dua tempat .....	104
1	Rangkaian Bel Dengan tegangan DC yang digerakan dari dua tempat .....	104
1	Rangkaian Bel Timbal balik .....	105
1	Rangkaian Bel Arus bolak balik dengan trafo penurun tegangan.....	105

1	Rangkaian Bel AC dengan Saklar tukar .....	105
1	Rangkaian Instalasi Bel Rumah .....	106
1	Rangkaian sistem Alarm dengan kontak normal terbuka .....	106
1	Rangkaian alarm dengan kontak normal tertutup .....	106
1	Rangkaian dan Skema Diagram Kontrol .....	107
1	Generator lilitan shunt tanpa kutub komutator (CW) .....	108
1	Papan terminal searah jarum jam (kiri); berlawanan jarum jam (kanan) .....	108
1	Generator lilitan shunt tanpa kutub komutator (CW) .....	108
1	Papan terminal searah jarum jam (kiri);berlawanan arah jarum jam .....	109
1	Generator kompon dengan kutub komutator (sensor putar searah .....	109
1	Papan terminal searah jarum jam (kiri);berlawanan jarum jam (kanan) .....	109
1	Motor DC lilitan shunt dengan komutator rotasi sensor searah.....	111
1	Papan terminal sensor rotasi searah jarum jam(kiri);berlawana arah (kanan)...	111
1	Generator 3 fase dengan exciter.....	112
1	Motor 3 fase hubungan bintang .....	112
1	Papan terminal untuk putaran searah jarum jam.....	112
1	Papan terminal untuk putaran berlawanan arah jarum jam.....	113
1	Motor 3 Fase dengan hubungan delta .....	113
1	Papan terminal untuk putaran searah jarum jam.....	113
1	Papan terminal untuk putaran searah jarum jam.....	113
1	Motor dengan komutater 3 fase dengan delta dan bintang 1 sebagai start .....	114
1	Rangkaian Transformer 1 fase .....	114
1	Rangkaian satu fase penyearah setengah gelombang (kiri); .....	114
1	Rangkaian tiga fase penyearah setengah gelombang.....	115
1	penyearah gelombang penuh .....	115
1	Skema Kontrol pengunci arus (kiri); Diagram Fungsional Pulsa .....	116
1	Diagram fungsional pengunci pulsa kontrol arus .....	116
1	Skema Diagram Pengunci Pulsa .....	117
1	Pulsa pengunci dan penahan arus .....	117

1	Rangkaian pengunci tombol tekan kontaktor membalik .....	118
1	Pengunci tombol tekan.....	119
1	Mengukur Tegangan DC (kiri) mengukur tegangan DC yang .....	119
1	Mengukur Arus DC (kiri) mengukur Arus DC yang melebihi .....	120
1	Mengukur Tegangan AC (kiri) mengukur tegangan AC yang .....	120
1	Mengukur Arus AC (kiri) mengukur arus AC yang melebihi rentang .....	120
1	Mengukur daya .....	120
1	Diagram koneksi sambungan meteran listrik.....	121
1	Mengukur tegangan 3 fase .....	121
1	Dua Tegangan dalam hubungan Y.....	122
1	Mengukur arus 3 Fase.....	122
1	Mengukur arus dengan tambahan trafo arus .....	122
1	Metoda mengukur daya tiga fase dengan satu meteran .....	123
1	Mengukur daya 3 fase dengan 2 meteran .....	123
1	Mengukur daya 3 fase dengan 3 meteran $\varphi$ .....	123
1	Mengukur cos Phi .....	124
1	Mengukur frekuensi 3 fase.....	124
1	Rangkaian Catu Daya Teregulasi .....	130
1	Rangkaian Bateray Charger Unit Lengkap.....	131
1	Rangkaian Charger Ekonomis .....	131
1	Rangkaian Inverter.....	132
1	Rangkaian Konverter .....	133
1	Rangkaian Amplifier Audio 20W .....	133
1	Rangkain Kode Kunci Digital.....	134
1	Rangkaian Oscilator.....	135
1	Konversi cahaya matahari menjadi listrik.....	141
1	Metoda Penumbuhan Kristal Mono Czochralski dan Produk Ingot .....	142
1	(a) Sel surya Single Kristal; (b) modul surya single Kristal .....	142
1	Metoda Casting Pembuatan Bahan Polikristal.....	143

1	(a) Sel Surya Polikristal; (b) Modul Surya Polikristal .....	143
1	Proses Pembuatan EFG the Edge Defined Film Growth Ribbon .....	144
1	(a) Modul dan (b) Sel Surya Jenis Polikristal dengan Metoda EFG .....	144
1	Amorphous Silicon dengan Heterojunction dengan Stack ata Tandem Sel .....	145
1	Konstruksi lapisan modul .....	146
1	Konfigurasi sebuah modul fotovoltaik .....	147
1	Kurva Arus-Tegangan dari sebuah mdul surya .....	148
1	Daya sebagai fungsi dari tegangan modul fotovoltaik dilukiskan .....	149
1	Kurva I-V dari sebuah modul fotovoltaik, pada berbagai radiasi .....	150
1	Kurva I-V dari sebuah modul fotofoltaik, pada berbagai temperatu sel.....	151
1	Tiga buah modul surya duhubungkan secara paralel .....	153
1	Tiga buah modul surya dihubungkan secara seri .....	154
1	Array atau Rangkaian Modul Surya .....	155
1	Karakteristik Arus-Tegangan akibat shading effect .....	156
1	Grafik tegangan baterai terhadap pemakaian beban dan .....	161
1	Rangkaian BCR tipe Direct Connection .....	164
1	Rangkaian BCR tipe On-Off Regulator .....	164
1	Rangkaian BCR tipe shunt.....	165
1	Tegangan baterai saat kondisi Charge-Discharge BCR tipe Two-Step .....	166
1	Rangkaian PWM pada BCR .....	167
1	Bentuk arus pengisian PV dengan PWM saat start.....	168
1	Bentuk arus pengisian PV dengan PWM 50% duty cycle .....	168
1	Bentuk arus pengisian PV dengan PWM 95% duty cycle .....	168
1	Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off regulator jenis seri .....	169
1	Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off regulator jenis shunt .....	170
1	Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off pada sisi beban dan proteksi beban lebih 171	
1	Proses discharging .....	175
1	Proses charging .....	176

1	Baterai Starting .....	177
1	Baterai Deep-Cycle .....	178
1	Konstruksi baterai flooded cell .....	179
1	Sealed Cell atau Valve Regulated Lead Acid .....	180
1	Hubungan baterai secara (a) seri; (b) paralel; (c) seri-paralel.....	182
1	Karakteristik baterai dalam kurva tegangan baterai vs laju <i>discharge</i> .....	183
1	Siklus (cycle life) vs DOD baterai .....	184
1	Degradasi baterai akibat efek Softening .....	185
1	Degradasi baterai akibat efek korosi.....	186
1	Degradasi baterai akibat efek sulfas .....	187
1	Degradasi baterai akibat efek stratifikasi elektrolit .....	188

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Perbedaan Simbol Grafik Listrik antara Standar Amerika dan Jerman.....	41
Tabel 2	Simbol Grafik Rangkaian Dasar .....	42
Tabel 3	Simbol Grafik Jenis Arus, Tegangan dan koneksi .....	43
Tabel 4	Simbol Grafik Saluran dan Sambungan Saluran .....	44
Tabel 5	Simbol Grafik Resistor .....	45
Tabel 6	Simbol Grafik Kapasitor .....	46
Tabel 7	Simbol Grafik Induktor dan Transformator .....	47
Tabel 8	Simbol Grafik Arus Dan Tegangan Transformator.....	48
Tabel 9	Simbol Grafik Elektromekanik dan Elektrothermal .....	49
Tabel 10	Simbol Grafik Komponen Tabung.....	50
Tabel 11	Simbol Grafik Mesin listrik.....	51
Tabel 12	Simbol Grafik Meter Bergerak dan Alat Ukur .....	52
Tabel 13	Simbol Grafik Elektroakustik.....	53
Tabel 14	Simbol Grafik untuk Perencanaan Pengkabelan .....	55
Tabel 15	Simbol Grafik Komponen Saklar dan Kontaktor.....	56
Tabel 16	Simbol dan Grafik Komponen Semikonduktor .....	65
Tabel 17	Gerbang Dasar.....	70
Tabel 18	Simbol Grafik Rangkaian Instalasi Penerangan.....	89
Tabel 19	Simbol Grafik Saklar/Penghubung .....	93
Tabel 20	Tegangan batas atas BCR.....	172
Tabel 21	Battery State of Charge (kondisi tegangan sesuai kapasitas baterai) .....	174
Tabel 22	Bulk charging current sesuai kapasitas baterai.....	191
Tabel 23	Tegangan charging berdasarkan tipe baterai .....	191

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Teknik kontrol dan kelistrikan pada PLTS merupakan modul praktikum berisi simbol teknik listrik, elektronika dan penggunaannya dalam menggambar rangkaian listrik dan elektronika.

Pada pendahuluan ini, peserta diklat mengetahui dan memahami prasyarat yang harus dimiliki sebelum mempelajari buku ini. Selain itu agar mempermudah dalam memahami buku ini diharapkan mempelajari petunjuk penggunaan buku ini. Selanjutnya dituangkan pula tujuan akhir serta kompetensi inti dan kompetensi dasar, hal ini bertujuan agar setelah mempelajari materi ini kita mendapatkan kompetensi yang telah digariskan pada tujuan akhir. Cek kompetensi dimaksudkan agar setiap peserta mengetahui kompetensi awal yang dimiliki masing-masing.

Buku dengan judul “TEKNIK KONTROL DAN KELISTRIKAN ” merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai panduan praktikum peserta diklat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk membentuk salah satu bagian dari kompetensi Menggambar Teknik dan membaca gambar pada Bidang Keahlian Energi baru terbarukan paket keahlian PLTS.

### B. Tujuan

Penggunaan buku dalam diklat PKB dimaksudkan untuk mengatasi keterbatasan waktu, dan ruang peserta diklat, memudahkan peserta diklat belajar mandiri sesuai kemampuan, dan memungkinkan peserta diklat untuk mengukur atau mengevaluasi sendiri hasil belajarnya.

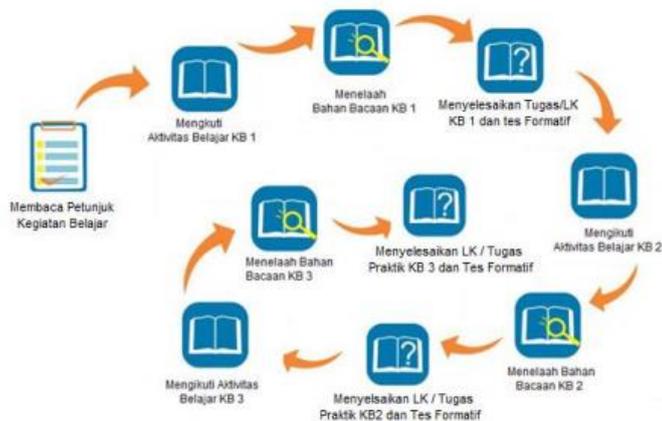
Target kompetensi dan hasil pembelajaran yang diharapkan dapat dicapai melalui buku ini meliputi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional pada grade 3 (tiga). Setelah mempelajari materi pembelajaran pedagogi yaitu prosedur pengembangan kurikulum yang terkait dengan mata pelajaran pengelolaan utilitas, dan materi pembelajaran

profesional tentang teknik kontroll dan kelistrikan PLTS, guru kejuruan paket keahlian PLTS diharapkan mampu:

- A. Menentukan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran yang diampu.
- B. Memilih materi pembelajaran yang diampu yang terkait dengan pengalaman belajar dan tujuan pembelajaran.
- C. Melakukan perancangan, perawatan dan perbaikan rangkaian kontrol dan kelistrikan yang digunakan pada system PLTS.

### C. Peta Kompetensi

E-D. Melalui materi pembelajaran ini, Saudara akan melakukan tahapan kegiatan pembelajaran kompetensi pedagogi dan profesional pada grade 6 (enam) secara *one shoot training* dengan moda langsung (tatap muka).



### G-E. Alur Pencapaian Kompetensi Grade 6

Gambar diatas memperlihatkan Diagram Alur Pencapaian Kompetensi Grade 6. Pada pembelajaran kompetensi pedagogi, Saudara akan mempelajari prosedur pengembangan kurikulum yang terkait dengan mata pelajaran

rangkaian elektronika analog melalui beberapa aktivitas belajar antara lain mempelajari bahan bacaan, diskusi, studi kasus, mengerjakan tugas dan menyelesaikan test formatif. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 45 JP. Pada pembelajaran kompetensi profesional, Saudara akan mengidentifikasi komponen elektronika, menganalisis dan mengevaluasi rangkaian elektronika yang terkait dengan mata pelajaran rangkaian elektronika analog melalui beberapa kegiatan antara lain diskusi, menyelesaikan Lembar Kerja (Uji Pemahaman materi), dan melakukan Tugas Praktik. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 105 JP.

**Commented [HP2]:** Ukuran huruf, jenis huruf dan spasi supaya disesuaikan dengan panduan modul

GRADE KOMPETENSI PAKET KEAHLIAN TEKNIK ENERGI SURYA DAN ANGIN	
GRADE 1	20.01
	20.03
	20.05
	20.04
	20.06
GRADE 2	20.08
	20.07
	20.14
GRADE 3	20.10
	20.11
GRADE 4	20.06
	20.09
GRADE 5	20.12
	20.13
GRADE 6	20.25
	20.26
	20.27
GRADE 7	20.18
	20.20
	20.21
GRADE 8	20.22
	20.24
	20.25
	20.26
GRADE 9	20.27
	20.28
	20.29
	20.30
GRADE 10	20.31
	20.32
	20.33
	20.34
	20.35

#### **D. Ruang Lingkup**

Buku teknik kontrol dan kelistrikan pembangkit listrik tenaga surya mempunyai ruang lingkup tentang:

- ✓ Pengenalan sistem kontrol PLTS
- ✓ Pengenalan sistem kelistrikan PLTS
- ✓ Perancangan sistem kontrol dan kelistrikan PLTS

#### **E. Saran Cara Penggunaan Buku**

1. Bacalah semua isi dan petunjuk pembelajaran buku mulai halaman judul hingga akhir buku 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 buku ini.
4. Kompetensi yang dipelajari di dalam buku ini merupakan kompetensi minimal. Oleh karena itu disarankan Anda mampu belajar lebih optimal.
5. Laporkan semua pengalaman belajar yang Anda peroleh kepada guru baik tertulis maupun lisan sesuai dengan tugas setiap buku.

## KEGIATAN PEMBELAJARAN

### KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PENGEMBANGAN EKSTRAKURIKULER UNTUK AKTUALISASI DIRI PESERTA DIDIK.

Pengembangan potensi peserta didik sebagaimana dimaksud dalam tujuan pendidikan nasional secara sistemik-kurikuler diupayakan melalui kegiatan intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler diselenggarakan melalui kegiatan terstruktur dan terjadwal sesuai dengan cakupan dan tingkat kompetensi muatan atau mata pelajaran. Kegiatan kokurikuler dilaksanakan melalui penugasan terstruktur dan mandiri terkait satu atau lebih dari muatan atau mata pelajaran. Kegiatan ekstrakurikuler yang merupakan kegiatan terorganisasi/terstruktur di luar struktur kurikulum setiap tingkat pendidikan yang secara konseptual dan praktis mampu menunjang upaya pencapaian tujuan pendidikan.

Peserta didik merupakan anggota masyarakat yang dipandang perlu mendapatkan layanan pendidikan agar dapat tumbuh menjadi individu yang berkualitas baik kualitas sikap, pengetahuan, maupun keterampilan. Sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sisdiknas, Pasal 1 ayat (1) yang menyatakan bahwa pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab. Atas dasar ini, maka setiap pendidikan harus dapat memerankan fungsinya membentuk individu berkualitas baik kualitas sikap, pengetahuan, maupun keterampilan seiring dengan tuntutan zaman.

Dijelaskan pula pada Pasal 12 ayat (1) butir b pada Undang-Undang Sisdiknas tersebut bahwa peserta didik mendapatkan pelayanan pendidikan sesuai dengan bakat, minat, dan kemampuannya. Selanjutnya pada PP Nomor 13 Tahun 2015 tentang perubahan kedua atas PP Nomor 19 Tahun 2009 tentang Standar Nasional Pendidikan Pasal 1 ayat (21), ditegaskan

bahwa peserta didik adalah anggota masyarakat yang berusaha mengembangkan potensi diri melalui proses pembelajaran yang tersedia pada jalur, jenjang, dan jenis pendidikan tertentu. Atas dasar hal tersebut, maka diperlukan kegiatan untuk mewadahi potensi peserta didik sebagaimana tercantum pada Permendikbud Nomor 62 Tahun 2014 tentang kegiatan Ekstrakurikuler pada Dikdasmen dan Permendikbud Nomor 63 Tahun 2014 tentang Pendidikan Kepramukaan sebagai ekstrakurikuler wajib. Wadah ini bermanfaat untuk mendorong bertumbuhnya potensi peserta didik secara optimal.

#### **A. Tujuan**

Setelah mengikuti pelatihan ini, peserta diharapkan memiliki kompetensi sebagai berikut:

1. Kemampuan menganalisis konsep, prinsip, manfaat, dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler.
2. Kemampuan menganalisis kompetensi dasar mata pelajaran.
3. Kemampuan menganalisis keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dengan ekstrakurikuler.
4. Kemampuan menyusun program ekstrakurikuler.
5. Kemampuan melaksanakan program ekstrakurikuler.
6. Kemampuan melaksanakan penilaian dan evaluasi kegiatan ekstrakurikuler.
7. Kemampuan menyusun laporan hasil pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler.
8. Kemampuan merencanakan kegiatan tindak lanjut.

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

Indikator pencapaian kompetensi materi Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis konsep, prinsip, manfaat, dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler;
2. Menganalisis kompetensi dasar mata pelajaran;

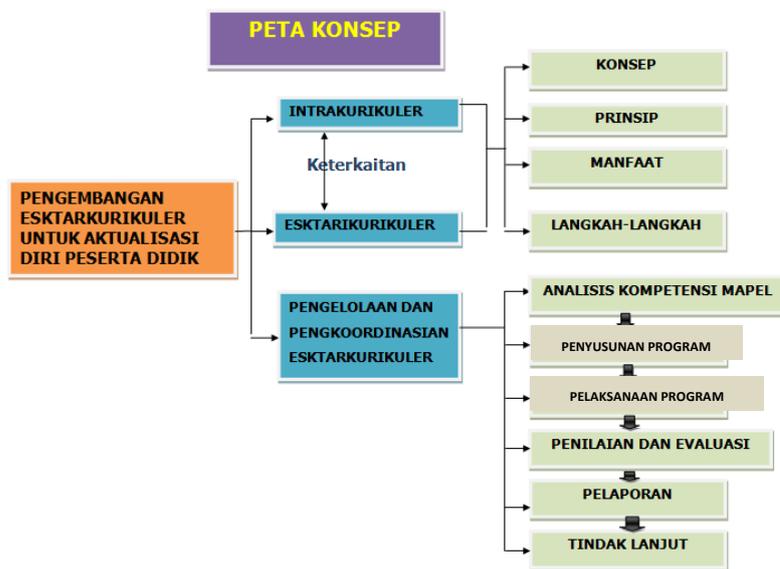
3. Menganalisis keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dengan ekstrakurikuler;
4. Merancang program ekstrakurikuler;
5. Melaksanakan program ekstrakurikuler;
6. Melaksanakan penilaian dan evaluasi kegiatan ekstrakurikuler;
7. Membuat laporan hasil pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler;
8. Merencanakan kegiatan tindak lanjut.

### C. Uraian Materi

Materi pembelajaran Pengembangan Ektrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik terdiri dari: **Pertama**; perbedaan dan keterkaitan antara intrakurikuler dengan ekstrakurikuler, meliputi konsep, prinsip, manfaat, dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler. **Kedua**; Pengelolaan dan Pengkoordinasian Kegiatan dan Ektrakurikuler, terdiri dari analisis kompetensi, penyusunan program, pelaksanaan program, penilaian dan evaluasi, pelaporan, tindak lanjut.

Peta konsep materi Pengembangan Ekstrakurikuler dan Aktualisasi Diri Peserta Didik pada lingkup Pedagogik ini adalah:

**Gambar 1** Peta Konsep Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik



### 1. Konsep, Prinsip, Manfaat, dan Langkah-langkah Ekstrakurikuler

Intrakurikuler merupakan kegiatan pengembangan diri yang dilaksanakan melalui kegiatan proses belajar mengajar yang terjadi di sekolah sebagai lembaga formal. Intrakurikuler berkaitan dengan belajar dan pembelajaran. Menurut Shaleh, (2008) belajar merupakan suatu perubahan yang terjadi melalui latihan atau pengalaman. Belajar selalu melibatkan aktivitas. Dengan demikian intrakurikuler melibatkan aktivitas belajar. Kegiatan ini dapat terjadi secara berkesinambungan antara konsep pembelajaran yang dilaksanakan di dalam kelas dan di luar kelas sesuai dengan penerapan kurikulum yang dilaksanakan oleh satuan pendidikan.

Intrakurikuler diikat oleh kurikulum satuan pendidikan yang berlaku. Kegiatan ini dilakukan secara teratur, jelas, dan terjadwal. Kegiatan intrakurikuler dikelola secara sistematis sebagai program utama dalam proses mendidik peserta didik. Kegiatan intrakurikuler tidak terlepas dari kegiatan yang dinamakan kokurikuler. Komponen ini diperlukan untuk mendukung pemahaman materi yang diterima peserta didik pada kegiatan intrakurikuler. Kokurikuler dapat berupa tugas-tugas yang mendukung pembelajaran. Oleh karena itu, kokurikuler dapat menjadi sarana pendukung pemahaman peserta didik terhadap materi yang diterimanya pada kegiatan intrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler berada dibawah tanggung jawab guru mapel atau guru kelas. Atas dasar ini, maka pendidik perlu memberikan kokurikuler yang mampu meningkatkan pemahaman peserta didik pada kegiatan intrakurikuler.

Intrakurikuler bermanfaat mengembangkan potensi akademik peserta didik. Proses mendidik peserta didik pada intrakurikuler merupakan kegiatan belajar mengajar yang dilakukan di sekolah sesuai dengan struktur program kurikulum yang terdapat dalam silabus. Kegiatan ini bermanfaat mengembangkan potensi akademik peserta didik, sekalipun potensi non akademik lain juga berkembang. Kemampuan akademik penting diperhatikan sebagaimana yang diungkap oleh Marjoribanks (1987) bahwa prestasi akademik biasanya berhubungan dengan ukuran kemampuan seseorang. Oleh karenanya memperhatikan kemampuan akademik melalui kegiatan intrakurikuler penting.

Langkah-langkah kegiatan intrakurikuler tertuang dalam bentuk Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP). Pembahasan secara detail akan disampaikan pada modul lain. Aka tetapi secara global kegiatan intrakurikuler melalui langkah-langkah: (1) pengembangan KTSP, (2) penyiapan silabus, (3) pengembangan RPP, (4) pelaksanaan pembelajaran di kelas, (5) penilaian dan evaluasi pembelajaran di kelas, dan (6) tindak lanjut hasil pembelajaran. Langkah keempatlah yang merupakan realisasi dari kegiatan intrakurikuler. Dengan demikian kegiatan intrakurikuler diikat oleh kurikulum sekolah.

Selanjutnya, sesuai Permendikbud nomor 62 tahun 2014 bahwa kegiatan ekstrakurikuler adalah kegiatan kurikuler di luar jam belajar kegiatan intrakurikuler dan kegiatan kurikuler di bawah bimbingan dan pengawasan satuan pendidikan. Kegiatan ekstrakurikuler diselenggarakan dengan tujuan untuk mengembangkan potensi, bakat dan minat, kemampuan, kepribadian, kerjasama, kemandirian, peserta didik secara optimal dalam rangka mendukung pencapaian tujuan pendidikan nasional. Oleh karena itu, kegiatan ekstrakurikuler merupakan program besar yang ada di satuan pendidikan yang tidak terpisahkan dengan kurikulum di satuan pendidikan tersebut.

Prinsip ekstrakurikuler berbeda dengan intrakurikuler. Kegiatan ekstrakurikuler tidak terikat seperti pada intrakurikuler. Penyelenggaraan kegiatan ekstrakurikuler untuk meningkatkan dan mengembangkan kemampuan, minat, bakat, dan potensi peserta didik. Hal ini berarti bahwa kegiatan ekstrakurikuler merupakan komponen pendukung kurikulum yang dirancang secara sistematis dan relevan dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan di sekolah.

Peningkatan mutu pendidikan di sekolah melalui kegiatan ekstrakurikuler memberikan peluang kepada peserta didik untuk mengembangkan potensinya secara optimal. Beberapa manfaat yang dapat diperoleh peserta didik dengan mengikuti kegiatan ekstrakurikuler sebagaimana tercantum pada Permendikbud RI Nomor 62 Tahun 2014 tentang kegiatan Ekstrakurikuler pada Dikdasmen adalah: (1) Pengembangan kemampuan personal melalui peningkatan dan perluasan potensi, minat, dan bakat peserta didik; (2) Memfasilitasi minat, bakat, potensi, dan kreativitas peserta didik yang berbeda-beda; (3) Pengembangan kemampuan personal dalam pembentukan karakter; (4) Pengembangan kemampuan sosial dalam bermasyarakat; (5) Sebagai sarana rekreasi karena kegiatan ekstrakurikuler dilakukan dalam suasana menyenangkan. (6) Pengembangan kemampuan berkomunikasi dan bekerja sama dengan orang lain.

Langkah-langkah kegiatan ekstrakurikuler tertuang dalam bentuk perencanaan program kegiatan ekstrakurikuler. Kegiatan Ekstrakurikuler pilihan di satuan

pendidikan dapat dilakukan melalui tahapan: (1) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (2) Analisis sumber daya yang diperlukan dalam penyelenggaraan kegiatan ekstrakurikuler; (3) mengupayakan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (4) menyusun Program Kegiatan Ekstrakurikuler; (5) menetapkan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.

## **2. Keterkaitan antara Kegiatan Intrakurikuler dan Ekstrakurikuler**

Pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler di sekolah juga sebagai wadah dan sarana untuk mencapai dimensi kompetensi sikap dan keterampilan. Dengan demikian, dimensi sikap dan keterampilan merupakan kompetensi yang akan dituju pada kegiatan ekstrakurikuler di sekolah. Sementara itu, kedua kompetensi tersebut berkenaan dan berhubungan dengan konten mata pelajaran pada intrakurikuler. Dengan demikian antara kegiatan ekstrakurikuler dengan kegiatan intrakurikuler berkaitan.

Ada kemungkinan pembelajaran intrakurikuler yang melatih sikap dan keterampilan di luar pengetahuan, memerlukan waktu dan sarana yang lebih leluasa, misalnya melalui kegiatan aktualisasi pada ekstrakurikuler. Atas dasar inilah, maka kegiatan aktualisasi menjadi bahasan utama dalam mata latihan ini. Hal ini sejalan dengan yang tertuang pada Permendikbud nomor 62 tahun 2014 tentang Kegiatan Ekstrakurikuler pada Pendidikan Dasar dan Menengah bahwa ekstrakurikuler terdiri dari dua kegiatan yakni ekstrakurikuler wajib dan ekstrakurikuler pilihan. Pada ekstrakurikuler wajib antara lain mewadahi aktualisasi, sedangkan ekstrakurikuler pilihan merupakan kegiatan pengembangan diri non aktualisasi.

Kegiatan ekstrakurikuler wajib adalah kegiatan ekstrakurikuler yang wajib diselenggarakan oleh satuan pendidikan dan wajib diikuti oleh seluruh peserta didik, terkecuali bagi peserta didik dengan kondisi tertentu yang tidak memungkinkan untuk mengikuti kegiatan ekstrakurikuler tersebut. Dalam hal ini pendidikan Kepramukaan merupakan ekstrakurikuler wajib yang harus diikuti oleh semua peserta didik.

Pendidikan kepramukaan merupakan kegiatan ekstrakurikuler yang secara sistemik diperankan sebagai wahana penguatan psikologis-sosial-kultural (*reinforcement*) perwujudan sikap dan keterampilan kurikulum 2013 yang secara psikopedagogis koheren dengan pengembangan sikap dan kecakapan dalam pendidikan kepramukaan. Dengan demikian pencapaian Kompetensi Inti Sikap Spiritual (KI-1), Sikap Sosial (KI-2), dan Keterampilan (KI-4) memperoleh penguatan bermakna (*meaningfull learning*) melalui fasilitasi sistemik-adaptif pendidikan kepramukaan di lingkungan satuan pendidikan.

Tujuan tersebut di atas, dicapai melalui kegiatan-kegiatan di lingkungan sekolah (*intramural*) dan di luar sekolah (*ekstramural*) sebagai upaya memperkuat proses pembentukan karakter bangsa yang berbudi pekerti luhur sesuai dengan nilai dan moral Pancasila. Pendidikan Kepramukaan dinilai sangat penting. Melalui pendidikan kepramukaan akan timbul rasa memiliki, saling tolong menolong, mencintai tanah air dan mencintai alam. Karenanya Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan mewajibkan setiap sekolah melaksanakan ekstrakurikuler wajib pendidikan kepramukaan.

Dalam pelaksanaan kegiatan kepramukaan satuan pendidikan dapat bekerjasama dengan organisasi kepramukaan setempat dengan mengacu pada ketentuan yang berlaku. Proses saling interaktif dan saling menguatkan ranah sikap dalam bingkai KI-1, KI-2 dan ranah keterampilan dalam KI-4 sepanjang yang bersifat konsisten dan koheren dengan sikap dan kecakapan Kepramukaan merupakan aktualisasi dan penguatan pencapaian Kurikulum 2013.

Model pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler wajib Kepramukaan dapat dilakukan melalui tiga model yakni 1) Model Blok bersifat wajib, setahun sekali, berlaku bagi seluruh peserta didik, terjadwal, penilaian umum, 2) Model Aktualisasi bersifat wajib, rutin, terjadwal, berlaku untuk seluruh peserta didik dalam setiap kelas, penjadwalan, dan penilaian formal dan 3) Reguler di Gugus Depan. Bersifat Sukarela, berbasis minat. Selanjutnya, kegiatan ekstrakurikuler pilihan adalah kegiatan ekstrakurikuler yang dapat dikembangkan dan diselenggarakan oleh satuan pendidikan dan dapat diikuti oleh peserta didik sesuai bakat dan minatnya masing-masing. Selain peserta didik

diharuskan mengikuti program kegiatan ekstrakurikuler wajib berupa pendidikan kepramukaan, satuan pendidikan juga dapat menawarkan salah satu kegiatan program kegiatan ekstrakurikuler pilihan. Disarankan kepada peserta didik agar dalam penentuan satu kegiatan ekstrakurikuler pilihan tersebut perlu mempertimbangkan dan memperhitungkan waktu yang tersedia. Hal ini perlu diketahui agar peserta didik tidak banyak menghabiskan waktu untuk kegiatan ekstrakurikuler pilihan yang akhirnya dapat menghambat dan mengambil waktu yang seharusnya untuk pendalaman materi mata pelajaran.

Ide pengembangan kegiatan ekstrakurikuler pilihan berpangkal dari kebutuhan, bakat, dan minat peserta didik atau sekelompok peserta didik. Oleh karena itu kegiatan Ekstrakurikuler pada satuan pendidikan perlu dikembangkan dengan prinsip: (1) partisipasi aktif yakni bahwa Kegiatan Ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan (2) menyenangkan yakni bahwa Kegiatan Ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik. Selain itu kegiatan ekstrakurikuler pilihan juga dapat dikembangkan yang berkenaan dengan konten dari satu atau beberapa mata pelajaran agar bermanfaat positif bagi peserta didik.

Memperhatikan uraian prinsip kegiatan ekstrakurikuler di atas, sangatlah jelas bahwa keikutsertaan peserta didik dalam kegiatan ekstrakurikuler harus sesuai dengan kebutuhan, potensi, minat, dan bakat pilihan masing-masing agar selama mengikuti kegiatan ekstrakurikuler mereka merasakan senang.

Menurut Permendikbud RI Nomor 62 Tahun 2014 tentang Ekstrakurikuler, bentuk kegiatan ekstrakurikuler yang dapat dilakukan di sekolah berupa:

- a. Krida, misalnya: Kepramukaan, Latihan Kepemimpinan Siswa (LKS), Palang Merah Remaja (PMR), Usaha Kesehatan Sekolah (UKS), Pasukan Pengibar Bendera (Paskibra), dan lainnya;
- b. Karya ilmiah, misalnya: Kegiatan Ilmiah Remaja (KIR), kegiatan penguasaan keilmuan dan kemampuan akademik, penelitian, dan lainnya;

- c. Latihan olah-bakat latihan olah-minat, misalnya: pengembangan bakat olahraga, seni dan budaya, pecinta alam, jurnalistik, teater, teknologi informasi dan komunikasi, rekayasa, dan lainnya;
- d. Keagamaan, misalnya: pesantren kilat, ceramah keagamaan, baca tulis alquran, retreat; atau
- e. Bentuk kegiatan lainnya.

Gambaran keterkaitan antara intrakurikuler dengan ekstrakurikuler ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1 Keterkaitan antara Intrakurikuler dengan Ekstrakurikuler**

Mata Pelajaran	Keterampilan Pramuka							
	Simpul dan Ikatan ( <i>Pioneering</i> )	Mendaki Gunung ( <i>Mountenering</i> )	Peta dan Kompas ( <i>Orientering</i> )	Berkemah ( <i>Camping</i> )	Wirausaha	Bela Negara	Teknologi	Komunikasi
<b>SD</b>								
Agama dan Budi Pekerti								
PPKn								
B. Indonesia								
Matematika								
IPA					√			
IPS								
Seni Budaya dan Prakarya								
Penjasorkes								
<b>SMP</b>								
Agama dan Budi Pekerti								
PPKn								
B. Indonesia								
Matematika								
IPA								
IPS								
B. Inggris								
Seni Budaya								
Penjasorkes								
Prakarya								
<b>SMA</b>								
Agama dan Budi Pekerti								
PPKn								

B. Indonesia								
Matematika								
Sejarah Indonesia								
Bahasa Inggris								
Seni Budaya								
Penjasorkes								
Prakarya dan Kewirausahaan								
SMK								
Agama dan Budi Pekerti								
PPKn								
B. Indonesia								
Matematika								
Sejarah Indonesia								
Bahasa Inggris								
Seni Budaya								
Penjasorkes								
Prakarya dan Kewirausahaan								

**Catatan:**  
 Keterkaitan ditunjukkan dengan memberikan tanda centang (*check*) dengan memperhatikan keterkaitan antara mata plajaran dengan keterampilan kepramukaan.

Selanjutnya, data tentang keterkaitan berdasarkan tabel 2.1 diidentifikasi kompetensi mata pelajaran yang relevan dengan keterampilan kepramukaan seperti ditunjukkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2

Identifikasi Kompetensi Dasar Mata Pelajaran yang Relevan dengan Keterampilan Kepramukaan

Mapel	Keterampilan Kepramukaan	Kompetensi yang Relevan			
		KD dari KI 1	KD dari KI 2	KD dari KI 3	KD dari KI 3
IPA	Wirausaha	1.1 Bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya, serta mewujudkannya dalam pengamalan ajaran agama yang dianutnya	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan inkuiri ilmiah dan berdiskusi	3.7 Mendeskripsikan hubungan antara sumber daya alam dengan lingkungan, teknologi, dan masyarakat	4.6 Menyajikan laporan tentang sumber daya alam dan pemanfaatannya oleh masyarakat
Bahasa Indonesia	.....	....	....	...	...dst.

### 3. Pengelolaan dan Pengkoordinasian Ekstrakurikuler

Pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan ekstrakurikuler yang dijadikan pendukung pencapaian kompetensi mata pelajaran dirancang melalui tahapan sebagai berikut:

a. Analisis Kompetensi Dasar Mata pelajaran:

Langkah ini dilakukan untuk melinierkan keempat Kompetensi Inti/KI-1, KI-2, KI-3, dan KI-4. Kegiatan ini penting dilakukan agar pembelajaran yang dilaksanakan selaras dengan sikap (spiritual dan sosial), pengetahuan, dan keterampilan. Melalui analisis ini akan terpetakan Kompetensi Dasar/KD-KD tertentu yang memerlukan pengembangan atau aktualisasi lebih lanjut. Aktualisasi pembelajaran tersebut akan diwadahi pada kegiatan ekstrakurikuler. Dengan demikian kegiatan yang berlangsung pada ekstrakurikuler dapat mewedahi kegiatan yang dikembangkan pada intrakurikuler. Kegiatan seperti ini menjadi lebih bermakna karena apa yang dilaksanakan pada kegiatan ekstrakurikuler berhubungan dengan apa yang dilakukan peserta didik pada kegiatan intrakurikuler. Keterpaduan ini penting untuk diperhatikan oleh penyusun program kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler. Contoh hasil analisis kompetensi Mata Pelajaran Biologi kelompok Mata Pelajaran Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

**Tabel 3.1** Contoh Analisis Mata Pelajaran Biologi Kelompok Mata Pelajaran Dasar Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan, Kelas X

No	KD dari KI-1	KD dari KI-2	KD dari KI-3	KD dari KI-4	Aktualisasi Kegiatan
1	1.1. Memahami nilai-nilai	2.1	3.3	4.3	Kegiatan proyek pohon asuh

No	KD dari KI-1	KD dari KI-2	KD dari KI-3	KD dari KI-4	Aktualisasi Kegiatan
	keimanan dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya a.	Berperilaku ilmiah: teliti, tekun, jujur terhadap data dan fakta, disiplin, tanggung jawab, dan peduli dalam observasi dan eksperimen, berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, peduli lingkungan, gotong royong, bekerjasama, cinta damai, berpendapat secara ilmiah dan kritis, responsif dan proaktif dalam dalam setiap tindakan dan dalam melakukan pengamatan dan percobaan di	Mengdeskripsikan berbagai tingkat keanekaragaman hayati di Indonesia melalui hasil observasi .	Melakukan analisis ekologi di lingkungan sekitar	melalui wadah ekstrakurikuler wajib (kepramukaan)

No	KD dari KI-1	KD dari KI-2	KD dari KI-3	KD dari KI-4	Aktualisasi Kegiatan
		dalam kelas/laboratorium maupun di luar kelas/laboratorium			

- b. Penyusunan program intrakurikuler dirancang menjadi satu kesatuan dengan kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler yang dilaksanakan melalui pembelajaran di kelas maupun di luar kelas dapat dioptimalkan dengan memberikan tugas kepada peserta didik melalui kegiatan kokurikuler. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka meningkatkan pemahaman terhadap materi yang diberikan pada saat intrakurikuler. Langkah penyusunan program intrakurikuler yang harus dilaksanakani oleh pendidik

Program kegiatan merupakan realisasi hasil analisis kompetensi mata pelajaran. Berdasarkan tabel 3.1 di atas, pembina bersama pelatih ekstrakurikuler dapat menindaklanjuti kegiatan aktualisasi Mata Pelajaran Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan Kompetensi Dasar Biologi SMK untuk dijadikan program kegiatan ekstrakurikuler. Kegiatan membuat proyek pohon asuh berdasarkan kesepakatan bersama dengan pembina dan/atau pelatih ekstarkurikuler akan ditetapkan sebagai salah satu program kegiatan ekstrakurikuler wajib model aktualisasi.

Program kegiatan ini tidak menutup kemungkinan dijadikan sebagai proyek bersama dengan mata pelajaran selain Biologi. Kegiatan proyek bersama ini dapat membantu meringankan peserta didik dan pendidik dari aspek waktu atau beban belajar tetapi tanpa meninggalkan tujuan utamanya yaitu menumbuhkan sikap dan keterampilan peserta didik untuk peduli lingkungan (sesuai KD-2.1). Hasil pengembangan kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler ini dapat

mewujudkan sekolah yang mampu menghasilkan peserta didik yang mandiri, tangguh, dan berkarakter.

Oleh karena itu pada saat menyusun analisis kompetensi, pengampu mata pelajaran “duduk bersama” dengan para pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler untuk bersama-sama menentukan dan menyepakati kegiatan aktualisasi yang akan diterapkan pada kegiatan ekstrakurikuler. Setelah analisis kompetensi dilakukan oleh pengampu mata pelajaran, maka pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler menindaklanjutinya sebagaimana tercantum pada Permendikbud RI Nomor 62 Tahun 2014 tentang Ekstrakurikuler Pasal 4 Ayat (2), bahwa Pengembangan berbagai bentuk Kegiatan Ekstrakurikuler Pilihan dilakukan melalui tahapan: (a) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (b) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penyusunan program Kegiatan Ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.

Langkah berikutnya adalah menentukan sumber daya yang diperlukan dalam merealisasikan kegiatan. Atas dasar langkah ini maka disusunlah program kegiatan. Contoh program kegiatan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2		Contoh Penyusunan Program							
Program Ekstrakurikuler	Nama Kegiatan	Rasional	Tujuan	Deskripsi kegiatan	Pengelolaan				Evaluasi
					Waktu	Sarpras	Penjab	Pendanaan	
Kepramukaan model aktualisasi, Karya Ilmiah Remaja, Jurnalis	Proyek Pohon Asuh	Tuntutan keterampilan menganalisis data hasil observasi tentang berbagai tingkatan keanekaragaman hayati (gen, jenis dan ekosistem) di Indonesia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mencapai kompetensi pada aspek keterampilan dalam bentuk proyek</li> <li>Menumbuhkan embangan sikap dan perilaku yang peduli lingkungan</li> </ul>	<p>Peserta didik melakukan kegiatan proyek yang mencakup perencanaan, pelaksanaan, analisis, dan pelaporan</p>	Semester ganjil, dilaksanakan selama 1 semester	Lahan, Polybag, Pot, Peralatan berkebun	Pembina, Pelatih, Guru mapel	Mandiri, donator, atau sesuai peruntukan (BOS, Komite, dll).	Ketercapaian tujuan pada setiap indikator yang telah ditetapkan dalam perencanaan

Catatan:

- (1) Proyek Pohon Asuh dapat dilakukan pada kegiatan aktualisasi pada ekstrakurikuler wajib. Apabila sebagai ekstrakurikuler wajib maka kegiatan tersebut tidak digunakan pada ekstrakurikuler pilihan.
- (2) Proyek pohon asuh yang dikembangkan dalam kegiatan ekstrakurikuler dapat digunakan untuk mendukung beberapa mata pelajaran lain seperti mapel Geografi, bahasa Indonesia, dan Bahasa Inggris.
- (3) Kegiatan ini merupakan bagian dari komponen kesiswaan yang dirumuskan pada RKS/RKJM/RKT/RKAS.

c. Pelaksanaan Program

Penjadwalan Kegiatan Ekstrakurikuler dirancang di awal tahun pelajaran oleh guru mata pelajaran dan pembina ekstrakurikuler di bawah bimbingan kepala sekolah/madrasah atau wakil kepala sekolah/madrasah. Jadwal Kegiatan Ekstrakurikuler diatur agar tidak menghambat pelaksanaan kegiatan intra dan kokurikuler.

d. Penilaian dan Evaluasi Program

Pelaksanaan program kegiatan ekstrakurikuler perlu dilakukan penilaian dan evaluasi. Penilaian merupakan salah satu umpan balik untuk mengetahui ketercapaian hasil belajar. Untuk mengetahui pencapaian kompetensi ekstrakurikuler maka diperlukan penilaian. Pada akhir kegiatan ekstrakurikuler perlu diketahui pencapaian kompetensi yang dicapai oleh peserta didik. Penilaian kegiatan ekstrakurikuler menunjukkan kinerja peserta didik dalam bentuk kualitatif dan dilengkapi dengan deskripsi. Kriteria keberhasilan meliputi proses dan pencapaian kompetensi peserta didik dalam kegiatan Ekstrakurikuler.

Peserta didik wajib memperoleh nilai minimal “baik” pada kegiatan ekstrakurikuler pada setiap semesternya. Nilai yang diperoleh pada kegiatan ekstrakurikuler berpengaruh terhadap kenaikan kelas peserta didik. Bagi peserta didik yang belum mencapai nilai minimal perlu mendapat bimbingan terus menerus untuk mencapainya.

Dalam kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan penilaian dengan menggunakan penilaian yang bersifat otentik mencakup penilaian sikap dan keterampilan. Penilaian sikap dengan menggunakan penilaian berdasarkan pengamatan, penilaian diri, penilaian antar teman, dan/atau jurnal. Penilaian keterampilan sebagaimana dimaksud dengan menggunakan penilaian unjuk kerja, proyek, dan portofolio.

Seiring kegiatan ekstrakurikuler sebagai pendukung kegiatan intrakurikuler, maka penilaian pencapaian kompetensi yang diamanatkan dalam KD mata pelajaran dapat diperoleh melalui hasil kerjasama antara guru mata pelajaran dengan pelatih ekstrakurikuler.

Contoh kegiatan ekstrakurikuler berupa proyek Pohon Asuh yang terdapat pada uraian ini, dapat dilaksanakan pada ekstrakurikuler wajib (model aktualisasi) hasil penilaiannya dapat digunakan oleh mata pelajaran Biologi, Geografi, Bahasa Indonesia, dan/atau Bahasa Inggris untuk penilaian keterampilan. Nilai keterampilan tersebut diperoleh dari hasil penggunaan Rubrik Penilaian Proyek. Sedangkan nilai sikap diperoleh dari hasil penggunaan instrumen pengamatan. Nilai yang dituliskan pada rapor berupa sebutan: 1) Sangat Baik/SB, 2) Baik/B, 3) Cukup/C, dan 4) Kurang/K disertai dengan deskripsi yang menggambarkan sikap dan keterampilan kegiatan proyek pohon asuh.

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui keefektifan dan efisiensi pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler termasuk kendala dan masalah serta solusi yang dilakukan dalam pelaksanaan kegiatan tersebut. Dengan evaluasi ini diharapkan akan menjadi bahan pertimbangan dalam memperbaiki pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler agar menjadi lebih baik pada masa mendatang.

Aspek yang dievaluasi terkait dengan pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler meliputi:

- Program kegiatan ekstrakurikuler.
- Silabus kegiatan ekstrakurikuler.
- Rencana pelaksanaan kegiatan.
- Pelaksanaan kegiatan.

- Relevansi materi mata pelajaran dengan kegiatan ekstrakurikuler.

Berdasarkan rentang waktu, evaluasi dapat dilaksanakan dalam rentang per kegiatan, bulanan, atau semester. Dengan evaluasi yang dilakukan secara berkesinambungan akan dapat diambil berbagai langkah tindak lanjut, baik yang terkait dengan perbaikan program, kesinambungan program dan pemantapan program.

Penilaian dan evaluasi kegiatan ekstrakurikuler dilakukan untuk mengukur ketercapaian tujuan pada setiap indikator yang telah ditetapkan dalam perencanaan. Satuan pendidikan hendaknya mengevaluasi setiap indikator yang sudah tercapai maupun yang belum tercapai. Berdasarkan hasil evaluasi, satuan pendidikan dapat melakukan perbaikan rencana tindak lanjut untuk siklus kegiatan berikutnya.

Contoh kegiatan ekstrakurikuler pada SMK yang juga memuat tentang panduan pelaksanaan, lembar kerja, sistematika laporan, penilaian adalah sebagai berikut:

#### Contoh Kegiatan Ekstrakurikuler untuk SMK

Panduan Pelaksanaan Kegiatan Proyek Pohon Asuh

Tujuan	Indikator
1. Mencapai kompetensi pada aspek keterampilan dalam bentuk proyek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyusun perencanaan proyek Pohon Asuh</li> <li>• Melaksanakan proyek Pohon Asuh</li> <li>• Menyusun laporan hasil proyek Pohon Asuh</li> </ul>
2. Menumbuhkembangkan sikap dan perilaku yang peduli lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyirami tanaman</li> <li>• Menyiangi tanaman</li> <li>• Memupuk tanaman</li> <li>• Tidak memetik bagian dari tanaman tanpa alasan tertentu</li> </ul>

**Contoh Lembar Kerja Tugas Proyek Pohon Asuh berdasarkan hasil analisis Tabel 3.1.**

<b>LEMBAR KERJA</b>	
<b>MATA PELAJARAN</b>	<b>: BIOLOGI</b>
<b>(Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan)</b>	
<b>KELAS</b>	<b>: X</b>
<b>TUGAS PROYEK</b>	<b>: POHON ASUH</b>
<b>TUJUAN</b>	<b>: MENJAGA KEBERLANGSUNGAN HIDUP POHON</b>
<b>KOMPETENSI DASAR:</b>	
1.1 Memahami nilai-nilai keimanan dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya..	
2.1 Berperilaku ilmiah: teliti, tekun, jujur terhadap data dan fakta, disiplin, tanggung jawab, dan peduli dalam observasi dan eksperimen, berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, peduli lingkungan, gotong royong, bekerjasama, cinta damai, berpendapat secara ilmiah dan kritis, responsif dan proaktif dalam dalam setiap tindakan dan dalam melakukan pengamatan dan percobaan di dalam kelas/laboratorium maupun di luar kelas/laboratorium	
3.3 Mengdeskripsikan berbagai tingkat keanekaragaman hayati di Indonesia melalui hasil obesrvasi.	
4.3 Melakukan analisis ekologi di lingkungan sekitar.	
<b>PERENCANAAN PROYEK</b>	
Lakukan prosedur kerja untuk persiapan penyelesaian proyek ini:	
1. Mempelajari berbagai literatur yang berhubungan dengan keanekaragaman hayati (gen, jenis, dan ekosistem)	
2. Menentukan lahan/lokasi proyek Pohon Asuh	
3. Menyediakan pohon yang akan digunakan dalam proyek	
4. Menentukan data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek.	

5. Menyiapkan peralatan yang digunakan untuk menggali data yang diperlukan (instrument/Lembar Kerja/camera/alat tulis, dll.).
6. Selesaikan proyek ini selama ....minggu/bulan.
7. Buatlah jadwal rencana kegiatan untuk pengamatan, penggalian dan pengolahan data, serta pelaporan.
8. Lakukan bersama kelompok, jika mengalami kesulitan konsultasikan dengan Pembina/Pelatih/Guru

#### **PELAKSANAAN PROYEK**

1. Lakukan penempatan/penanaman pohon di lahan langsung, pot, polybag, atau pot gantung.
2. Rawat tanaman secara teratur dengan cara menyiram, menyiangi, memberi pupuk, dan menjaga seluruh bagian tanaman dari kerusakan.
3. Gali informasi/data tentang kondisi tanaman secara berkala dengan bantuan peralatan, instrumen/tabel/camera/alat tulis, dll.
4. Informasi/data yang telah diperoleh diolah dan dianalisis.
5. Buat simpulan atas kegiatan dan hasil yang diperoleh.

#### **PELAPORAN HASIL PROYEK**

1. Tulis berbagai kegiatan yang kalian telah lakukan mulai dari perencanaan hingga pelaksanaan proyek.
2. Lengkapi laporan hasil proyek dengan gambar-gambar yang kalian peroleh di lapangan untuk memperkuat bukti.
3. Gunakan sistematika berikut untuk memandu kalian dalam menuliskan deskripsi laporan hasil proyek.

**SISTEMATIKA  
LAPORAN PROYEK**

**MATA PELAJARAN : BIOLOGI**  
**(Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan)**

**KELAS : X**

**TUGAS PROYEK : POHON ASUH**

**TUJUAN : MENJAGA KEBERLANGSUNGAN HIDUP POHON**

**A. PERENCANAAN PROYEK:**

1. Prosedur kerja
2. Peralatan yang digunakan
3. Penjadwalan

**B. PELAKSANAAN PROYEK:**

1. Kegiatan perawatan pohon (menyiram, menyiangi, memberi pupuk, melindungi tanaman dari kerusakan).
2. Kegiatan observasi dan penggalan Data
3. Pengolahan dan Analisis Data
4. Masalah dan pemecahannya
5. Membuat gambar kondisi Pohon Asuh setelah mendapat perawatan

**C. HASIL PROYEK:**

Produk: Pohon Asuh yang terawat dan gambar kondisi Pohon Asuh

**D. SIMPULAN DAN REKOMENDASI**

**E. DAFTAR PUSTAKA**

**Contoh Sistematika Laporan Proyek Pohon Asuh**

### Contoh Rubrik Penilaian Proyek

Nama Siswa/Kelompok : .....

Judul Proyek : Pohon Asuh

Tujuan : Menjaga keberlangsungan hidup pohon.

Aspek yang dinilai	Skor			
	1	2	3	4
1. Perencanaan				
mempersiapkan prosedur kerja:				
Menentukan data yang akan digali				
Memersiapkan peralatan (instrumen/Lembar Kerja/kamera/alat tulis)				
Penyusunan jadwal kegiatan proyek				
2. Pelaksanaan				
Menanam				
Menyirami				
Menyiangi				
Memberi pupuk				
Menjaga tanaman dari kerusakan				
Penggalian data				
Pengolahan data				
Analisis data				
Pemecahan Masalah				
Pembuatan Produk/gambar kondisi Pohon Asuh				
3. pelaporan				
Men deskripsikan semua proses kegiatan yang telah dilakukan				
Didukung data hasil pengamatan, penggalian data, dan pengolahan.				
Penulisan laporan secara sistematis				
Menggunakan kaidah penulisan bahasa Indonesia yang baik dan benar.				
Komentar:	..... ..... ..... .....			

**Catatan:**

1. Pembina/Pelatih/Guru mengembangkan kriteria skor 4, 3, 2, 1.
2. Kegiatan ini dapat digunakan sebagai model pembelajaran berbasis proyek pada kegiatan intrakurikuler.

### Contoh Pengamatan Sikap Peduli Lingkungan dalam Kegiatan Proyek Pohon Asuh

No	Nama Peserta Didik	Indikator yang dinilai				Skor yang diperoleh	Nilai
		Mengramil	Mengyiangi	Memupuk	Mengembang biakkan		
1	IGO	V	V	V	V	4	S
2	ENGGI	V	V	V	-	3	B
3	DIONI	V	V	-	-	2	B
4	AHMATO	V	-	-	-	1	C
5	JENGG SINTA	-	-	-	-	0	K

**Keterangan:**

- Nilai yang diperoleh dari kegiatan ini sebagai nilai kegiatan ekstarkurikuler wajib, dan dilaporkan kepada guru mata pelajaran untuk memberikan nilai sikap peduli lingkungan, dan juga dapat dimanfaatkan oleh mata pelajaran lain yang bergabung dalam proyek pohon asuh, selain mata pelajaran biologi.
- Kriteria Nilai sebagai berikut: a) Skor <2: Kurang/K, b) Skor 2: Cukup/C, c) Skor 3: Baik/B, d) Skor 5: Sangat Baik/SB

e. Pelaporan

Laporan mempunyai peranan yang penting dalam pelaksanaan program kegiatan ekstrakurikuler karena dalam pelaksanaan kegiatan hubungan antara guru pembina ekstrakurikuler dengan guru mata pelajaran merupakan bagian dari keberhasilan pelaksanaan kegiatan tersebut. Agar laporan itu efektif dan komunikatif maka penyusunan laporan minimal harus mencakupi aspek latar belakang, tujuan, sasaran, hasil yang diharapkan, program kegiatan, pelaksanaan, masalah dan solusi pemecahan masalah, serta simpulan.

f. Tindak Lanjut

Tindak lanjut merupakan komponen penting dalam siklus pelaksanaan suatu program. Pada akhir pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler ini diperlukan tindak lanjut untuk menentukan langkah berikutnya yang akan dilakukan. Tindak lanjut hasil evaluasi program kegiatan ekstrakurikuler dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi hasil laporan kegiatan ekstrakurikuler diantaranya kelengkapan Pembina/pelatih ekstrakurikuler yang berupa:

- Program kegiatan ekstrakurikuler
- Silabus materi kegiatan ekstrakurikuler
- Rencana pelaksanaan kegiatan
- Pelaksanaan kegiatan
- Penilaian hasil kegiatan
- Hasil evaluasi

Berdasarkan hasil evaluasi program kegiatan ekstrakurikuler yang telah dilakukan maka tindak lanjut berikutnya dapat berupa:

- Perbaikan program, jika memang ternyata tujuan yang telah ditentukan belum tercapai. Maka program kegiatan ekstrakurikuler tersebut perlu dirancang ulang untuk memperbaiki program berikutnya.
- Pemantapan program, jika program kegiatan ekstrakurikuler yang diprogramkan itu dapat dilaksanakan sesuai dengan yang telah direncanakan.
- Penyusunan program ekstrakurikuler untuk tahun berikutnya berdasarkan hasil evaluasi.

g. **Aktivitas Pembelajaran**

Secara umum aktivitas pembelajaran pada materi pengembangan ekstrakurikuler untuk aktualisasi diri peserta didik, diawali dengan **kegiatan persiapan**:

Kegiatan ini dilaksanakan untuk mempersiapkan sarana pendukung kegiatan pembelajaran di kelas sekaligus perkenalan dengan fasilitator di kelas.

**Kegiatan pendahuluan:**

Kegiatan ini untuk memberikan motivasi dan apersepsi/pengkondisian implementasi kurikulum serta penyampaian tujuan pembelajaran, dll.

**Kegiatan inti:**

Kegiatan inti dilaksanakan mengikuti urutan pembelajaran saintifik, meliputi aktivitas pembelajaran 1, membahas materi perbedaan dan keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler, dan kegiatan pembelajaran 2 membahas pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan ekstarikuler.

**Kegiatan Penutup:**

Kegiatan ini untuk merangkum hasil pembelajaran, refleksi dan umpan balik, dan tindak lanjut.

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

##### **Aktivitas pembelajaran 1 adalah sebagai berikut:**

1. Pada pembelajaran mata latih pengembangan ekstrakurikuler untuk aktualisasi diri peserta didik, aktivitas peserta didik mempelajari 2 sub materi latih yang dikemas pada kegiatan pembelajaran 1 dan 2, yaitu (1) materi perbedaan dan keterkaitan antara kegiatan Ekstrakurikuler dan Intrakurikuler, dan (2) materi pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan ekstrakurikuler.
2. Waktu yang tersedia untuk mempelajari kegiatan pembelajaran pengembangan ekstrakurikuler untuk aktualisasi diri disesuaikan dengan struktur program pendidikan dan pelatihan di PPPPTK BMTI, terdiri dari: kegiatan persiapan pembelajaran, kegiatan

pendahuluan, kegiatan inti meliputi kegiatan pembelajaran 1 dan kegiatan pembelajaran 2, dan kegiatan penutup.

3. Selama mengikuti pembelajaran, Anda perlu berkonsentrasi, bekerja secara mandiri dan bekerja kelompok, serta menyiapkan bahan bacaan yang bersumber dari uraian materi pada buku ini, diantaranya:
  - a. Permendikbud Nomor 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses. b. Permendikbud Nomor 57 tentang kurikulum 57 Tahun 2014 tentang kurikulum 2013 SD/MI.
  - b. Permendikbud Nomor 58 tentang kurikulum 2013 SMP/Mts.
  - c. Permendikbud Nomor 59 tentang kurikulum 2013 SMA/MA
  - d. Permendikbud Nomor 60 tentang Kurikulum 2013 SMK/MAK.
  - e. Permendikbud Nomor 62 Tahun 2014 tentang Ekstrakurikuler.
  - f. Permendikbud Nomor 63 Tahun 2014 tentang Kepramukaan.
  - g. Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran.
  - h. Permendikbud Nomor 104 Tahun 2014 tentang Penilaian.
4. Penyusunan program intrakurikuler dirancang menjadi satu kesatuan dengan kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler yang dilaksanakan melalui pembelajaran di kelas maupun di luar kelas dapat dioptimalkan dengan memberikan tugas kepada peserta didik melalui kegiatan kokurikuler. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka meningkatkan pemahaman terhadap materi yang diberikan pada saat intrakurikuler.
5. Kegiatan pembelajaran perlu dibantu oleh pengurus kelas. Oleh karena itu Anda pilih satu orang sebagai ketua kelas, satu orang sebagai wakil, dan satu orang sekretaris. Apabila ada kegiatan kelompok, maka setiap kelompok memilih ketua dan sekretaris kelompok. Ketua kelas dan wakil bertugas mengkoordinasikan kegiatan pelatihan dari awal hingga akhir termasuk pengumpulan tugas-tugas, sedangkan sekretaris kelas mengatur notula kegiatan baik kegiatan kelas maupun kegiatan di masing-masing kelompok. Semua tugas dan notula dari awal hingga akhir kegiatan diserahkan kepada fasilitator di kelas pada hari terakhir pelatihan (sebelum kegiatan penutupan).
6. Pada kegiatan pembelajaran satu Anda akan melaksanakan pembelajaran yang urutannya mengikuti alur saintifik sebagai berikut:

- a. Amati dan simaklah gambar/foto kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler secara individu melalui layar LCD di kelas.
- b. Carilah informasi tentang perbedaan dan keterkaitan kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler dari bacaan uraian materi kegiatan pembelajaran 1.
- c. Bekerjalah dalam kelompok, masing-masing kelompok beranggotakan 5 orang.
- d. Diskusikan dalam kelompok hasil pengamatan yang diperoleh dan tentukan fakta-fakta yang mendukung masalah yang dianalisis, kemudian tuliskan pada kertas plano.
- e. Komunikasikan data hasil diskusi kelompok yang telah dideskripsikan pada kertas plano (model penyajian di kertas plano diserahkan kepada kreativitas kelompok).
- f. Tempelkan kertas plano di dinding tembok kelas, kemudian secara bergantian masing-masing kelompok membaca hasil kerja kelompok lain, sekaligus memberikan masukan secara tertulis di kertas yang telah tersedia, jangan lupa setiap masukan harus diberi identitas nama dan asal kelompok.
- g. Diskusikan dalam kelompok untuk membandingkan fakta-fakta hasil pengamatan pada kelompok lain dengan hasil kerja kelompoknya sendiri.
- h. Kumpulkan hasil kerja tersebut kepada fasilitator melalui ketua kelas, jangan lupa memberi identitas kelompok dilengkapi dengan nama anggota.

Pertanyaan diskusi:

LK. 01

Bagaimana hasil analisis Anda tentang konsep, prinsip, manfaat dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan kegiatan ekstrakurikuler berdasarkan informasi yang telah Anda dapatkan?

LK. 02

Bagaimanakah keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler? Berikan contoh konkret berdasarkan pengalaman Anda atau berdasarkan informasi yang telah Anda dapatkan dari sumber bacaan!

- i. Di akhir kegiatan pembelajaran sub materi satu Anda akan mengomunikasikan hasil kerja kelompok pada kertas plano yang di tempel di dinding untuk diketahui dan diperbaiki oleh kelompok lain yang nantinya akan digunakan sebagai kesimpulan bersama.

### **Aktivitas pembelajaran 2 adalah sebagai berikut:**

Pada kegiatan pembelajaran dua Anda akan melaksanakan pembelajaran yang urutannya mengikuti alur saintifik, akan tetapi setelah Anda menggali informasi Anda akan diminta bermain peran, yaitu memerankan komponen sekolah (KS, Wakasis, Pembina/Pelatih Ekstrakurikuler, dan Guru Mapel) dalam mengelola dan mengkoordinasikan kegiatan ekstrakurikuler. Langkah yang harus dilakukan pada aktivitas pembelajaran kedua ini adalah sebagai berikut:

1. Amati dan simaklah tayangan video kegiatan ekstrakurikuler secara individu melalui layar LCD di kelas.
2. Carilah informasi tentang pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler dari bacaan uraian materi pada bahan ajar ini atau dari sumber lain.
3. Lakukan kegiatan bermain peran untuk mensimulasikan seorang Kepala Sekolah sedang mengelola dan mengkoordinasikan kegiatan ekstrakurikuler mulai dari kegiatan

identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik berdasarkan proses analisis kompetensi mata pelajaran, analisis sumber daya yang diperlukan, menyusun program ekstrakurikuler, melaksanakan program, menilai dan mengevaluasi, melaporkan, hingga tindak lanjut kegiatan ekstrakurikuler, dengan langkah sebagai berikut:

- a. Pilihlah masing-masing satu orang untuk berperan sebagai:
  - Kepala Sekolah/KS.
  - Wakil Kepala Sekolah urusan Kesiswaan/Wakasis
  - Pembina/pelatih ekstrakurikuler/Pembina ekskul
  - Pelatih ekstrakurikuler/pelatih ekskul
- b. Peserta yang tidak berperan sebagai tersebut di atas, berperanlah sebagai guru, kemudian bagilah menjadi 5 jenis rumpun mata pelajaran yang berbeda.
- c. Peserta yang berperan sebagai Kepala Sekolah mengatur kegiatan penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler dengan langkah sebagai berikut:
  - Guru mapel (ada 5 rumpun mapel) diminta melakukan analisis kompetensi mata pelajaran, kemudian hasilnya dituangkan ke dalam Format 1.
  - Hasil analisis kompetensi mata pelajaran dikomunikasikan dengan wakasis, pembina kesiswaan dan/atau pelatih ekstrakurikuler.
  - Wakasis bersama pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler menindaklanjuti hasil analisis kompetensi mata pelajaran, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan program kegiatan aktualisasi pada kegiatan ekstrakurikuler wajib, hasilnya dituangkan pada Format 2.
  - Komunikasikan hasil kerja tim di depan kelas, oleh 4 orang yang berperan sebagai KS, wakasis, pembina/pelatih, dan wakil guru mapel.

LK. 03

**ANALISIS KOMPETENSI MATA PELAJARAN (MAPEL)**

MAPEL	KD dari KI-1	KD dari KI-2	KD dari KI-3	KD dari KI-4	Indikator akan dikembangkan		Bentuk kegiatan aktualisasi ekstrakurikuler wajib
					Sikap	Keterampilan	

LK. 04

Program Kegiatan

Program Ekstrakurikuler	Nama kegiatan	Rasional	Tujuan	Deskripsi kegiatan	Pengelolaan			Evaluasi
					Waktu	Sarpras	Penjab	

- a. Di akhir kegiatan pembelajaran dua yang berperan sebagai KS, Wakasis, Pembina/Pelatih Eksktrakurikuler, dan Guru Mapel akan mengomunikasikan hasil kerja tim agar dapat diketahui oleh semua peserta.
- b. Tagihan yang harus Anda penuhi pada aktivitas pembelajaran dua adalah: hasil kerja kelompok yang dituliskan pada format LK. 03 dan LK. 04.
- c. Setelah Anda mengikuti seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran, diharapkan secara jujur Anda dapat menjawab pertanyaan sebagai berikut:
  - 1) Bagaimana kebermanfaatan kegiatan ekstrakurikuler terhadap pencapaian kompetensi yang diamanatkan dalam program intrakurikuler?
  - 2) Bagaimana pendapat Anda terhadap program intrakurikuler dan ekstrakurikuler?
  - 3) Bagaimana peran pembina, guru, dan pelatih pada kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler?
  - 4) Bagaimana pendapat Anda tentang kesulitan dalam menyusun dan mengkoordinasikan program intrakurikuler dan ekstrakurikuler?

#### **E. Rangkuman**

1. Intrakurikuler merupakan kegiatan pengembangan diri yang dilaksanakan melalui kegiatan proses belajar mengajar yang merupakan inti dari proses yang terjadi di sekolah sebagai lembaga formal. Kegiatan ini dapat terjadi secara berkesinambungan antara konsep pembelajaran yang dilaksanakan di dalam kelas dan di luar kelas berdasarkan penerapan kurikulum yang dilaksanakan oleh satuan pendidikan.
2. Kegiatan intrakurikuler wajib diikuti oleh peserta didik, bersifat mengikat, dilaksanakan dengan jadwal dan waktu yang jelas, dilaksanakan terus menerus sesuai kalender akademik. Sasaran dan tujuan intrakurikuler adalah menumbuhkan kemampuan akademik peserta didik, dimana kegiatannya berada di bawah tanggungjawab guru mapel atau guru kelas.

3. Intrakurikuler dilakukan sekolah secara teratur, jelas, dan terjadwal. Kegiatan ini dikelola secara sistematis yang merupakan program utama dalam proses mendidik peserta didik. Intrakurikuler, kokurikuler, dan kegiatan ekstrakurikuler merupakan kegiatan kurikulum pada satuan pendidikan yang saling terkait satu dengan yang lain, dalam rangka mencapai mutu satuan pendidikan. Kegiatan kokurikuler adalah kegiatan kurikuler yang mendukung kegiatan intrakurikuler berupa tugas-tugas pendukung pembelajaran.
4. Kegiatan Ekstrakurikuler dapat memfasilitasi bakat, minat, dan kreativitas peserta didik yang berbeda-beda, dimana kegiatannya berada dibawah tanggungjawab pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler.
5. Kegiatan ekstrakurikuler meliputi ekstrakurikuler wajib dan ekstrakurikuler pilihan. Kegiatan ekstrakurikuler wajib berupa kepramukaan. Ada tiga macam model pelaksanaan kepramukaan, yaitu sistem blok, aktualisasi, dan reguler.
6. Ekstrakurikuler wajib adalah program ekstrakurikuler yang harus diikuti oleh seluruh peserta didik, terkecuali bagi Peserta Didik dengan kondisi tertentu yang tidak memungkinkan untuk mengikuti kegiatan Ekstrakurikuler tersebut.
7. Penyusunan program intrakurikuler direncanakan menjadi satu kesatuan dengan kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka meningkatkan penguasaan terhadap kompetensi yang diamanatkan dalam intrakurikuler.
8. Langkah penyusunan program intrakurikuler yang harus dilalui oleh pendidik adalah dengan melakukan analisis kompetensi mata pelajaran. Melalui analisis ini akan terpetakan Kompetensi Dasar tertentu yang memerlukan pengembangan atau aktualisasi lebih lanjut. Aktualisasi dari pembelajaran tersebut akan diwadahi pada kegiatan ekstrakurikuler.
9. Pelaksanaan Program Kegiatan Ekstrakurikuler yang telah disusun perlu dilakukan penilaian, evaluasi, laporan, dan rencana tindak lanjut.

## F. Tes Formatif

### Petunjuk:

- Kerjakan soal berikut ini dengan cermat
- Pilih salah satu jawaban yang paling tepat

### Soal:

1. Peserta didik merupakan anggota masyarakat yang dipandang perlu mendapatkan layanan pendidikan agar dapat tumbuh menjadi individu berkualitas dalam dimensi sikap, pengetahuan, maupun keterampilan. Pada pernyataan manakah kegiatan yang mendukung bahwa satuan pendidikan perlu mengoptimalkan pembentukan sikap dan keterampilan?
  - A. Pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa.
  - B. Pendidikan bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.
  - C. Setiap pendidikan harus dapat memerankan fungsinya membentuk individu berkualitas dalam dimensi sikap, pengetahuan, maupun keterampilan seiring dengangan tuntutan jaman.
  - D. Setiap satuan pendidikan wajib mengembangkan kegiatan untuk mewadahi potensi peserta didik sebagaimana tercantum pada Permendikbud Nomor 62 Tahun 2014 tentang Kegiatan Ekstrakurikuler pada Pendidikan Dasar dan Menengah dan Permendikbud Nomor 63 Tahun 2014 tentang Pendidikan Kepramukaan.

2. Berikut adalah pernyataan yang kurang tepat berkaitan dengan intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler.
  - A. Intrakurikuler merupakan kegiatan pengembangan diri yang dilaksanakan melalui kegiatan proses belajar mengajar yang merupakan inti dari proses yang terjadi di sekolah sebagai lembaga formal.
  - B. Antara intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler belum tentu ada keterkaitan atau belum tentu dapat dikaitkan satu dengan lainnya.
  - C. Agar supaya peserta didik memahami dan mendalami materi yang dipelajari pada kegiatan intrakurikuler maka diperlukan kegiatan kokurikuler, kegiatan kokurikuler ini dapat berupa tugas-tugas yang mendukung pembelajarannya.
  - D. Ekstrakurikuler dilaksanakan diluar intrakurikuler, kegiatan ekstrakurikuler terdiri atas kegiatan ekstrakurikuler wajib dan pilihan, waktu pelaksanaan, sasaran dan program, teknis pelaksanaan, evaluasi dan kriteria keberhasilan berbeda dengan kegiatan intrakurikuler.
  
3. Pernyataan berikut berkaitan dengan karakteristik untuk mengetahui perbedaan intrakurikuler dengan ekstrakurikuler, kecuali:
  - A. Kegiatan intrakurikuler wajib diikuti oleh peserta didik, bersifat mengikat, dilaksanakan dengan jadwal dan waktu yang jelas, dilaksanakan terus menerus sesuai kalender akademik.
  - B. Sasaran dan tujuan intrakurikuler adalah menumbuhkan kemampuan akademik peserta didik, dimana kegiatannya berada dibawah tanggungjawab guru mata pelajaran atau guru kelas, keberhasilan peserta didik dalam menguasai kompetensi disesuaikan dengan kurikulum yang diberlakukan oleh sekolah, dan dinilai dengan menggunakan tes dan non tes.
  - C. Kegiatan ekstrakurikuler wajib tidak harus diikuti oleh peserta didik, bersifat mengikat, dilaksanakan dengan jadwal dan waktu yang jelas, dilaksanakan terus menerus.

- D. Ekstrakurikuler pilihan disesuaikan dengan bakat dan minat peserta didik. Sasaran dan tujuan ekstrakurikuler adalah menemukan dan mengembangkan potensi peserta didik, serta memberikan manfaat sosial yang besar dalam mengembangkan kemampuan berkomunikasi, bekerja sama dengan orang lain.
4. Pengembangan berbagai bentuk kegiatan ekstrakurikuler pilihan dapat dilakukan melalui tahapan sebagai berikut. Manakah langkah yang tepat?
- A. (a) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya (b); identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.
- B. (a) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (b) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.
- C. (a) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (b) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan, dan (e) penyusunan program Kegiatan ekstrakurikuler.
- D. (a) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (b) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (c) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (d) penyusunan

program kegiatan ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.

5. Kegiatan ekstrakurikuler pada satuan pendidikan dikembangkan dengan menggunakan prinsip berikut:
  - A. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik dan orang tua peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik.
  - B. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik dan segenap warga sekolah.
  - C. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan seluruh *stakeholder* secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik.
  - D. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik.

**G. Kunci Jawaban**

1. D

2. B

3. C

4. B

5. D

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : SIMBOL GRAFIK KOMPONEN LISTRIK

### A. Tujuan

Setelah mengikuti materi pembelajaran ini peserta diklat dapat :

- Melalui kegiatan mengamati peserta diklat dapat menyebutkan standar simbol grafik yang ada
- Melalui kegiatan mengamati peserta diklat membaca simbol grafik komponen listrik
- Melalui kegiatan mencoba peserta diklat menggambar simbol grafik komponen listrik

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- Menyebutkan standar simbol grafik yang ada
- Membaca simbol grafik komponen listrik
- Menggambar simbol grafik komponen listrik

### C. Uraian Materi

#### Simbol Komponen Listrik

Simbol teknik listrik bertujuan untuk menyingkat keterangan-keterangan dengan menggunakan gambar. Simbol listrik sangat penting untuk dipelajari dipahami karena hampir semua rangkaian listrik menggunakan simbol-simbol. Gambar simbol untuk teknik telah diatur oleh lembaga normalisasi atau standarisasi. Beberapa lembaga yang menormalisasi simbol-simbol listrik antara lain :

- ANSI : *American National Standard Institute*
- JIC : *Joint International Electrical Association*
- NMEA: *National Manufacturer Electrical Assotiation*
- DIN : *Deutche Industrial Norm*
- VDE : *Verband Deutcher Elektrotechniker*
- NEC : *National Electrical Code*
- IEC : *International Electrical Commission.*

**Commented [HP3]:** All . . Ukuran huruf, jenis huruf dan spasi harus disesuaikan dengan panduan

Meskipun banyak lembaga yang mengeluarkan simbol listrik, namun dalam normalisasinya telah diatur sedemikian rupa sehingga suatu simbol tidak mungkin mempunyai dua maksud atau dua arti, begitu sebaliknya dua gambar simbol mempunyai satu maksud (interpretasi).

**Tabel 1** Perbedaan Simbol Grafik Listrik antara Standar Amerika dan Jerman

S I M B O L		K E T E R A N G A N
AMERIKA	JERMAN	
		Kondensator Elektrolit
		Tahanan yang dapat diubah
		Kumparan berinti besi
		Transformator berinti besi
		Transformator berinti udara
		Transformator 3 fasa segitiga bintang
		Motor listrik kompon

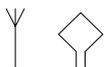
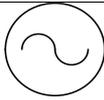
**Commented [HP4]:** Semua gambar yang diambil dari referensi lain harus mencantumkan sumber.

Diantara negara yang sudah maju industri kelistrikannya menentukan normalisasi sendiri, bahkan diikuti oleh dunia teknik pada umumnya. Contoh negara yang mempunyai normalisasi sendiri adalah Amerika dan Jerman. Simbol listrik dari kedua negara tersebut agak berlainan bentuk maupun interpretasinya, namun semua itu dapat dipahami karena sama-sama bertujuan untuk memudahkan dan membuat lancar kegiatan teknik yang dihadapi. Tabel 1 memperlihatkan sebagian perbedaan simbol listrik dari Amerika dan Jerman Indonesia berdasarkan pertemuan yang diprakarsai oleh LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) antara ilmuwan dan kalangan industri telah berhasil membuat standar simbol yang berhubungan dengan teknik listrik arus kuat. Hasil tentang simbol listrik ini telah di tuangkan dalam buku PUIL 1977. ( Peraturan Umum Instalasi Listrik ) dan diperbaharui lagi dalam PUIL 1987 dan PUIL 2000.

Berikut ini adalah beberapa kategori simbol grafik komponen kelistrikan:

Tabel 2 Simbol Grafik Rangkaian Dasar

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Polaritas		
Positif	+	
Negatif	-	
Netral	N	
Arah transmisi dan Gerak		
Arah Energi		
Arah gerakan		
Sensor rotasi		
Arah Penyalaan		
Setel dan Atur		
Setel		
Atur		
Variabel		
Linear		
Tidak Linear		
Bentuk Pulsa		
Pulsa kotak positif		
Pulsa kotak Negatif		
Gelombang gigi gergaji		
Gelombang tangga/step Positif		

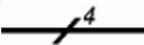
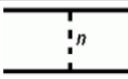
Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Gelombang tangga/step negatif		
Fuse		
Anntena		
Batere sel tunggal		
Baterai multisel		
Gelombang Sinusoidal		
<b>Pelindung</b>		
Umum		
Elektrostatic		
Elektromagnetik		
Pelindung Komponen		

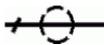
Tabel 3 Simbol Grafik Jenis Arus, Tegangan dan koneksi

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Jenis Arus dan Tegangan		
Tegangan dan arus DC		
Tegangan dan Arus AC		
Tegangan AC pada frekuensi Audio		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Tegangan AC pada frekuensi Radio		
AC atau DC		
Sambungan Arus AC		
Sambungan Bintang		
Sambungan Delta		
Sambungan Bintang Delta		
Sambungan Zig Zag		

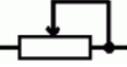
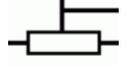
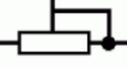
Tabel 4 Simbol Grafik Saluran dan Sambungan Saluran

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Saluran		
Saluran, umum		
2 jalur		
3 jalur		
4 jalur		
n-jalur		
Persambungan dari dua jalur		
Persilangan antar dua jalur tanpa persambungan		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Persilangan antar dua jalur dengan persambungan		
Pelindung saluran		
Saluran kabel koaksial		
Saluran dan sambungan		
Pembumian		
Sambungan Pentanahan		
Sambungan yang dapat diputus sambung		
Terminal		
Terminal Kabel		
Kopling Sleeve		
Kotak sambungan satu cabang		
Kotak sambungan dua cabang		

Tabel 5 Simbol Grafik Resistor

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Resistor, Umum		
Variabel Resistor dengan interrupt		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Variabel Resistor tanpa interupt		
Resistor sebagai pembagi tegangan		
Resistor dapat diatur		
Resistor dengan variabel tak terbatas		
Resistor tergantung tegangan (non Linear)		
Resistor Fuse		
Fuse Potensial		
Arrester dua elektroda		
Arrester ION (titik berisi gas)		

Tabel 6

Simbol Grafik Kapasitor

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Kapasitor , Umum		
Kapasitor Elektrolit polar		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Kapasitor Elektrolit Non Polar		
Kapasitor Lead in polar		
Kapasitor Lead in non polar		
Kapasitor Variabel		
Kapasitor Variabel dengan indikasi rotor		
Kapasitor anti interferensi		

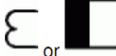
Tabel 7 Simbol Grafik Induktor dan Transformer

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
<b>Induktor</b>		
Umum		
Atau		
Induktor Berinti Udara		
		
Induktor Berinti Udara dengan dua tap		
		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Inti besi		
Inti besi dengan pemisah udara		
Inti ferrit		
Lilitan inti besi		
Trafo satu fase		
Trafo satu fase dengan inti besi dan 3 lilitan		
Trafo 3 fase dalam hubungan bintang-bintang		
Trafo 3 fase dalam hubungan bintang-delta		
Trafo auto dalam hubungan bintang		

Tabel 8 Simbol Grafik Arus Dan Tegangan Transformator

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Trafo Arus		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Lilitan Primer		
Lilitan sekunder		
Trafo Arus, Umum		
Atau		
Trafo tegangan, Umum		
atau		
Kapasitif		
atau		

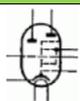
Tabel 9 Simbol Grafik Elektromekanik dan Elektrothermal

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Batery 1 sel		
Batery 5 sel dengan 1 tap		
Elemen termoelektrik		

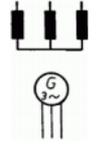
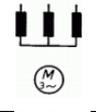
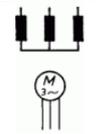
Tabel 10

Simbol Grafik Komponen Tabung

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Diode, pemanas tidak langsung		
Duo diode, pemanas tidak langsung		
atau		
Triode, pemanas tidak langsung		
atau		
Duotriode dengan katoda terpisah, pilamen pemanas ditengah		
Tetroda		
Pentoda supressed grid		
Trioda Pentoda		

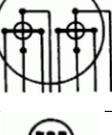
Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Trioda Heptoda		

Tabel 11 Simbol Grafik Mesin listrik

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Rotor dengan lilitan, komutator dan sikat		
Mesin asinkron dalam sambungan delta dan rotor dalam sambungan start		
Generator DC		
Motor DC		
Generator 3 Fasa		
Motor 3 fasa		
Motor slip ring 3 fasa		

Tabel 12

Simbol Grafik Meter Bergerak dan Alat Ukur

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Jalur tegangan bergerak		
atau		
Jalur arus bergerak		
atau		
Wattmeter bergerak		
Saluran tegangan		
Wattmeter 2 fasa bergerak		
Ohmmeter bergerak		
Frekuensi meter bergerak		
Voltmeter		
Ammeter		
Wattmeter dengan 2 elemen		
elektrometer		

Tabel 13

Simbol Grafik Elektroakustik

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Penerima Telepon		
atau		
Mikropon		
atau		
Mikropon Throat		
Hand set		
loudspeaker		
		
Head mono		
Head stereo		
Head rekaman, mekanik		
Head pembaca, mekanik		
Head magnetik		
Head rekam		
Head Playback		

Head rekam, <i>play</i> dan hapus		
Bel		
Bel DC		
Bel arus AC		
Bel <i>single stroke</i>		
Buzer		
Speaker Horn		
Sirine		
Howler		
sinyal		
elektromagnetik		
Elektrodinamik dengan koil		
Elektrodinamik dengan pita		
Piezoelektrik		
Magnetostriktif		
Kapasitif		
Karbon		
Penerima telepon elektromagnetik		
Mikropon karbon		
Mikropon kapasitif		

Loadspeaker Magnet		
--------------------	---	--

Tabel 14 Simbol Grafik untuk Perencanaan Pengkabelan

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Kotak sambung		
Pemutus kutub tunggal		
Pemutus dua kutub		
Pemutus tiga kutub		
Saklar group , kutub tunggal		
Multi sirkit Kutub tunggal		
Saklar SPDT		
Saklar 4 Jalur dengan satu kutub		
Soket tunggal		
Soket ganda dengan pelindung		
Soket tunggal dengan pelindung		
Lampu glow		
Lampu TL		

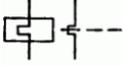
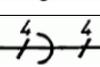
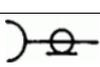
Glow igniter		
Pembuka Pintu		

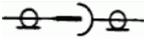
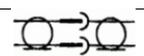
Tabel 15 Simbol Grafik Komponen Saklar dan Kontaktor

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
<b>Saklar</b>		
Kontak sambung/ <i>make contact</i>		
Kontak Putus / <i>Break contact</i>		
Saklar tukar		
Saklar tukar dengan posisi netral ditengah		
Kontak sambung		
Kontak putus		
Saklar tukar dengan interupt		
Saklar lever yang digerakan oleh tangan		
Kontak sambung dengan otomatis reset		

Kontak putus dengan otomatis reset		
Saklar putus tiga kutub		
Power CB, tiga kutub		
Power B, tiga kutub		
Saklar Power, tiga kutub		
Saklar tiga kutub dengan 1 kontak sambung dan 2 kontak putus		
<b>Drive</b>		
Drive, umum		
Dikemudikan oleh panas		
Dikemudikan oleh gaya sentrifugal		
Dikemudikan oleh piston		
Dikemudikan oleh motor listrik		
Dikemudikan oleh Cams		
Dikemudikan ngambang		
Dikemudikan manual		

Dikemudikan manual dengan reset otomatis		
atau		
Digerakkan oleh kunci atau alat		
Dikemudikan oleh relay atau kontaktor		
<b>Sistem Driver</b>		
Lilitan relay AC		
Lilitan relay tidak sensitif terhadap AC		
Lilitan relay elektro termal		
Lilitan relay remanensi		
Lilitan relay polaris		
Lilitan dengan relay tripp oleh arus lebih		
Lilitan dengan relay tripp oleh arus rendah		
Lilitan dengan relay tripp oleh terbalik arus		
Lilitan dengan relay tripp oleh tegangan turun		
Lilitan dengan relay tripp oleh tegangan turun		

Lilitan dengan <i>relay tripp</i> oleh error tegangan		
Lilitan dengan <i>tripp termal</i> pada relay		
Lilitan relay dengan <i>delay atraksi</i>		
Lilitan relay dengan <i>delaydrop</i>		
Lilitan relay dengan <i>delay atraksi dan drop</i>		
Lilitan relay dengan <i>delay elektrotermal</i>		
Lilitan relay dengan <i>delay elektronik</i>		
Lilitan <i>tripp relay</i> oleh rangkain terbuka		
Lilitan <i>tripp relay</i> oleh rangkain tertutup		
Lilitan <i>tripp relay</i> oleh arus lebih dengan delay waktu		
<b>Koneksi/ plug</b>		
<i>Receptacle</i>		
<i>Plug</i>		
Konektor satu kutub		
Konektor empat kutub		
Koaksial		

Konektor koaksial		
Konektor koaksial 2 inti		

#### D. Aktivitas Pembelajaran

##### Aktivitas 1 Pengamatan

Coba Saudara amati Jalur listrik yang ada diruangan Anda!.Dapatkah Saudara menggambarkan instalasi listrik di ruangan tersebut.Tentunya Saudaramendapat kesulitan, dalam menggabar sebuah lampu pun perlu waktu lama. Coba disuksikan mengapa perlu membuat simbol grafik dari sebuah rangkaian instalasi listrik?. Bagaimana simbol-simbol tersebut dibuat?.Presentasikan hasil diskusi Anda?

##### Aktivitas 2

Buatlah 10 Simbol Grafik Elemen rangkaian, jenis arus dan tegangan, Saluran dan Sambungan Saluran, Resistor, Kapasitor, Induktor dan Transformator arus dan tegangan Transformator, Elektromekanik dan elektrothermal, Komponen Tabung, Mesin listrik, Meter bergerak dan alat ukur, Elektroakustik dan Perencanaan Pengkabelan

##### Aktivitas 3 Lembar Kerja Peserta Didik

###### Alat dan bahan:

1. Pensil ..... 1 buah
2. Penggaris ..... 1 set
3. Penghapus ..... 1 buah
4. Rapido ..... 1 set
5. Sablon huruf dan simbol ..... 1 set
6. Kertas gambar ukuran A3 ..... 1 lembar

**Kesehatan dan Keselamatan Kerja :**

1. Berdo'alah sebelum memulai kegiatan belajar!
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar !
3. Gunakanlah peralatan gambar dengan hati-hati!

**Langkah Kerja:**

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan!
2. Rekatkanlah dengan isolasi sudut kertas gambar!
3. Buatlah garis tepi!
4. Buatlah sudut keterangan gambar (*stucklyst*)!
5. Kerjakan lembar latihan di bawah ini!
6. Rencanakan tata letak (lay out) pembuatan gambar!
7. Mulailah menggambar dengan menggunakan pensil lebih dahulu, baru disalin dengan rapido!
8. Kumpulkanlah hasil latihan jika sudah selesai!
9. Setelah selesai bersihkan alat gambar dan kembalikan ke tempatnya!

Lembar Latihan :

Salinlah simbol listrik berikut di atas kertas A3 dengan menggunakan rapido!

**E. Rangkuman**

Simbol teknik listrik bertujuan untuk menyingkat keterangan-keterangan dengan menggunakan gambar. Simbol listrik sangat penting untuk dipelajari dipahami karena hampir semua rangkaian listrik menggunakan simbol-simbol. Gambar simbol untuk teknik telah diatur oleh lembaga normalisasi atau standarisasi.

Pengelompokan dari simbol grafik komponen listrik terdiri dari :

- Simbol Grafik Elemen Rangkaian
- Simbol Grafik Jenis Arus, Tegangan dan koneksi

- Simbol Grafik Saluran dan Sambungan Saluran
- Simbol Grafik Resistor
- Simbol Grafik Kapasitor
- Simbol Grafik Induktor dan Transformator
- Simbol grafik arus dan tegangan Transformator
- Simbol Grafik Elektromekanik dan Elektrothermal
- Simbol grafik Komponen Tabung
- Simbol grafik Mesin listrik
- Simbol Grafik Meter bergerak dan alat ukur
- Simbol grafik Elektroakustik
- Simbol Grafik untuk Perencanaan Pengkabelan

#### **F. Tes Formatif**

Jawablah Pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan tepat

1. Mengapa dibuat simbol grafik komponen listrik?
2. Gambarkan perbedaan grafik simbol kondensator resistor variable dan induktor antar standar tersebut?
3. Sebutkan lembaga-lembaga yang mengeluarkan simbol grafik ini?
4. Gambarkan 10 komponen Perencanaan Pengkabelan!

## G. Kunci Jawaban

- Mempermudah dalam perancangan dan instalasi kelistrikan

S I M B O L		K E T E R A N G A N
AMERIKA	JERMAN	
		Kondensator Elektrolit
		Tahanan yang dapat diubah
		Kumparan berinti besi

- ANSI : *American National Standard Institute*  
 JIC : *Joint International Electrical Association*  
 NMEA : *National Manufacturer Electrical Assotiation*  
 DIN : *Deutche Industrial Norm*  
 VDE : *Verband Deutcher Elektrotechniker*  
 NEC : *National Electrical Code*  
 IEC : *International Electrical Commission.*

**Commented [HP5]:** All . . Ukuran huruf, jenis hurup dan spasi harus disesuaikan dengan panduan

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Kotak sambung		
Pemutus kutub tunggal		
Pemutus dua kutub		

Pemutus tiga kutub		
Saklar group , kutub tunggal		
Multi sirkit Kutub tunggal		
Saklar SPDT		
Saklar 4 Jalur dengan satu kutub		
Soket tunggal		
Soket ganda dengan pelindung		
Soket tunggal dengan pelindung		
Lampu glow		
Lampu TL		
Glow igniter		
Pembuka Pintu		

### KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : SIMBOL GRAFIK KOMPONEN ELEKTRONIKA

#### A. Tujuan Pembelajaran

1. Melalui presentasi peserta diklat dapat menyajikan gambar simbol grafik komponen elektronika /semikonduktor dengan percaya diri
2. Melalui presentasi peserta diklat dapat menyajikan gambar simbol grafik komponen diskrit dengan percaya diri
3. Melalui diskusi kelompok peserta diklat dapat menjelaskan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi menurut standar IEEE

#### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menggambarkan simbol grafik komponen elektronika /semikonduktor
2. Menggambarkan simbol grafik komponen diskrit
3. Menjelaskan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi menurut standar IEEE

#### C. Uraian Materi

##### 1). Simbol Grafik Komponen Elektronika Analog

Sama seperti simbol listrik, simbol elektronika juga dinormalisasi oleh lembaga internasional seperti oleh :

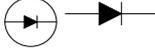
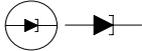
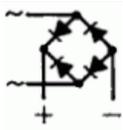
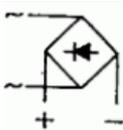
ANSI = *American National Standard Institute.*

IEEE = *The Institute of Electrical and Electronics Engineers.*

IEC = *International Electrotechnical Commission.*

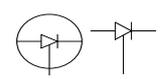
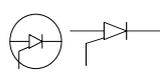
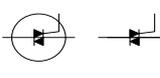
Tabel 16 Simbol dan Grafik Komponen Semikonduktor

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Dioda		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Dioda Berfungsi untuk penyearah		
Dioda Tunel Berfungsi sebagai penala gelombang		
Dioda Zener Berfungsi sebagai regulator tegangan		
Dioda Backward		
Dioda Varaktor Berfungsi sebagai variabel kapasitor dengan pemberian bias mundur/reverse bias.		
DIAC/ Dioda AC Berfungsi sebagai Dioda dua arah		
LED Berfungsi sebagai indicator		
Dioda Jembatan		
FotoDioda		
Foto sel		
Foto resistansi/LDR		
Transistor		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
Transistor PNP		
		
Transistor NPN		
		
UJT		
UJT Kanal P		
UJT Kanal P		
UJT Kanal N		
UJT Kanal N		
FET		
Junction FET kanal P		
Junction FET kanal N		
EMOSFET kanal N		
EMOSFET kanal P		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
DMOSFET kanal N		
DMOSFET kanal P		
EMOSFET kanal N subtrat tersambung didalam		
EMOSFET kanal P subtrat tersambung didalam		
DMOSFET kanal N subtrat tersambung didalam		
DMOSFET kanal P subtrat tersambung didalam		
IGFET kanal N Mode Peningkatan		
IGFET kanal P Mode Peningkatan		
IGFET kanal N Mode Pengosongan		
IGFET kanal P Mode Pengosongan		
Thiristor		
SCR(Silicon Controlled Rectifier) Jenis P		

Istilah	Simbol Grafik	
	Lengkap	Sederhana
SCR(Silicon Controlled Rectifier) Tidak spesifik		
SCR(Silicon Controlled Rectifier) Jenis N		
TRIAC Terbentuk dari dua buah SCR yang di triger bersama		
DIAC(Dioda AC ) umumnya digunakan untuk penyalaaan SCR		
SCS(Silikon Controlled Switch) Komponen ini aktif jika diberikan tegangan melebihi tegangan breakdown		
Dioda Empat Lapis		
OP-AMP		

## 2). Simbol Grafik Komponen Diskrit

Sebuah simbol yang memenuhi persyaratan adalah grafik atau teks yang ditambahkan pada simbol logika alat untuk menggambarkan karakteristik fisik atau karakteristik logika dari alat tersebut.

Standard IEEE menyediakan dua jenis simbol gerbang logika yang berbeda. Simbol jenis pertama disebut bentuk simbol terkenal adalah yang sering kita gunakan selama ini. Jenis yang satunya lagi disebut bentuk simbol kotak, menggunakan beberapa bentuk kotak. Simbol gerbang bersama dengan label internal untuk mengidentifikasi gerbang. Tabel

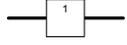
17 Membandingkan dua jenis standard menurut IEEE bentuk simbol terkenal dan bentuk simbol kotak yang kurang disukai. Beberapa orang mengira pernyataan ini berarti bahwa bentuk simbol kotak lebih disukai. Dengan kata lain selama kebanyakan desainer digital, pengarang buku dan desainer komputer lebih menyukai bentuk simbol terkenal yang akan kita gunakan dalam buku ini.

Sebelum mengumumkan simbol logika standar IEEE, komponen logika secara luas telah digambarkan hanya dengan aturan standar cara khusus yang telah menggunakan kotak dengan input dari kiri dan output dari kanan. Walaupun simbol logika mungkin berisi gambaran singkat dari komponen.

**Jenis lain dari bulatan**

Selain dari bulatan yang telah dikenal, standar IEEE juga mengijinkan simbol polaritas segitiga luar untuk digunakan sebagai input aktif rendah tertentu dan level rendah output luar. Bagaimanapun juga menurut konvensi simbol logika polaritas positif segitiga dan bulatan adalah sama. Maka kita akan menggunakan yang lebih tradisional yaitu bulatan

Bentuk Simbol Terkenal	Bentuk Simbol Kotak	Keterangan
		Gerbang AND
		Gerbang OR
		Gerbang NOR
		Gerbang NAND

		INVERTING
		BUFFER
		Gerbang EXOR
		Gerbang EXNOR

#### Decoder

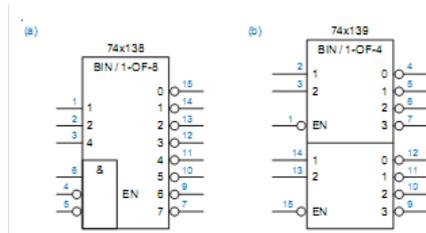
Bagian ini menggunakan simbol logika tradisional untuk logika MSI (*Medium Scale Integrated Circuit*) dan dekoder. Walaupun simbol tradisional level aktif dari input dan output, mereka tidak menunjukkan fungsi logika dari komponen tersebut. Saudaratahu bahwa 74x138 dan 74x139. Simbol logika standar IEEE. Dengan kata lain fungsi logika dari dekoder ditampilkan sebagai bagian dari simbol yang ditunjukkan pada gambar. Simbol-simbol tersebut memberikan beberapa konsep standar.

- *Simbol persyaratan internal*, masing-masing sinyal input dan output diberi label sesuai kualifikasi simbol dalam simbol logika untuk menggambarkan karakteristik sinyal.
- *Simbol persyaratan umum*, pada bagian atas dari simbol dapat berisi simbol tulisan sebagai persyaratan umum untuk menandakan fungsi dari alat tersebut.

Dekoder dan Enkode (disebut coder) persyaratan simbol umum coder X/Y untuk menunjukkan jenis pengkodean yang dilakukan dimana X adalah kode input dan Y adalah kode output. Sebagai contoh dekoder 1 input ke 8 output dapat ditulis dengan BIN/1-OF-8

Gambar 1

Simbol Grafik Decoder

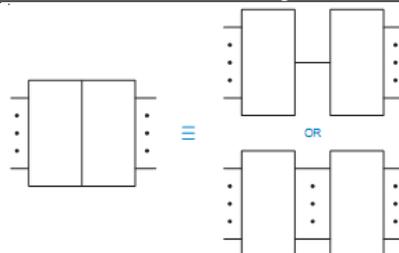


**Commented [HP6]:** Semua gambar yang diambil dari referensi lain harus mencantumkan sumber.

- *Nilai internal.* Setiap kombinasi input dari coder menghasilkan nilai internal yang ditampilkan oleh output coder. Nilai internal untuk 3-ke-8 dekoder adalah 0-7
- *Bobot Input,* input dari coder mungkin memiliki label yang mewakili bobot input. Besarnya bobot input sesuai dengan input itu sendiri. Dalam hal ini nilai internal pada setiap saat adalah jumlah dari bobot yang menyatakan input. Bobot input untuk 3-ke-8 adalah 1,2,4.
- *Nilai output.* Setiap output dapat memiliki label daftar nilai internal yang menyatakan label output
- *Enabel Input.* Ada *enabel input* EN dan mengijinkan input beraksi ketika diaktifkan. Ketika EN diberi nilai berlawanan maka akan menghasilkan impedansi Output menjadi tinggi. 74x138 dan 74x139 memiliki output aktif rendah yang oleh karena itu 1 ketika enabel inputnya berlawanan.
- *Komponen tambahan.* Komponen logika secara individu dapat ditambah dengan sejumlah simbol gerbang yang lebih banyak.

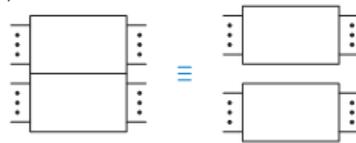
Gambar 2

Simbol Gabungan Simbol

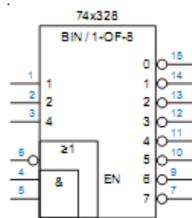


- Kemampuan menempelkan banyak simbol komponen logika secara individu merupakan fitur yang sangat berguna pada standar IEEE. Sebagai contoh gambar 2 menunjukkan dekoder 3-ke-8 dengan berbeda input dibanding dengan 74x138

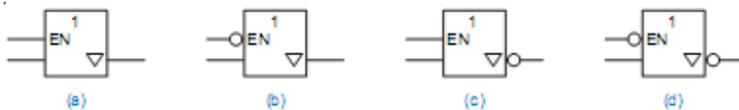
Gambar 3 Simbol Gabungan dengan tidak ada hubungan antar komponen



Gambar 4 Standar simbol hayalan gabungan 74x328



Gambar 5 Bentuk simbol kotak standard IEEE untuk Buffer 3 Keadaan (tristate buffer). (a) *noninverting, active-high enable*; (b) *noninverting, active-low enable*; (c) *inverting, active-high enable*; (d) *inverting, active-low enable*

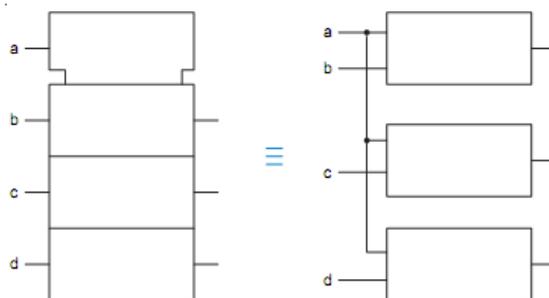


Tristate buffer menggunakan lebih dari satu fitur standard IEEE :

- *Segitiga menuju kebawah*, ini menyatakan output tiga keadaan (0,1 dan impedansi tinggi). Ingat juga bahwa ada input enabel dengan label EN dipahami terutama untuk memaksa output tidak aktif. Jika output tidak aktif akan menghasilkan impedansi tinggi Hi-Z.

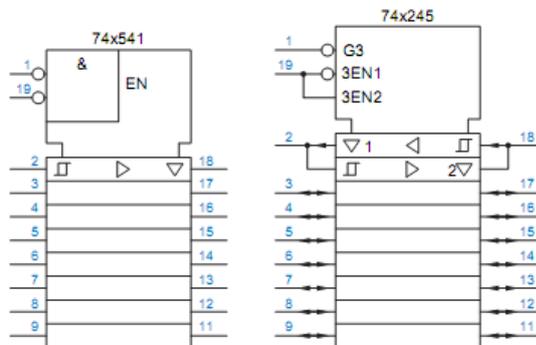
- Blok kontrol bersama, konsep ini diilustrasikan seperti pada gambar dibawah, memungkinkan digunakan pada komponen dengan hubungan array. Input dari blok kontrol bersama diketahui dapat mempengaruhi semua komponen array.

Gambar 6 Blok kontrol bersama



Sehingga simbol untuk 74x541 dan 74x245 dapat digambarkan seperti ditunjukkan pada gambar 8.

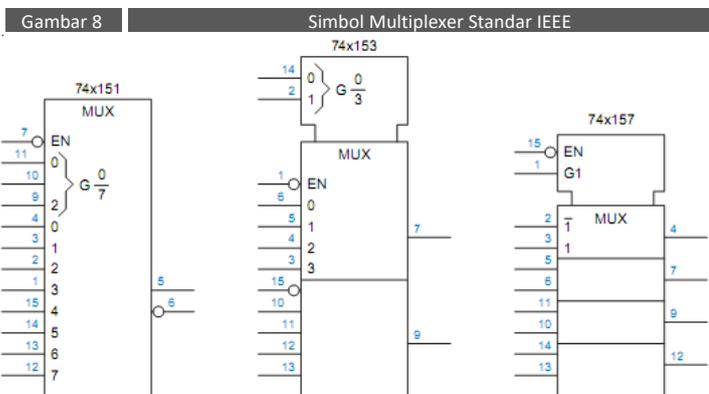
Gambar 7 Grafik Array



- Input histerisis, input ini memiliki prilaku histerisis
- Segitiga dikiri atau dikanan, simbol ini menyatakan bahwa komponen ini memiliki sifat penguatan, dalam kasus ini *buffer* dapat menggerakkan peralatan luar dengan beban berat dibanding simbol biasa.

- Panah, ini menyatakan arah aliran sinyal, ketika tidak ada arah panah maka arah sinyal dari kiri ke kanan
- Komponen identik, hanya komponen pertama yang digambar secara detail selanjutnya ketujuh komponen array yang identik lainnya akan dianggap sama.

### Multiplexer Dan Demultiplexer



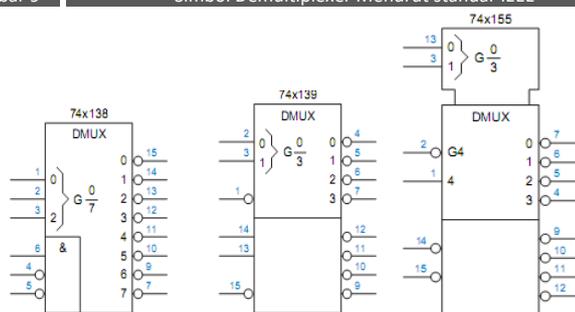
Standar IEEE menyediakan notasi khusus untuk multiplexer dan demultiplexer. Sebagai contoh gambar dibawah menunjukkan simbol IEEE untuk IC multiplexer. Simbol kualifikasi umum MUX mengidentifikasi bahwa simbol ini adalah Multiplexer. Tanda kurung kurawal menyatakan simbol sekumpulan bit dan menunjukkan simbol kelompok – bit dan menunjukkan bahwa kelompok input ini menghasilkan nilai internal dari jumlah bobot tersebut. Bobot nilai internal diberikan oleh label pada masing-masing input. Jika seluruh bobot dikali 2 maka dapat digantikan dengan pangkat 2. Sehingga Pin 9,10, dan 11 masing-masing secara berurutan memiliki bobot  $2^2$ ,  $2^1$ , dan  $2^0$ . Jika sinyal input dari pin input adalah 110 maka input internal adalah 6. Nilai internal diperoleh dari kelompok bit yang mempengaruhi nilai internal. Notasi  $G_7^0$  menunjukkan sinyal input dari label 0 sampai 7. Bagaimanapun juga output akan aktif hanya jika label EN diaktifkan.

Simbol IC 74x153 menggunakan kelompok bit untuk memilih input dan juga menggunakan blok kontrol bersama untuk memilih kedua bagian multiplexer. Selama kedua bagian atas dan bawah identik maka label kualifikasi tidak perlu diulang pada bagian bawahnya. Catatan bahwa setiap bagian memiliki kontrol enable yang berdiri sendiri. Simbol untuk 74x157 tidak memiliki kelompok bit karena hanya memiliki satu input pemilih, sebagai gantinya menggunakan G1, sehingga pin 3 dipilih hanya jika G1 aktif. Pin 2 dipilih hanya jika G1 tidak aktif. Ke-4 bagian tersebut dikendalikan oleh G1. Gambar 10 ini menunjukkan simbol IC MSI Demultiplexer standar IEEE. Simbol kualifikasi umum adalah label DMUX sebagai identifikasi dari demultiplexer. Notasi  $G_7^0$  menunjukkan sinyal input dari label 0 sampai 7. Pin 4,5, 6 harus dinyatakan.

Notasi sederhana yang digunakan pada simbol 74139 yang terdiri dari dua demultiplexer yang tidak saling ketergantungan. Selama demultiplexer kedua memiliki fungsi yang identik dengan demultiplexer pertama maka label kualifikasi tidak perlu ditulis ulang.

Simbol 74x155 menggunakan blok kontrol bersama untuk menunjukkan bahwa input pemilih yang sama (nilai internal dihasilkan dari kelompok bit) digunakan oleh kedua bagian demultiplexer. G4 memiliki hubungan AND dengan label 4. Sehingga output akan diaktifkan jika kedua input G4 dan label 4 juga aktif.

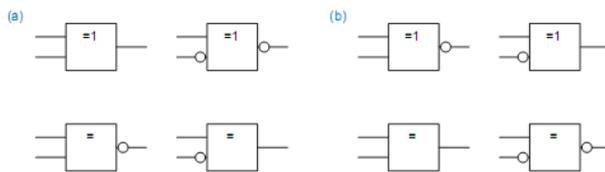
Gambar 9 Simbol Demultiplexer Menurut standar IEEE



**Exclusive Or Dan Fungsi Paritas**

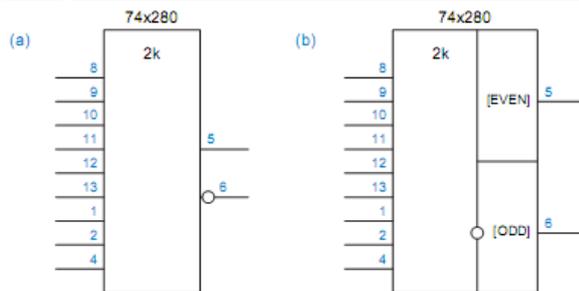
Simbol Exclusive OR dan Exclusive NOR sesuai standar IEEE ditunjukkan seperti pada gambar 11. Semua dari kedua simbol gerbang EXOR dan EXNOR dapat digunakan tergantung dari anda memandang fungsi dari gerbang tersebut. Simbol =1 pada gambar bagian atas yang berada didalam garis kotak menyatakan output aktif jika satu dari input tersebut aktif. Simbol = pada bagian bawah menyatakan bahwa output aktif jika kedua inputnya sama.

Gambar 10 Simbol standar IEEE untuk (a) gerbang EXOR dan (b) gerbang EXNOR



Simbol generator bit paritas 74x2809 standar IEEE ditunjukkan seperti gambar di bawah ini. Simbol kualifikasi umum "2K" pada di atas menyatakan output aktif jika 2k pada input aktif untuk sejumlah k. Sehingga pin 5 sebagai output aktif tinggi dan pin 6 sebagai output aktif rendah keduanya menunjukkan paritas genap. Simbol standar ditunjukkan seperti pada gambar 12 (b).

Gambar 11 Simbol generator Paritas standar IEEE

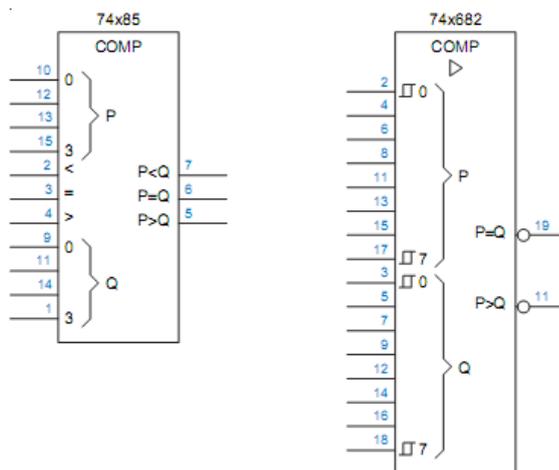


### Komparator

Simbol standar IEEE untuk komparator IC MSI ditunjukkan seperti gambar dibawah ini:

Seperti input pemilih pada multiplexser, input data memiliki label kualifikasi yang menunjukkan bahwa mereka memiliki bobot aritmetika dengan pengalihan 2 (0-3 sesuai dengan  $2^0, 2^1, 2^2,$  dan  $2^3$ ). Input dan Output bertingkat dinyatakan dengan aritmetika yang bersesuaian. Pada gambar bagian kanan ada segitiga yang menyatakan kemampuan output nya tinggi dan memiliki respon histerisis dari pulsa input.

Gambar 12 Simbol Grafik Komparator



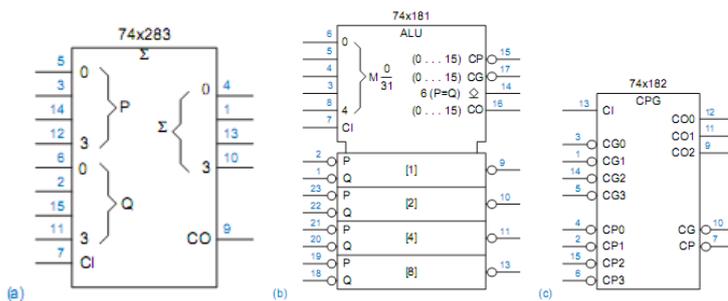
### Adder/Penjumlahan

Simbol kualifikasi umum “ $\Sigma$ ” menggunakan standar IEEE untuk mengidentifikasi *adder* atau fungsi penjumlah. Gambar 14 menunjukkan simbol IC MSI 74x2834 untuk penjumlahan bit. Nomor yang ditambahkan pada input dan penjumlahan pada output menunjukkan bobot masing-masing pin sebagai perkalian dengan pangkat 2. Simbol IEEE untuk 74x181 ALU 4-bit ditunjukkan pada gambar 14 (b).

Lima input pertama dari blok kontrol bersama membentuk kontrol word yang telah menjadi desain standar oleh letter M. Bobot dari mode bit kontrol ditunjukkan sebagai pangkat 2 dan menghasilkan 0-31sesuai dengan standar tabel terpisah. Output CP, CE

dan Co diaktifkan pada Mode 0-15. Keempat ALU lain diberi label sesuai dengan bobot dari bit yang mereka proses.

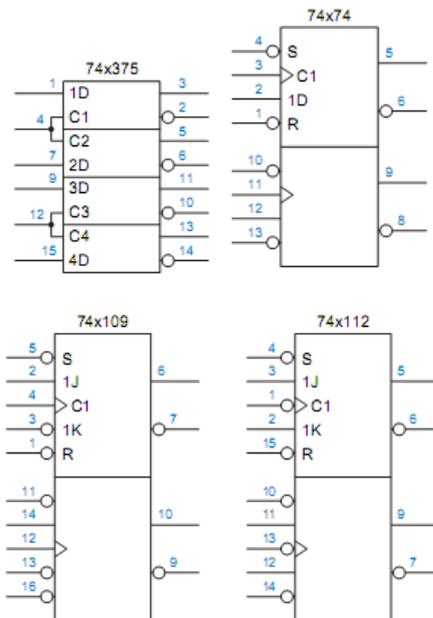
Gambar 13 Simbol IC MSI untuk Rangkaian Penjumlahan



**Latch, Flip-Flop dan Register**

Ada sedikit perbedaan antara simbol tradisional dan simbol IEEE untuk latch dan flip-flop. Gambar 15 menunjukkan simbol standar IEEE untuk IC SSI latch dan flip-flop. Perbedaan utama adalah preset asinkron dan input clear digambarkan dikiri, tidak digambarkan di atas atau di bawah. Nama input ini juga berbeda S(set) dan R(reset). Dan Juga input clock diberi nama sederhana Ci, dengan I bilangan integer dengan semua input yang lainnya diberi label dengan I (sebagai contoh Id) dikontrol oleh Ci. Simbol untuk '74.'109,'112 mengikuti kaidah IEEE biasa dimana hanya pertama dari dua atau lebih komponen yang identik yang harus digambar secara detil dimana mereka merupakan array. Alternatif lain, dua bagian yang tidak saling mempengaruhi dari sebuah SSI dapat digambar secara terpisah, seperti simbol tradisional dan IEEE untuk alat dengan bagian yang berdiri sendiri seperti 74x139.

Gambar 14 Simbol IC LSI untuk komponen LATCH, dan FLOP-FLOP

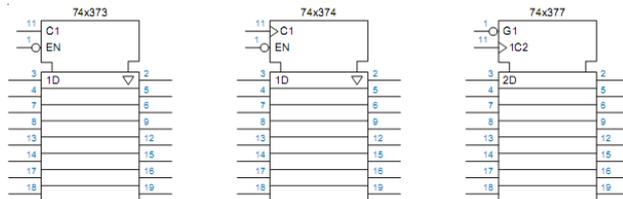


Ini berguna terutama jika fungsi logika dilakukan oleh dua bagian dengan aplikasi terpisah yang tidak berhubungan.

Gambar 16 menunjukkan simbol standar IEEE untuk Latch dan Register MSI. Semua simbol ini menjadi baik pada notasi IEEE bagi blok kontrol bersama. Pada simbol '373 dan 374, label Ci pada input clock menunjukkan bahwa C1 mengontrol semua input yang memiliki label 1. Titik segitiga dibawah menunjukkan outputnya tri state, berdasarkan konvensi semua input yang diberi label EN mengaktifkan output.

Pada simbol '377 input dengan label G1 adalah enable untuk input yang memiliki label 1, untuk input 1C2. Input clock ini mengontrol semua input yang berlabel 2

Gambar 15 Simbol IC MSI untuk Latch dan Register berdasar standar IEEE



### Counter

Simbol standar IEEE untuk counter ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Sama seperti simbol IEEE untuk komponen MSI lainnya, simbol counter mudah digunakan karena memiliki blok kontrol bersama dan fitur array standar. Simbol kualifikasi dengan CTRDIV16 menunjukkan counter dibagi 16. Label [1]-[8] menunjukkan bobot aritmetika bagi setiap bit counter. Notasi tambahan digunakan pada blok kontrol bersama untuk menggambarkan sejumlah fitur dari counter yang dapat dipahami dari simbol ini :

1. *isi /content input*. Ketika sinyal input memiliki label CT = m diaktifkan nilai m dimasukkan ke alat. Pada simbol counter tertulis CT bukan berarti count melainkan content.

Hanya ada perbedaan antara simbol '161 dengan '163. Pada '163 5CT =0 memiliki kontrol yang bergantung pada input clock (C5) dan oleh karena itu ada sebuah clear sinkron ; untuk '161 memiliki *asinkron clear*.

2. *content out*. Sebuah output memiliki label CT=m diaktifkan ketika content device adalah m

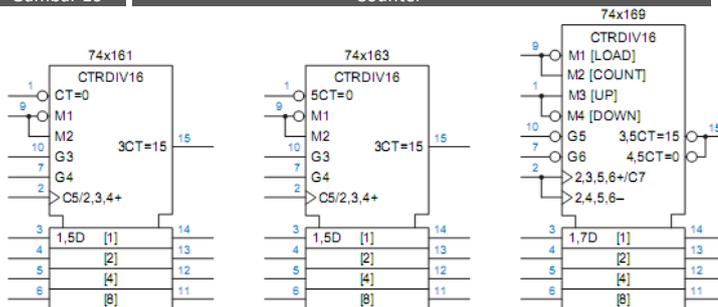
Pada simbol '161 dan '163, output 3CT=15 diaktifkan ketika output bernilai 15 dan G3 aktif.

3. *Mode Dependency*. Mode ini dinyatakan oleh Mi AND, memiliki fungsi normal jika M1 diaktifkan; sebaliknya pengaruh sinyal tidak memiliki efek pada fungsi alat dan diabaikan.

4. *Multiple dependency*. Sinyal dapat dipengaruhi oleh beberapa sinyal lain

5. *Counting input*, ketika diaktifkan input yang ditandai dengan + menyebabkan menghitung naik sekali. Input yang diberi tanda (-) menyebabkan alat menghitung mundur sekali.

Gambar 16 Counter

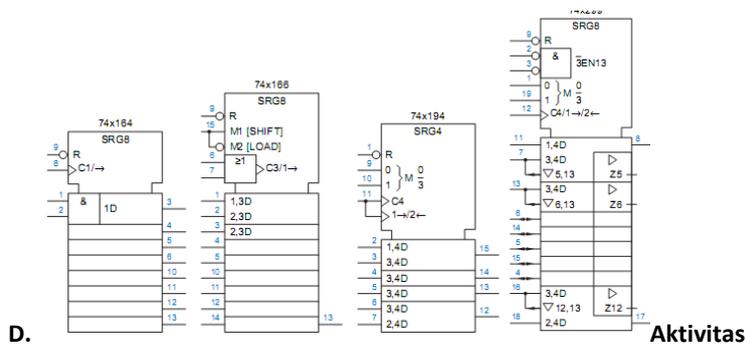


### Register Geser

Pada gambar 17 ini menunjukkan simbol dari register geser populer berdasarkan standar IEEE. Simbol kualifikasi umum SRGn yang menyatakan sebuah register geser n-bit. Mungkin kita telah banyak menggunakan notasi lain pada simbol ini sebelumnya hanya ada satu yang baru yaitu :

*Shifting input*, ketika diaktifkan, input dengan label → menyebabkan komponen bergeser satu posisi ke arah kanan atau dari atas ke bawah. Input yang diberi tanda ← menyebabkan pergeseran yang berlawanan.

Gambar 17 Simbol Register geser standar IEEE



**Pembelajaran**

**Aktivitas 1. Pengamatan**

Coba Anda amati rangkaian elektronika berikut ini!

Gambar 18 Solar Charger Circuit



Dapatkah Anda menggambar skematik rangkaian tersebut. Tentunya anda mendapat kesulitan dalam menggambar sebuah kapasitor pun perlu waktu lama. Coba disuksikan mengapa perlu membuat simbol grafik dari sebuah rangkaian elektronika?. Bagaimana simbol-simbol tersebut dibuat?.Presentasikan hasil diskusi Anda?

Commented [HP7]: Sumber gambar ?

## Aktivitas 2

1. Salinlah simbol elektronika dalam lembar berikut di atas kertas A3 dengan menggunakan rapido! Berilah judul gambar: Simbol Komponen Semikonduktor.
2. Salinlah simbol Gerbang Dasar dalam lembar berikut di atas kertas A3 dengan menggunakan rapido! Berilah judul gambar: Simbol Gerbang Dasar.

## Aktivitas 3 Lembar kegiatan Praktikum

### Alat dan bahan:

1. Pensil	.....	1 buah
2. Penggaris	.....	1 set
3. Penghapus	.....	1 buah
4. Rapido	.....	1 set
5. Sablon huruf dan simbol	.....	1 set
6. Kertas gambar ukuran A3	.....	1 lembar

### Kesehatan dan Keselamatan Kerja:

1. Berdo'alah sebelum memulai kegiatan belajar!
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar!
3. Gunakanlah peralatan gambar dengan hati-hati!

### Langkah Kerja:

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan!
2. Rekatkanlah dengan isolasi sudut kertas gambar!
3. Buatlah garis tepi!
4. Buatlah sudut keterangan gambar (*stucklyst*)!
5. Rencanakan tata letak (*lay out*) pembuatan gambar sesuai ukuran kertas!
6. Kerjakan latihan seperti yang ada pada soal Tugas!
7. Mulailah menggambar dengan menggunakan pensil lebih dahulu, baru disalin dengan rapido!
8. Kumpulkanlah hasil latihan jika sudah selesai!
9. Setelah selesai bersihkan alat gambar dan kembalikan ke tempatnya!

## E. Rangkuman

Sebuah simbol yang memenuhi persyaratan adalah grafik atau teks yang ditambahkan pada simbol logika alat untuk menggambarkan karakteristik fisik atau karakteristik logika dari alat tersebut. Standard IEEE menyediakan dua jenis simbol gerbang logika yang berbeda. Simbol jenis pertama disebut bentuk simbol terkenal adalah yang sering kita gunakan selama ini. Jenis yang satunya lagi disebut bentuk simbol kotak, menggunakan beberapa bentuk kotak. Simbol gerbang bersama dengan label internal untuk mengidentifikasi gerbang.

Fungsi logika dari dekoder ditampilkan sebagai bagian dari simbol yang ditunjukkan pada gambar. Simbol-simbol tersebut memberikan beberapa konsep standar.

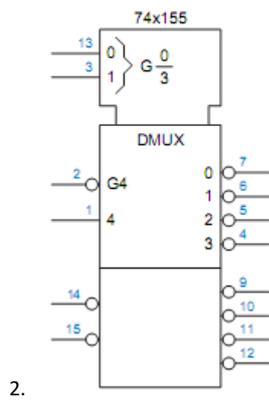
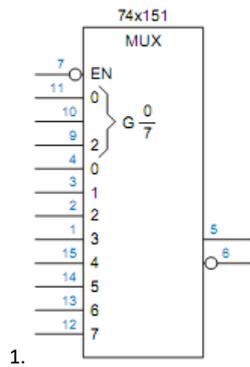
- *Simbol persyaratan internal*, masing-masing sinyal input dan output diberi label sesuai kualifikasi simbol dalam simbol logika untuk menggambarkan karakteristik sinyal.
- *Simbol persyaratan umum*, pada bagian atas dari simbol dapat berisi simbol tulisan sebagai persyaratan umum untuk menandakan fungsi dari alat tersebut.

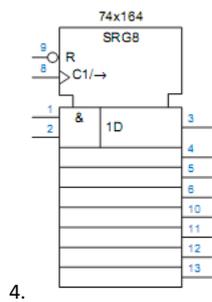
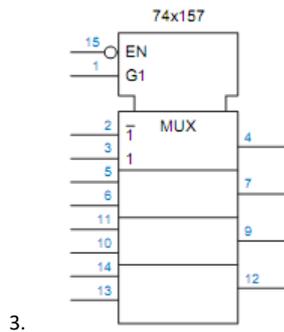
Aktivitas pendahuluan

## F. Tes Formatif

1. Gambarkan dan jelaskan simbol standar IEEE untuk dekoder seven-segment 74151
2. Gambarkan simbol standar IEEE untuk dekoder 2-ke-4 74x155
3. Gambarkan simbol standar IEEE untuk multiplexer 74157
4. Gambarkan simbol standar IEEE untuk register 74x164
5. Apa artinya *Shifting input* pada register geser

**G. Kunci Jawaban**





5. *Shifting input*, ketika diaktifkan, input dengan label  $\rightarrow$  menyebabkan komponen bergeser satu posisi ke arah kanan atau dari atas kebawah. Input yang diberi tanda  $\leftarrow$  menyebabkan pergeseran yang berlawanan.

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : SIMBOL GRAFIK RANGKAIAN LISTRIK

### A. Tujuan

1. Setelah mempelajari materi ini peserta diklat mampu menyajikan gambar rangkain Listrik PLTS.
2. Setelah mempelajari materi ini peserta diklat mampu menyajikan gambar skematik diagram rangkaian Listrik pada PLTS
3. Setelah mempelajari materi ini peserta diklat mampu membaca gambar rangkaian listrik
4. Setelah mempelajari materi ini peserta diklat mampu membaca skema diagram rangkain Listrik

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menggambar rangkain Listrik
2. Menggambar skematik diagram rangkaian Listrik
3. Membaca gambar rangkaian listrik
4. Membaca skema diagram rangkain Listrik

### C. Uraian Materi

Secara garis besar gambar rangkaian listrik dapat dikategorikan menjadi :

1. Simbol Grafik Rangkain Instalasi Penerangan
2. Rangkaian Sistem Alarm
3. Rangkaian Generator Arus Searah
4. Rangkaian Motor Arus Searah
5. Rangkaian Generator
6. Rangkaian Motor 3 Fase
7. Rangkaian Transformator
8. Rangkain Penyearah

9. Rangkain Kontaktor

10. Rangkaian Pengukuran Arus/Tegangan AC/DC

11. Rangkain Sistem Proteksi

Kategori-kategori di atas secara lebih rinci dan mendalam akan dibahas dalam buku yang berbeda. Dalam kegiatan ini, peserta diklat baru akan dikenalkan rangkaian listrik yang bersifat dasar-dasar saja meliputi gambar instalasi penerangan dan instalasi tenaga.

Commented [HP8]: Jangan ada underlined

### 1). Simbol Grafik Rangkain Instalasi Penerangan

#### Simbol-simbol Umum

Meskipun dalam kegiatan belajar 1 telah dibahas materi tentang simbol listrik, pada kegiatan ini akan dibicarakan kembali simbol umum terutama yang berkaitan dengan instalasi penerangan. Tabel 18 berikut menunjukkan simbol listrik yang dipakai pada instalasi penerangan.

Tabel 18 Simbol Grafik Rangkaian Instalasi Penerangan

Simbol	Keterangan
	Sistem berfasa-tiga dalam hubungan D, Delta atau segitiga.
	Sistem berfasa dalam hubungan Y atau bintang
	Sistem berfasa tiga dalam hubungan bintang dengan titik nol yang dibawa keluar. Pada umumnya tanda ini dipakai untuk menyatakan : Hubungan Gulungan motor -motor arus putar, transformator dan sebagainya. Misalnya pada plat -plat motor/dynamo listrik (lihat contoh) : Volt : 380/220 Y / D

	Gulungan mesin-mesin dan pesawat -pesawat . Tanda ini umum untuk kumparan, misalnya gulungan magnet dinamo, gulungan elektromagnet dan sebagainya.
	“Tahanan OHM” tanda disamping ini menunjukkan tahanan bebas induksi atau tahanan OHM biasanya dipakai dalam teknik arus searah/ arus lemah khususnya dalam teknik penerima/pemancar.
	Kondensator. Tanda umum untuk kondensator yang mempunyai nilai tetap atau istilah yang lain fixed capacitor
	Tanda umum untuk kondensator yang nilainya dapat diubah-ubah (variable capacitor).
	Hubungan Tanah. Tanda umum untuk hubungan tanah bagi semua peralatan listrik misalnya tiap motor listrik, tahanan asut, lemari penghubung logam, kompor listrik dsb, harus dihubungkan dengan tanah. –Untuk mencegah bahaya bagi pegawai yang melayani pada kesalahan isolasi yang mungkin timbul.
	Sambungan atau percabangan hantaran listrik.
	Tegangan Tinggi. Tanda tegangan tinggi ini biasanya dipasang pada tiang-tiang jarring jaring tegangan tinggi dan rendah maupun pada pintu-pintu sari gardu-gardu transformator.

	Hantaran yang terdiri atas dua penghantar dengan fasa atau polaritet yang berlainan. Tanda ini umum untuk hantaran listrik, biasanya tanda ini terdapat pada gambar-gambar, instalasi.
	Hantaran berkutub dua, beserta penghantar.
	Persilangan dua buah hantaran
	Hantaran di dalam pipa. Tanda ini menyatakan bahwa hantaran tersebut diletakkan di dalam pipa yang berdiameter $\frac{3}{4}$ " ( o )
	Hantaran di dalam pipa diatas sela yang ditinggikan. Apabila para instalateur (pelaksana) sedang melakukan pemasangan di dalam ruang yang lembab dan berdebu maka hantaran pipa ini harus tahan air dan ditempatkan diatas sela-sela (tumpuan) yang ditinggikan.
	Tanda ini menyatakan di mana hantaran itu naik.
	Tanda ini menyatakan di mana hantaran itu turun ke bawah.
	Hantaran terus menerus. Tanda ini menyatakan dimana hantaran itu mendaki, menurun dan terus menerus.
	Penghubung/saklar berkutub satu untuk nominal 10 A. Keterangan : 10 A ini menunjukkan bahwa kuat arus

	nominal yang mengalir secara terus menerus dapat dibebankan pada penghubung itu, yang tidak menimbulkan bahaya misalnya panas atau terbakarnya penghubung itu.
	Penghubung berkutub ganda
	Penghubung tarik berkutub satu
	Penghubung kelompok (golongan)
	Penghubung Tukar
	Penghubung seri (deret)
	Tanda untuk penghubung silang

Dari simbol grafik instalasi diatas dapat diberikan penjelasan tentang penggunaan dari masing-masing penghubung yang dihubungkan dengan sebuah beban.

#### **Penghubung deret (seri)**

Penghubung seri ini gunanya untuk memutuskan dan menghubungkan dua kelompok lampu secara bergantian misalnya seperti terdapat pada kerona-cahaya dengan tiga buah lampu atas (penerangan langit-langit) dan sebuah lampu bawah.

Demikianlah jalannya penghubung itu sehingga lampu yang di bawah dan lampu-lampu atas dapat menyala sendiri-sendiri, dan seluruhnya dapat pula dihidupkan pada waktu yang bersamaan. Perlu diingat oleh para peserta diklat, para instalateur bahwa pengertian dari penghubung seri ini bukanlah berarti Lampu-lampu itu dihubungkan

dalam keadaan seri. Tetapi kita mengadakan hubungan dalam seri (kelompok-kelompok lampu).

### Penghubung Tukar

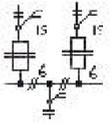
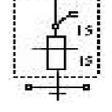
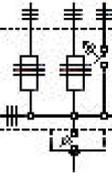
Apabila kita menghendaki melayani satu lampu atau satu golongan lampu dari dua tempat, misalnya dalam gang-gang, dalam kamar -kamar dengan dua pintu, maka kita pakai dua hubungan bertukar.

### Penghubung Silang

Apabila kita harus dapat melayani satu lampu atau satu golongan lampu yang lebih dari dua tempat, maka kita pakai penghubung silang, waktu hendak memasang diingat, bahwa penghubung yang pertama dan penghasilan haruslah penghubung-penghubung tukar, penghubung-penghubung diantaranya adalah hubungan silang.

Tabel 19 Simbol Grafik Saklar/Penghubunga

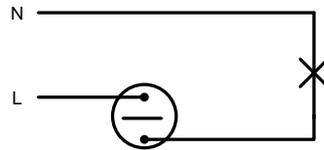
Simbol	Keterangan
	Penghubung Kotak Maksimum. Tanda ini untuk penghubung kotak maksimum, diperlengkapi dengan sebuah pemutus arus elektromagnetik dan ada kalanya dipakai sebagai pengganti pengaman lebur (sekring)
	Kotak-kontak dinding (stop contact). Tanda ini untuk stop contact dan dipakai sebagai penghubung pesawat-pesawat pemakai-pemakaian yang dapat dipindah-pindahkan tempatnya, misalnya lampu senja, seterika listrik, penghisap debu dan lain sebagainya.
	Kotak-kontak dinding majemuk Kotak-kontak dinding majemuk, seperti dua, tiga atau empat buah stop contact dihubungkan menjadi satu.
	Keamanan sekerup (sekring). Tanda umum untuk keamanan lebur atau keamanan patron (sekring). Dengan menempatkan garis-garis lintang pada hantaran-hantaran kutub banyak dinyatakan dalam beberapa urat ditempatkan keamanan itu. Sekering yang terkenal dalam dunia perdagangan yaitu patron

Simbol	Keterangan
	<p>diazed. (oleh siemens Schukert -Werke S.S.W.). Adapun batas-batas amperenya :</p> <p>6, 10, 15, 20, 25, 35, 50, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 260, 300 dan 350 A.</p> <p>Bila kita lihat sebelah atas dari patron terdapat tanda-tanda pengenal dengan bermacam-macam warna yakni menurut kuat arus dari patron tersebut. Misalnya : Hijau 6A, Merah 10A, Kelabu 16A dan lain sebagainya.</p>
	Papan pembagi atau Papan penghubung. Tanda ini umum untuk papan pembagi pada gambar instalasi.
	Lemari penghubung instalasi. Lemari penghubung instalasi ini biasanya terbuat dari besi tuang atau bahan isolasi (misalnya bakelit) di mana di dalam lemari tersebut ditempatkan keamanan lebur (sekering) dan sebuah penghubung utama.
	Lemari baterai Tanda ini umum untuk sebuah lemari baterai. Biasanya lemari baterai ini terdiri dari sejumlah lemari dari besi tuang (bahan isolasi bakelit) dimana ditempatkan keamanan-keamanan lebur. Dan ini kita namakan lemari pembagi cahaya.
	Lampu 100 W, disambung pada golongan 2. Tanda umum untuk suatu titik cahaya tiap-tiap titik sambungan pada gambar instalasi harus diberi nomor golongan, dimana titik cahaya ini disambung serta pemakaian tenaga dinyatakan dalam Watt.

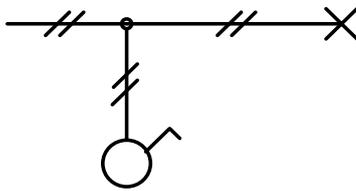
Berikut ini adalah rangkaian-rangkaian Instalasi penerangan rumah:

Gambar 19

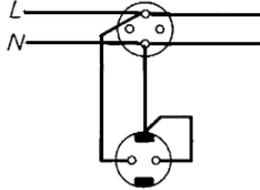
saklar , skematik Diagram kutub banyak



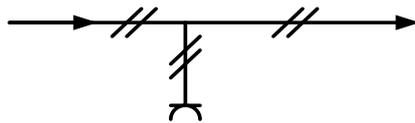
Gambar 20 saklar , skematik diagram kutub tunggal



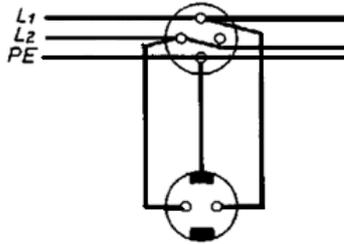
Gambar 21 Soket steker dengan pelindung kutub banyak



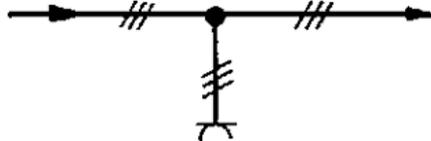
Gambar 22 Soket steker dengan pelindung kutub tunggal



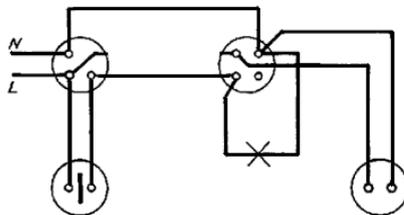
Gambar 23 Soket steker dengan kabel pelindung yang terpisah kutub banyak



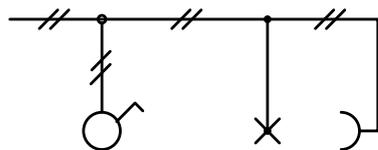
Gambar 24 Soket steker dengan kabel pelindung yang terpisah kutub tunggal



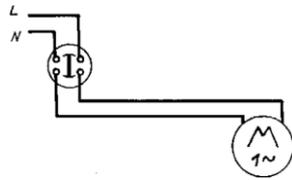
Gambar 25 Saklar dan stop kontak kutub banyak



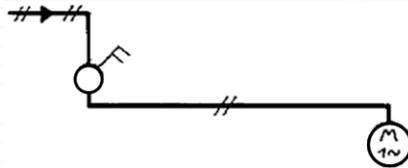
Gambar 26 Saklar dan stop kontak banyak kutub tunggal



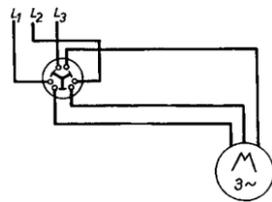
Gambar 27 Saklar dua kutub, kutub banyak



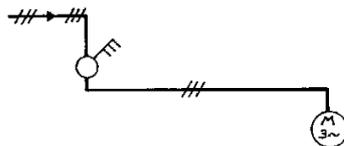
Gambar 28 Saklar dua kutub, kutub tunggal



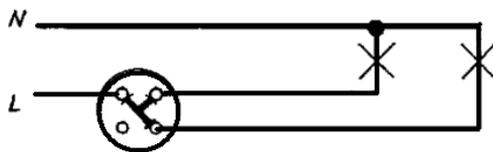
Gambar 29 Saklar 3 kutub, kutub banyak



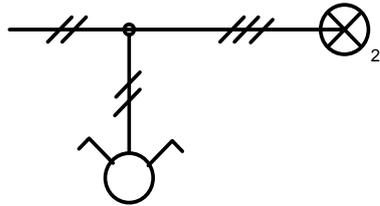
Gambar 30 Saklar 3 kutub, kutub banyak



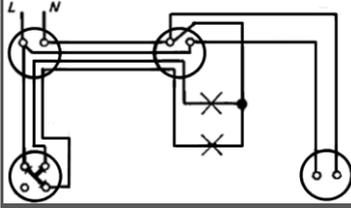
Gambar 31 Saklar multi atau disebut saklar seri, kutub banyak



Gambar 32 Saklar multi atau disebut saklar seri, kutub tunggal

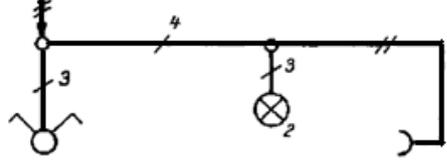


Gambar 33 Saklar seri dengan soket seteker kutub banyak

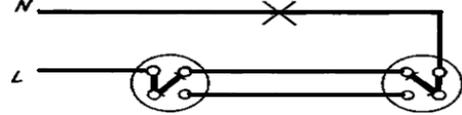


Gambar 34 Saklar seri dengan soket seteker kutub tunggal

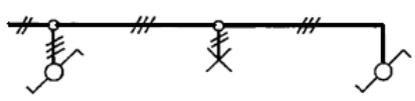
dengan soket seteker kutub tunggal



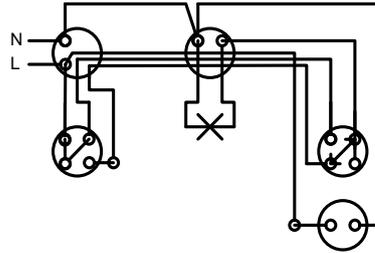
Gambar 35 Saklar dua arah skematik diagram kutub banyak



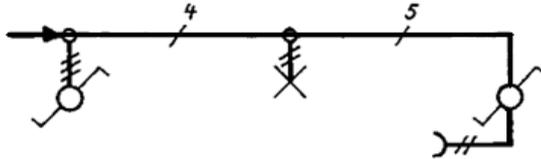
Gambar 36 Saklar dua arah skematik diagram kutub tunggal



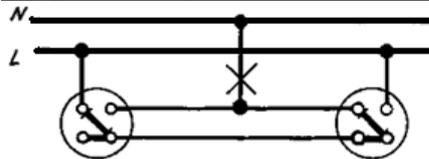
Gambar 37 Saklar dua arah dengan soket steker kutub banyak



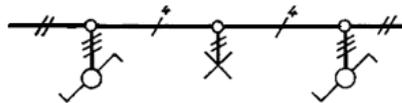
Gambar 38 Saklar dua arah dengan soket steker kutub tunggal



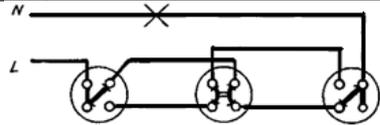
Gambar 39 Rangkaian ekonomis saklar dua arah dengan soket steker skema diagram kutub banyak



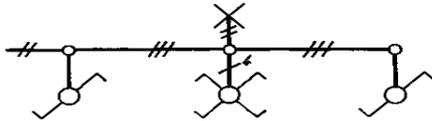
Gambar 40 Rangkaian ekonomis saklar dua arah dengan soket steker skema diagram kutub tunggal



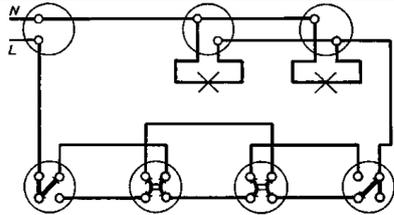
Gambar 41 Saklar dua arah dengan saklar empat jalur tiga titik skema kutub banyak



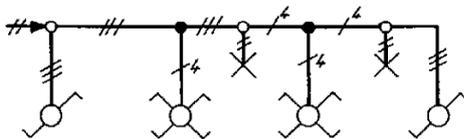
Gambar 42 Saklar dua arah dengan saklar empat jalur tiga titik skema kutub tunggal



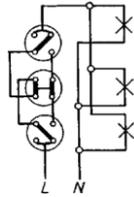
Gambar 43 Saklar dua arah dengan saklar empat jalur skema diagram kutub banyak



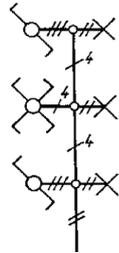
Gambar 44 Saklar dua arah dengan saklar empat jalur skema diagram kutub banyak



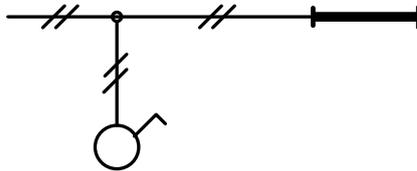
Gambar 45 Rangkaian lampu tangga dengan saklar empat jalur skema diagram kutub banyak



Gambar 46 Rangkaian lampu tangga dengan saklar empat jalur skema diagram kutub tunggal

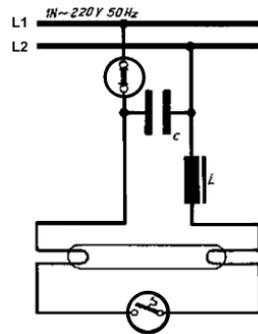


Gambar 47 Lampu tabung fasa tunggal kutub tunggal



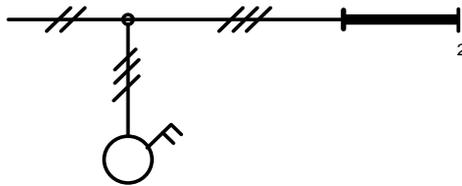
Gambar 48

Lampu tabung fasa tunggal kutub banyak



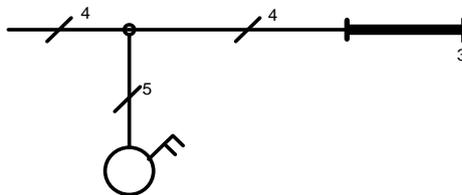
Gambar 49

Lampu tabung fasa tunggal dengan lead lag kutub tunggal



Gambar 50

Lampu tabung 3 fasa kutub tunggal



## 2). Rangkaian Sistem Alarm

Simbol karakter sebagai acuan pada rangkaian sistem alarm memiliki arti sebagai berikut:

a =saklar

E =voltage source

b=saklar kontrol

f =transducer

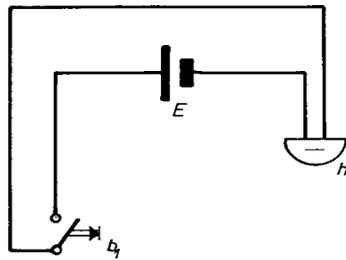
c=kontaktor

g =alat ukur

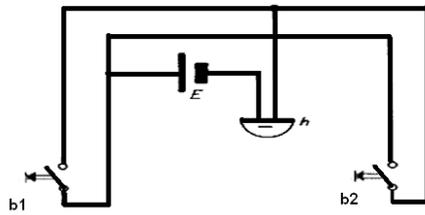
d = kontak bantu, relay      h = gambar alarm audio  
 e = alat proteksi              Tr = transformer

**Rangkaian Bel Arus searah**

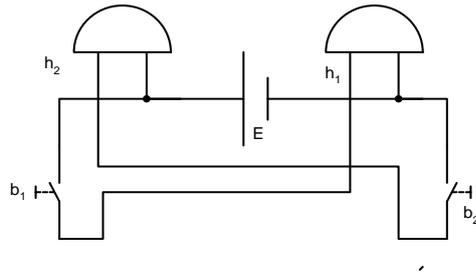
Gambar 51 Rangkaian Bel Dengan tegangan DC yang digerakan dari dua tempat



Gambar 52 Rangkaian Bel Dengan tegangan DC yang digerakan dari dua tempat

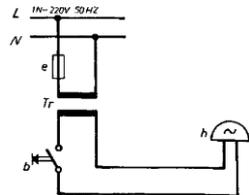


Gambar 53 Rangkaian Bel Timbal balik

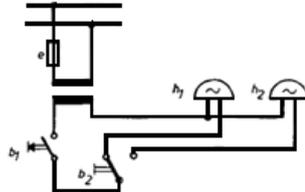


### Rangkaian bel Arus bolak balik

Gambar 54 Rangkaian Bel Arus bolak balik dengan trafo penurun tegangan

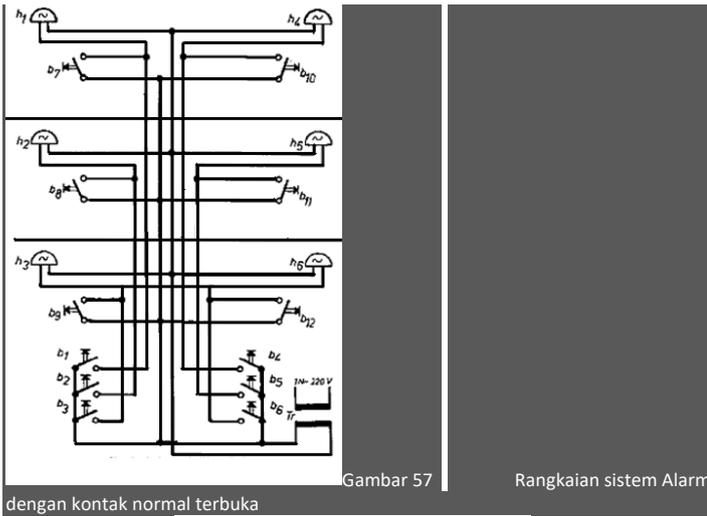


Gambar 55 Rangkaian Bel AC dengan Saklar tukar



Gambar 56

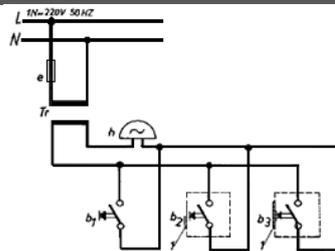
Rangkaian Instalasi Bel Rumah



dengan kontak normal terbuka

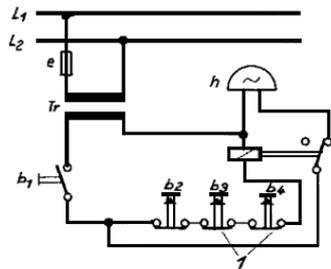
Gambar 57

Rangkaian sistem Alarm



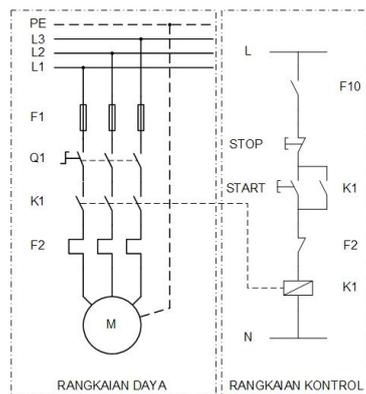
Gambar 58

Rangkaian alarm dengan kontak normal tertutup



Simbol untuk instalasi tenaga dapat dilihat pada lampiran, baik yang berlaku di Jerman, Inggris, Amerika, maupun yang berlaku secara internasional.

Gambar 59 Rangkaian dan Skema Diagram Kontrol



Rangkaian motor dengan pengendali saklar magnet. Saklar magnet sering disebut juga kontaktor(contactor) bekerjanya berdasarkan kemagnitan listrik. Magnet listrik berfungsi penarik/pelepas kontak-kontak hubung pada saat kumparan dialiri/tidak dialiri arus listrik. Besar bidang kontak menentukan besar arus yang boleh dihubungkan. Untuk memahami rangkaian kontaktor, haruslah dipelajari tentang :

- rangkaian listrik pengendali (*wiring system*)
- Skema Diagram dasar kontrol (*elementary diagram* atau *line diagram*)

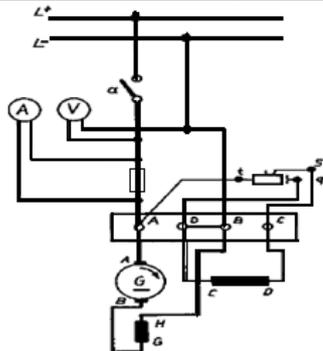
Rangkaian listrik pengendali ialah bagan rangkaian yang menggambarkan tentang bekerjanya kontaktor. Sedangkan Diagram dasar menggambarkan rangkaian kumparan magnet dengan kontak-kontak bantu. Mengingat rangkaian listrik pengendali terlalu luas dan sulit gambarnya, maka untuk memeriksa rangkaian pengendali tersebut digunakan gambar rangkaian dasar. Menjalankan motor 3 fasa dengan putaran tertentu dapat menggunakan kontaktor 3 fasa. Bagan rangkaian pengendali dan rangkaian dasar seperti gambar 58.

Penentuan konduktor listrik Arus Bolak-balik

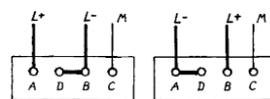
- Konduktor kesatu L1
- Konduktor kedua L2
- Konduktor ketiga L3

### 3). Rangkaian Generator Arus Searah

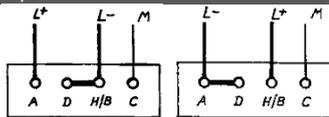
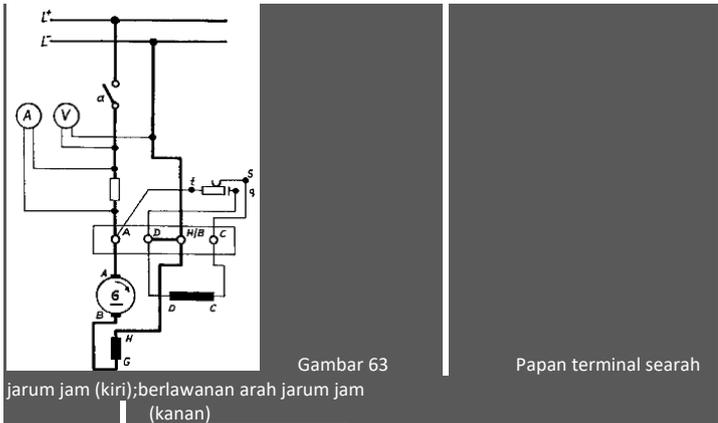
Gambar 60 Generator lilitan shunt tanpa kutub komutator (CW)



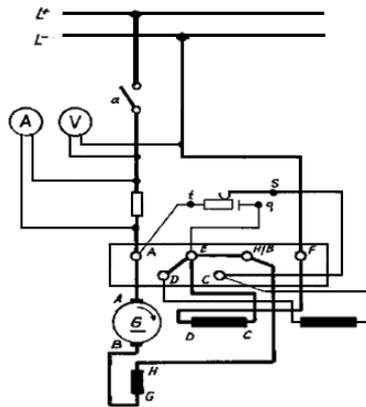
Gambar 61 Papan terminal searah jarum jam (kiri); berlawanan jarum jam (kanan)



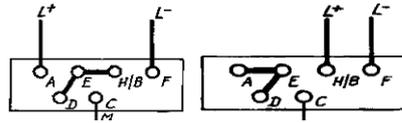
Gambar 62 Generator lilitan shunt tanpa kutub komutator (CW)



Gambar 64 Generator kompon dengan kutub komutator (sensor putar searah jarum jam)

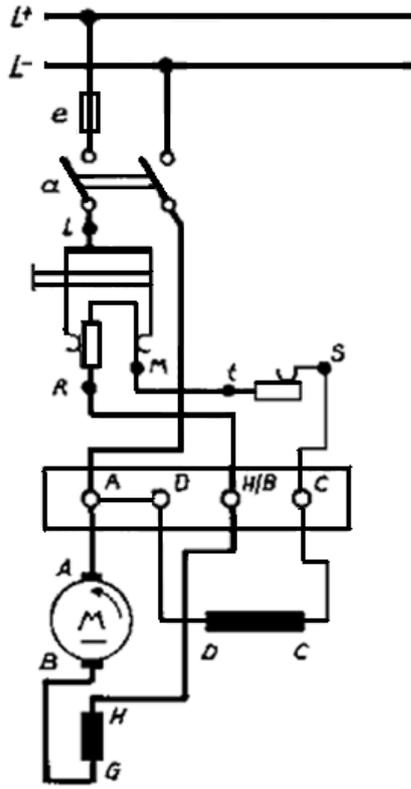


Gambar 65 Papan terminal searah jarum jam (kiri);berlawanan jarum jam (kanan)

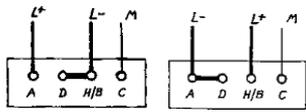


#### 4). Rangkaian Motor Arus Searah

Gambar 66 Motor DC lilitan shunt dengan komutator rotasi sensor searah jarum jam

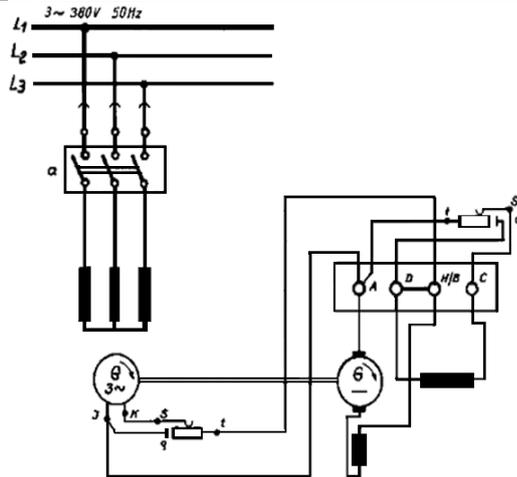


Gambar 67 Papan terminal sensor rotasi searah jarum jam(kiri);berlawanan arah (kanan)



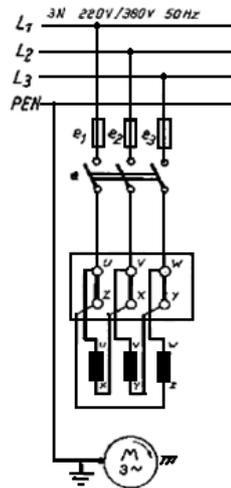
### 5). Rangkaian Generator

Gambar 68 Generator 3 fase dengan exciter

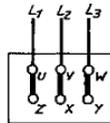


### 6). Rangkaian Motor 3 Fase

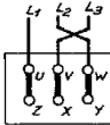
Gambar 69 Motor 3 fase hubungan bintang



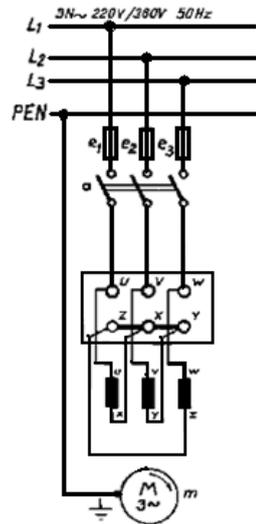
Gambar 70 Papan terminal untuk putaran searah jarum jam



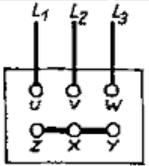
Gambar 71 Papan terminal untuk putaran berlawanan arah jarum jam



Gambar 72 Motor 3 Fase dengan hubungan delta



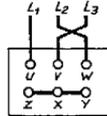
Gambar 73 Papan terminal untuk putaran searah jarum jam



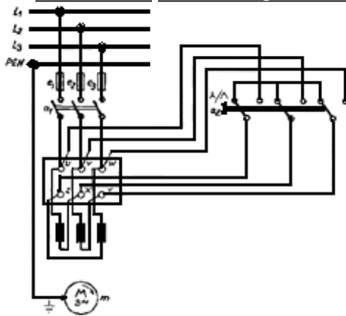
searah jarum jam

Gambar 74

Papan terminal untuk putaran

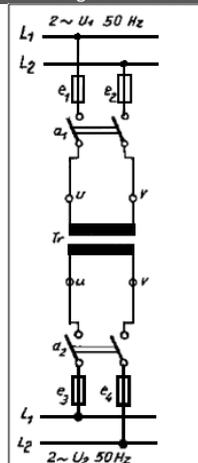


Gambar 75 Motor dengan komutator 3 fase dengan delta dan bintang sebagai start



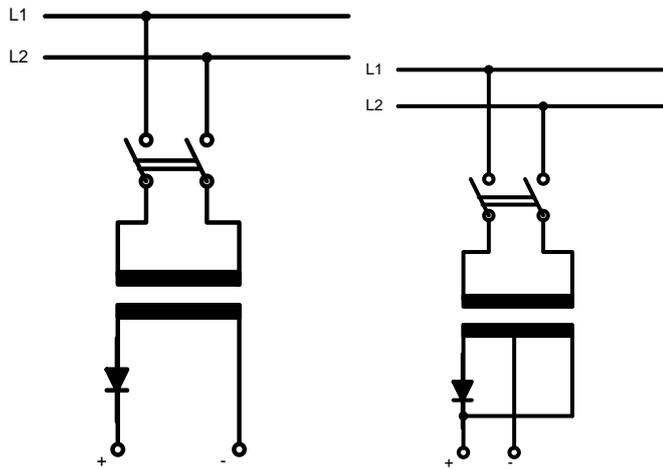
### 7). Rangkaian Transformator

Gambar 76 Rangkaian Transformmer 1 fase

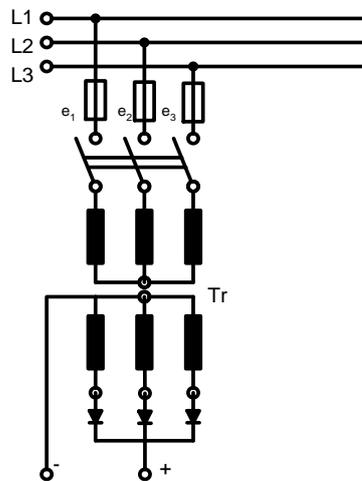


### 8). Rangkain Penyearah

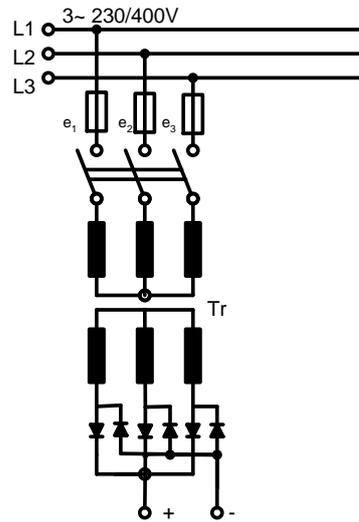
Gambar 77 Rangkaian satu fase penyearah setengah gelombang (kiri); penyearah gelombang penuh (kanan).



Gambar 78 Rangkaian tiga fase penyearah setengah gelombang

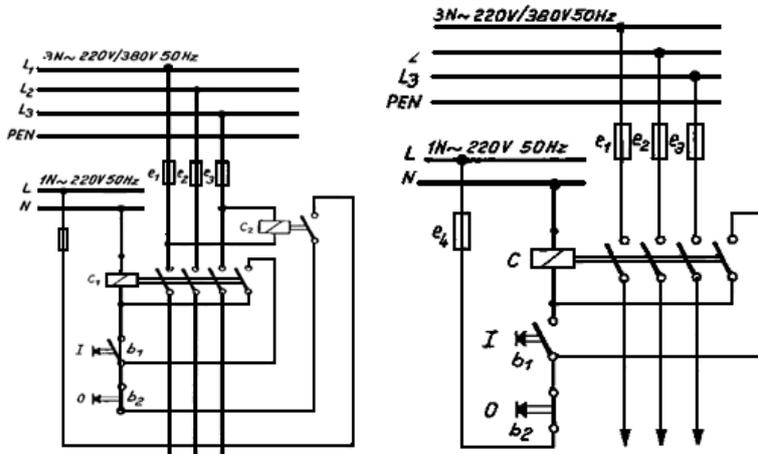


Gambar 79 penyearah gelombang penuh

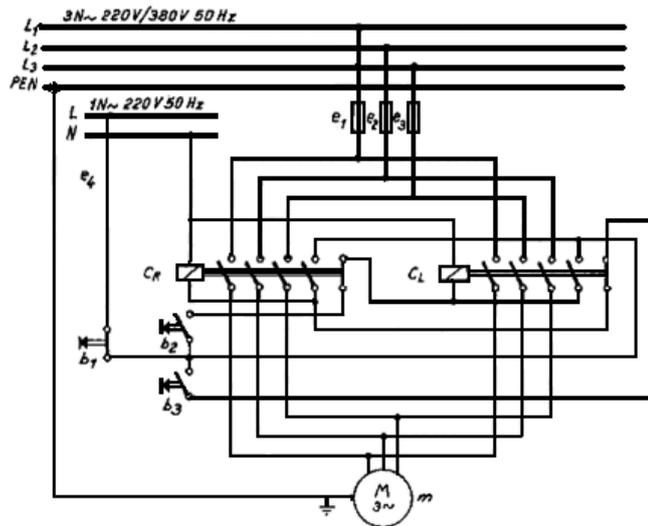


### 9). Rangkain Kontaktor

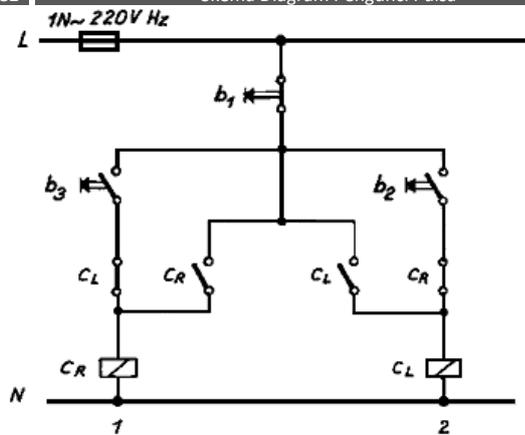
Gambar 80 Skema Kontrol pengunci arus (kiri); Diagram Fungsional Pulsa kontak sambung (kanan)



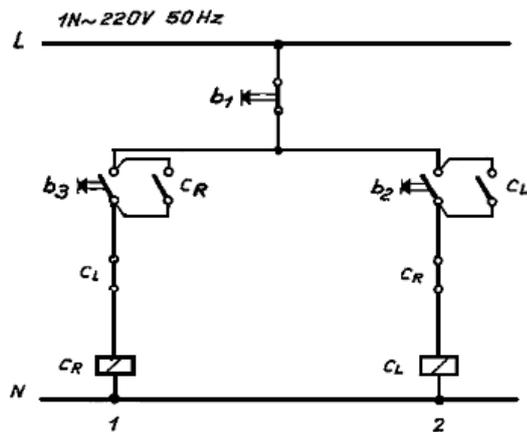
Gambar 81 Diagram fungsional pengunci pulsa kontrol arus



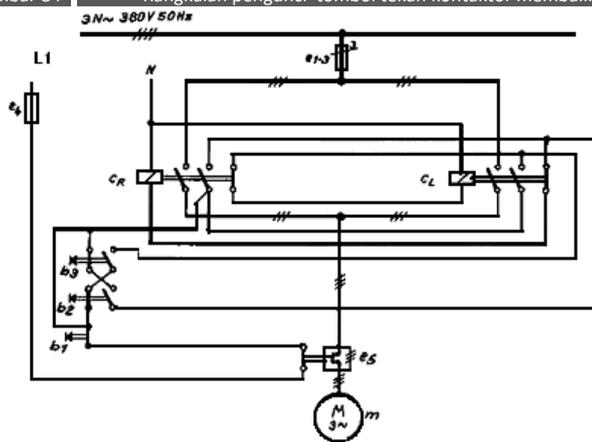
Gambar 82 Skema Diagram Pengunci Pulsa



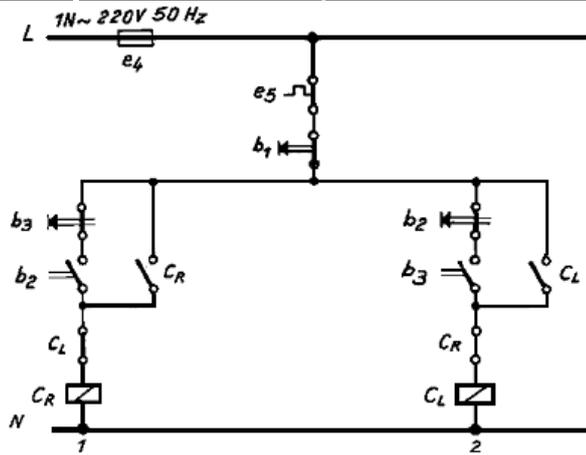
Gambar 83 Pulsa pengunci dan penahan arus



Gambar 84 Rangkaian pengunci tombol tekan kontaktor membalik



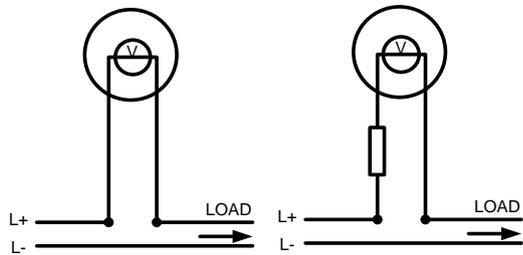
Gambar 85 Pengunci tombol tekan



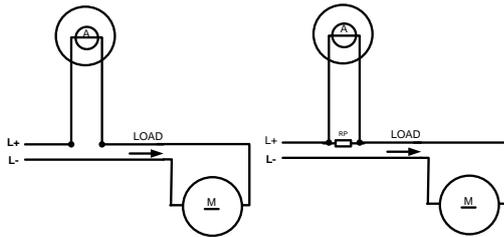
10). Rangkaian Pengukuran Arus, Tegangan, Frekuensi dan Wattmeter

Instalasi Rangkain DC

Gambar 86 Mengukur Tegangan DC (kiri) mengukur tegangan DC yang melebihi rentang batas (kanan)

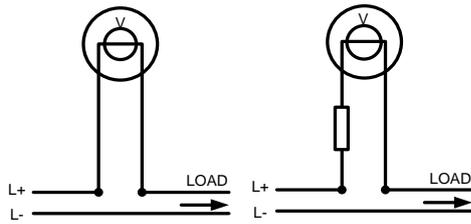


Gambar 87 Mengukur Arus DC (kiri) mengukur Arus DC yang melebihi rentang batas (kanan)

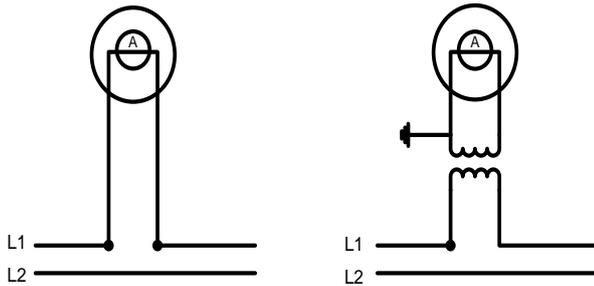


**Instalasi Rangkaian AC**

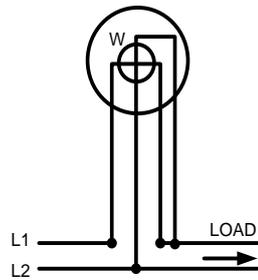
Gambar 88 Mengukur Tegangan AC (kiri) mengukur tegangan AC yang melebihi rentang batas(kanan)



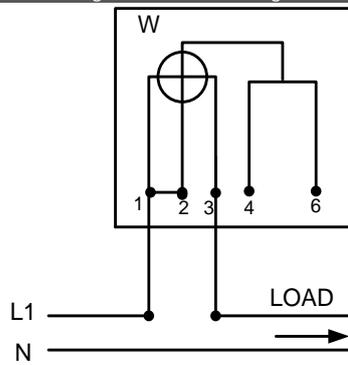
Gambar 89 Mengukur Arus AC (kiri) mengukur arus AC yang melebihi rentang batas(kanan) dengan trafo arus



Gambar 90 Mengukur daya

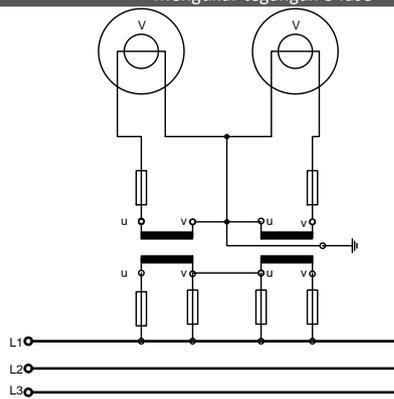


Gambar 91 Diagram koneksi sambungan meteran listrik

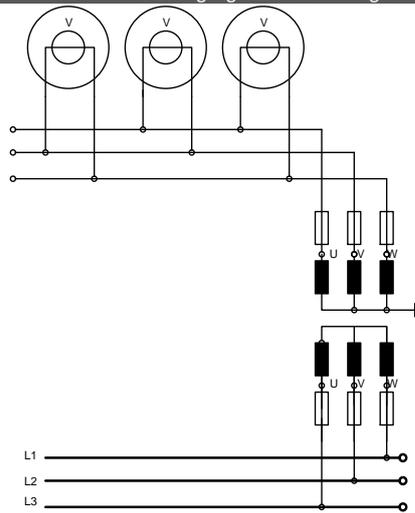


**Pengukuran pada rangkaian tiga Fase**

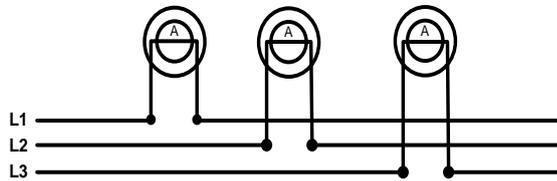
Gambar 92 Mengukur tegangan 3 fase



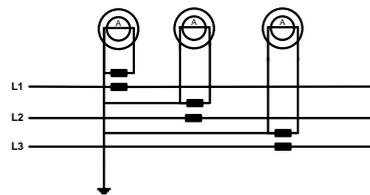
Gambar 93 Dua Tegangan dalam hubungan Y



Gambar 94 Mengukur arus 3 Fase



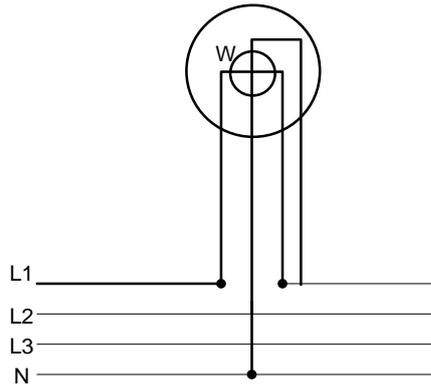
Gambar 95 Mengukur arus dengan tambahan trafo arus



Pada metoda pengukuran daya 3 fasa dengan 1 meteran  
 Hasilnya adalah  $P = 3 \times \text{daya terukur}$

Gambar 96

Metoda mengukur daya tiga fase dengan satu meteran



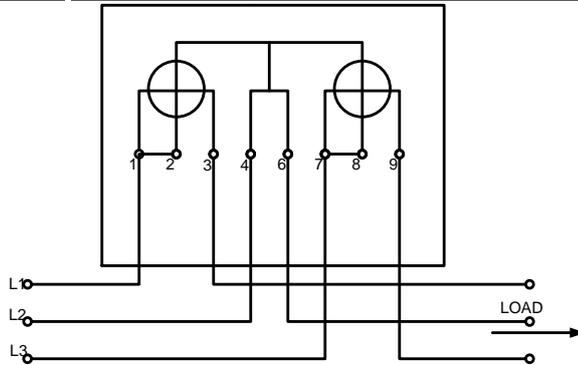
Pada motoda mengukur daya dengan 2 meter

Hasilnya  $P = P_1 + P_2$

Jika  $P_1 > P_2$  maka  $P = P_1 - P_2$

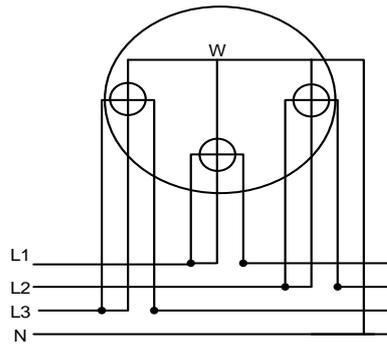
Gambar 97

Mengukur daya 3 fase dengan 2 meteran



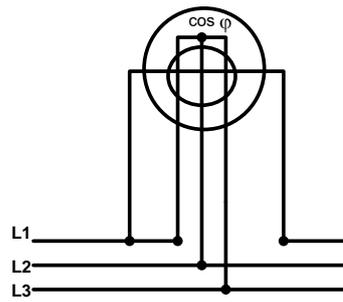
Gambar 98

Mengukur daya 3 fase dengan 3 meteran



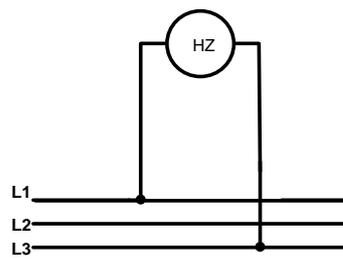
Gambar 99

Mengukur cos Phi



Gambar 100

Mengukur frekuensi 3 fase



#### D. Aktivitas Pembelajaran

1. Gambarlah MACAM-MACAM HUBUNGAN SAKLAR seperti gambar berikut ini pada kertas A3 dengan rapido!
2. Gambarlah RANGKAIAN DASAR DAN SKEMA DIAGRAM Kontrol seperti gambar di bawah berikut pada kertas A3!

Gunakanlah simbol yang berlaku secara internasional!

#### Alat dan Bahan:

1. Pensil	.....	1 buah
2. Penggaris	.....	1 set
3. Penghapus	.....	1 buah
4. Rapido	.....	1 set
5. Sablon huruf dan simbol	.....	1 set
6. Kertas gambar ukuran A3	.....	1 lembar

#### Keselamatan dan Kesehatan Kerja :

1. Berdo'alah sebelum mengerjakan tugas!
2. Gunakanlah alat dan gambar sesuai dengan fungsinya!
3. Bersihkanlah alat gambar yang telah selesai digunakan!

#### Langkah Kerja

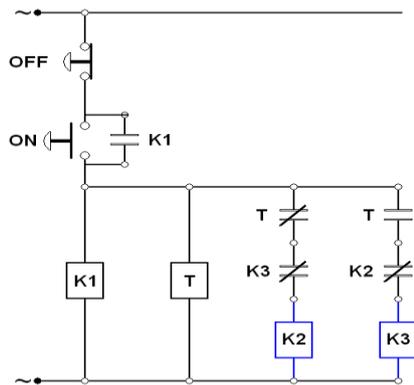
1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan!
2. Rekatkanlah dengan isolasi sudut kertas gambar!
3. Buatlah garis tepi!
4. Buatlah sudut keterangan gambar (*stuklyst*)!
5. Kerjakanlah lembar latihan berikut!
6. Rencanakanlah tata letak (*lay out*) pembuatan gambar!
7. Mulailah dengan menggambar rangkaian listrik dengan pensil lebih dulu, baru disalin dengan rapido!
8. Bersihkan alat gambar setelah selesai dan kembalikanlah ke tempatnya!

## E. Rangkuman

- A. Penghubung seri ini gunanya untuk memutuskan dan menghubungkan dua kelompok lampu secara bergantian misalnya seperti terdapat pada kerona-cahaya dengan tiga buah lampu atas (penerangan langit-langit) dan sebuah lampu bawah.
- B. Demikianlah jalannya penghubung itu sehingga lampu yang di bawah dan lampu-lampu atas dapat menyala sendiri-sendiri, dan seluruhnya dapat pula dihidupkan pada waktu yang bersamaan. Perlu diingat oleh para peserta diklat, para instalateur bahwa pengertian dari penghubung seri ini bukanlah berarti Lampu-lampu itu dihubungkan dalam keadaan seri. Tetapi kita mengadakan hubungan dalam seri (kelompok-kelompok lampu).
- C. Apabila kita menghendaki melayani satu lampu atau satu golongan lampu dari dua tempat, misalnya dalam gang-gang, dalam kamar -kamar dengan dua pintu, maka kita pakai dua hubungan bertukar.
- D. Apabila kita harus dapat melayani satu lampu atau satu golongan lampu yang lebih dari dua tempat, maka kita pakai penghubung silang, waktu hendak memasang diingat, bahwa penghubung yang pertama dan penghasilan haruslah penghubung-penghubung tukar, penghubung-penghubung diantaranya adalah hubungan silang. Rangkaian motor dengan pengendali saklar magnet. Saklar magnet sering disebut juga kontaktor(*contactor*) bekerjanya berdasarkan kemagnitan listrik. Magnet listrik berfungsi penarik/pelepas kontak-kontak hubung pada saat kumparan dialiri/tidak dialiri arus listrik. Besar bidang kontak menentukan besar arus yang boleh dihubungkan. Untuk memahami rangkaian kontaktor, haruslah dipelajari tentang :
  - E. - rangkaian listrik pengendali (*wiring system*)
  - F. - Skema Diagram dasar kontrol (*elementary diagram* atau *line diagram*)
- G. Rangkaian listrik pengendali ialah bagan rangkaian yang menggambarkan tentang bekerjanya kontaktor. Sedangkan Diagram dasar menggambarkan rangkaian kumparan magnet dengan kontak-kontak bantu.

### F. Tes Formatif

H.A. \_\_\_\_\_ Sebutkan masing-masing komponen dari Rangkaian Skematik Diagram Berikut ini



## G. Kunci Jawaban

OFF = Tombol Push Off

ON = Tombol Push On

K1 = Kontaktor 1

T = Timer

K2 = Kontaktor 2

K3 = Kontaktor 3

Commented [HP9]: Untuk segera dilengkapi

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : MENGGAMBAR RANGKAIAN ELEKTRONIKA

### A. Tujuan

1. Melalui presentasi peserta diklat mampu menyajikan gambar rangkaian elektronika catu daya sederhana
2. Melalui presentasi peserta diklat mampu menyajikan gambar rangkaian elektronika *Inverter* PLTS sederhana
3. Melalui presentasi peserta diklat mampu menyajikan gambar rangkaian elektronika Baterai *charger* untuk PLTS
4. Melalui presentasi peserta diklat mampu menyajikan gambar rangkaian elektronika *Amplifier*
5. Melalui presentasi peserta diklat mampu menyajikan gambar rangkaian elektronika *Oscillator*
6. Melalui presentasi peserta diklat mampu menyajikan gambar rangkaian elektronika diskrit
7. Melalui presentasi peserta diklat mampu menyajikan gambar rangkaian elektronika Konverter

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

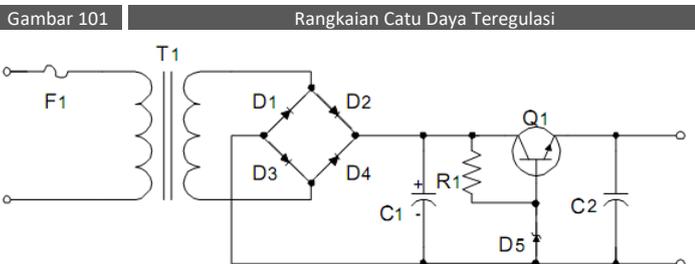
1. Menggambar rangkaian elektronika catu daya sederhana
2. Menggambar rangkaian elektronika *Inverter* PLTS sederhana
3. Menggambar rangkaian elektronika Baterai *charger* untuk PLTS
4. Menggambar rangkaian elektronika *Amplifier*
5. Menggambar rangkaian elektronika *Oscillator*
6. Menggambar rangkaian elektronika diskrit
7. Menggambar rangkaian elektronika Konverter

### C. Uraian Materi

Simbol-simbol elektronika dalam berbagai versi telah dibahas dalam kegiatan belajar 2. Gambar simbol yang telah dikerjakan pada kegiatan belajar 2 digunakan sebagai penunjang materi gambar rangkaian elektronika yang dibahas pada kegiatan ini.

#### 1). Rangkaian Catudaya

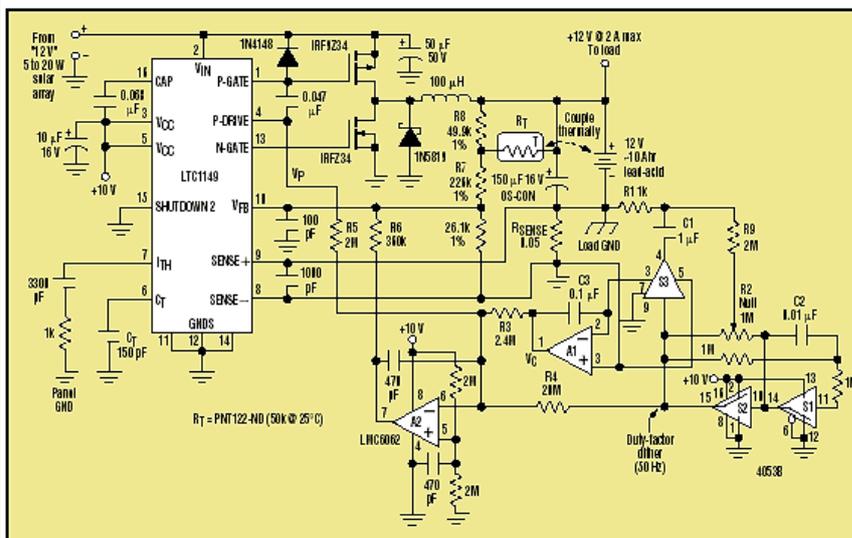
Pada gambar 100 diperlihatkan sebuah gambar rangkaian penyearah dengan stabilisator tegangan yang menggunakan dioda zener dan transistor. Dioda dalam formasi rangkaian jembatan (*bridge*) berfungsi sebagai penyearah gelombang penuh untuk mengubah tegangan/sinyal ac yang dikeluarkan oleh transformator penurun tegangan (*step down*) menjadi tegangan/sinyal dc agar dapat dimanfaatkan oleh beban yang memerlukan sumber tegangan/ arus searah. Sinyal yang telah disearahkan oleh dioda jembatan akan difilter oleh kapasitor untuk menghilangkan riak-riak tegangan ac sehingga menjadi tegangan searah/dc yang rata. Sinyal ini kemudian akan diperkuat oleh transistor sebelum diumpungkan ke keluaran penyearah/ beban. Pada waktu yang bersamaan tegangan distabilkan oleh dioda zener sesuai besar tegangan break down dioda zener tersebut.



## 2). Rangkaian Pengisi Baterai otomatis

Gambar 102

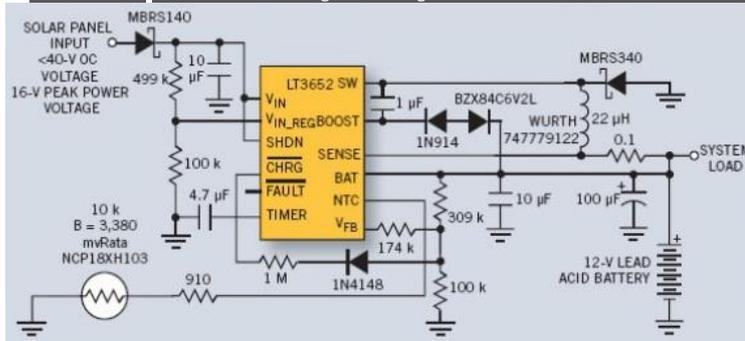
Rangkaian Bateray Charger Unit Lengkap



1. This Maximum-Power-Point-Tracking charger, used in small solar power systems, overcomes the shortcomings of ordinary battery chargers.

Gambar 103

Rangkaian Charger Ekonomis

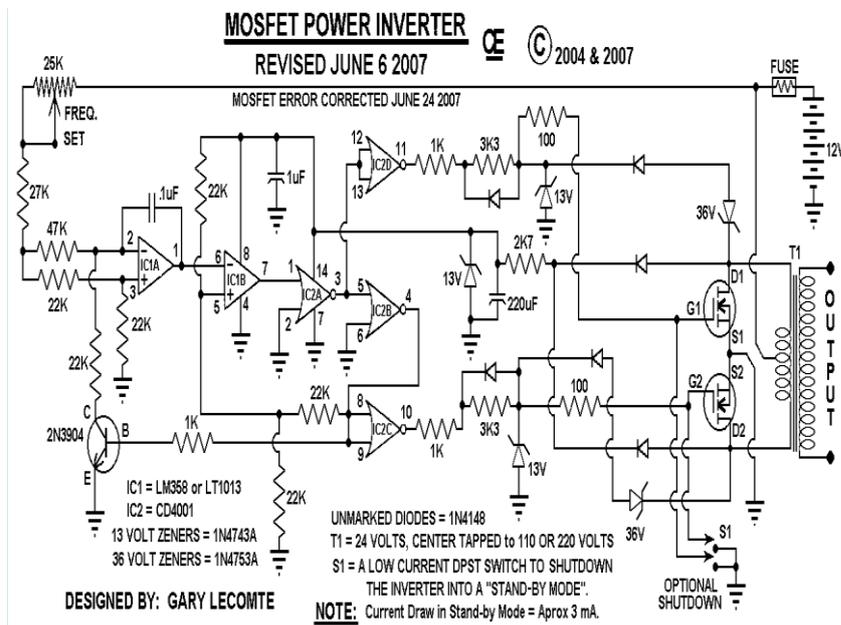


### 3). Rangkaian Inverter

Rangkaian Gambar 103 ini merupakan rangkaian inverter 600W dengan penggerak akhir MOSFET. Frekuensi dapat diatur dengan memutar R25K atau frekuensi set.

Gambar 104

Rangkaian Inverter



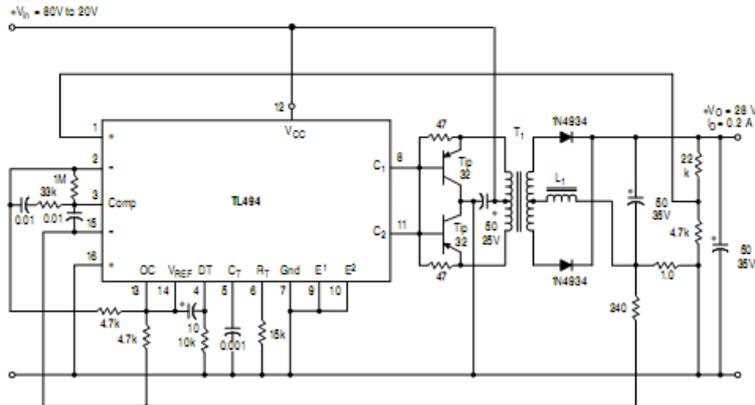
Commented [HP10]: Sumber gambar ?

### 4). Rangkaian Konverter

Gambar 104 merupakan rangkaian konverter yang mengubah tegangan DC dari 20 -80 V menjadi 28V teregulasi.

Gambar 105

Rangkaian Konverter



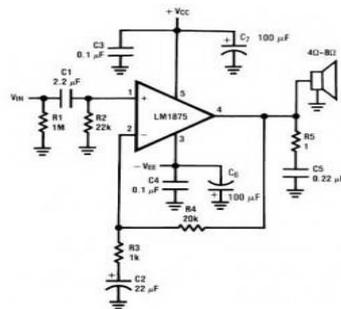
### 5). Rangkaian Amplifier

Pada gambar 105 merupakan rangkaian Amplifier Audio 20W dengan menggunakan

IC OP-AMP LM1875. Besarnya penguatan tegangan ditentukan oleh  $A_v = \frac{R_3 + R_4}{R_3} = \frac{20K + 1K}{1K} = 21x$

Gambar 106

Rangkaian Amplifier Audio 20W



### 6). Rangkaian Logika

Berikut adalah salah satu contoh rangkaian logika yang diterapkan pada kunci kombinasi Rangkaian ini mengakomodasi kode 1-9 digit dengan pembatasan hanya

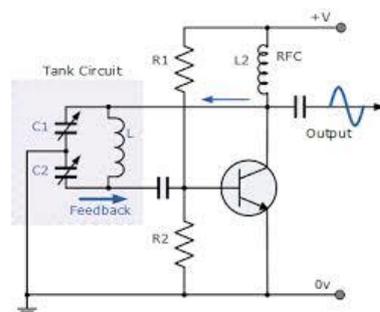


## 7). Rangkaian Oscillator

Rangkaian oscillator adalah rangkaian yang menghasilkan gelombang dengan frekuensi tertentu. Rangkaian ini tidak membutuhkan sinyal input tetapi menghasilkan sinyal output. Di bawah ini adalah rangkaian osilator gelombang sinus dengan frekuensi ditentukan oleh rangkaian Tank circuit (L dan C1 dan C2).

Gambar 108

Rangkaian Oscilator



### D. Aktivitas Pembelajaran

#### Alat dan Bahan:

- |                            |       |          |
|----------------------------|-------|----------|
| 1. Pensil                  | ..... | 1 buah   |
| 2. Penggaris               | ..... | 1 set    |
| 3. Penghapus               | ..... | 1 buah   |
| 4. Rapido                  | ..... | 1 set    |
| 5. Sablon huruf dan simbol | ..... | 1 set    |
| 6. Kertas gambar ukuran A3 | ..... | 1 lembar |

#### Keselamatan dan Kesehatan Kerja :

1. Berdo'alah sebelum mengerjakan tugas!
2. Gunakanlah alat dan gambar sesuai dengan fungsinya!
3. Bersihkanlah alat gambar yang telah selesai digunakan!

#### Langkah Kerja :

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan!
2. Rekatkanlah dengan isolasi sudut kertas gambar!
3. Buatlah garis tepi!
4. Buatlah sudut keterangan gambar (stuklyst)!
5. Rencanakanlah tata letak (lay out) pembuatan gambar!
6. Mulailah dengan menggambar rangkaian elektronika seperti yang tertera pada Tugas dengan pensil lebih dulu, baru disalin dengan rapido!
7. Bersihkan alat gambar setelah selesai dan kembalikanlah ke tempatnya!

#### **E. Rangkuman**

Beberapa rangkaian elektronika yang dibahas disini adalah sebagai berikut: Rangkaian Catu daya, Rangkaian Pengisi Baterai otomatis, Rangkaian Inverter Gelombang Sinus, Rangkaian Inverter Gelombang Kotak, Rangkaian konverter Rangkaian Amplifier, Rangkaian Logika, Rangkaian Oscilator

#### **F. Tes Formatif**

1. Gambarkan rangkaian elektronika *Inverter* PLTS sederhana
2. Gambarkan rangkaian elektronika Baterai *charger* untuk PLTS



## KEGIATAN PEMBELAJARAN 6 : SISTEM KONTROL PLTS

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

1. Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat menjelaskan proses konversi energi pada sel surya.
2. Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat menjelaskan karakteristik modul surya
3. Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat membuat hubungan seri-paralel Rangkaian modul surya
4. Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat menjelaskan fungsi BCR
5. Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat menyebutkan jenis-jenis BCR
6. Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat menjelaskan rangkaian dasar PWM
7. Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat prinsip kerja jenis-jenis BCR
8. Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat mengevaluasi kinerja Baterai
9. Setelah mempelajari materi ini diharapkan peserta dapat merawat Baterai sesuai SOP

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

1. Menjelaskan proses konversi energi pada sel surya
2. Menjelaskan karakteristik modul surya
3. Membuat hubungan seri-paralel rangkaian modul surya
4. Menjelaskan fungsi BCR
5. Menyebutkan jenis-jenis BCR
6. Menjelaskan rangkaian dasar PWM

7. Menjelaskan prinsip kerja jenis-jenis BCR
8. Mengevaluasi kinerja baterai
9. Merawat Baterai sesuai SOP

### **4.C. Uraian Materi**

#### **1). Pendahuluan**

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.

## 2). Fotovoltaik

### Sel Surya

Sel Surya atau sel fotovoltaik berasal dari bahasa Inggris "*photo voltaic*". Kata *Photovoltaic* berasal dari dua kata "*photo*" berasal dari kata Yunani yakni "*phos*" yang berarti cahaya; dan kata "*volt*" adalah nama satuan pengukuran arus listrik yang diambil dari nama penemu Alessandro Volta (1745-1827), sebagai pionir dalam mempelajari teknologi kelistrikan. Jadi 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.

### Proses Konversi Energi pada Sel Surya

Apabila suatu bahan semikonduktor seperti misalnya bahan silikon diletakkan dibawah penyinaran matahari, maka bahan silikon tersebut akan melepaskan sejumlah kecil listrik yang biasa disebut *efek fotolistrik*. Yang dimaksud efek fotolistrik adalah pelepasan elektron dari permukaan metal yang disebabkan penumbukan cahaya. Efek ini merupakan proses dasar fisis dari fotovoltaik merubah energi cahaya menjadi listrik.

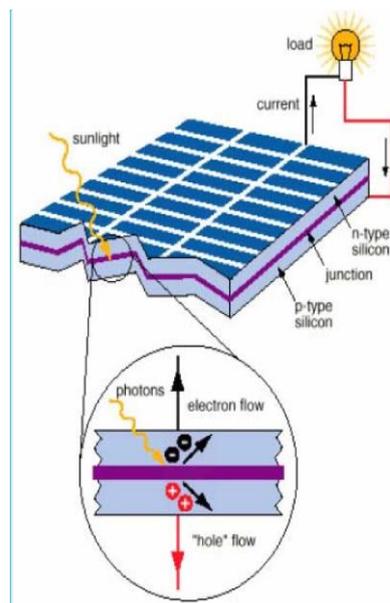
Cahaya matahari terdiri dari partikel-partikel yang disebut sebagai "*photons*" yang mempunyai sejumlah energi yang besarnya tergantung dari panjang gelombang pada "*solar spectrum*".

Pada saat photon menumbuk sel surya maka cahaya tersebut akan dipantulkan atau diserap atau mungkin hanya diteruskan. Cahaya yang diserap membangkitkan listrik. Pada saat terjadinya tumbukan energi yang dikandung oleh photon ditransfer pada elektron yang terdapat pada atom sel surya yang merupakan bahan semikonduktor.

Dengan energi yang didapat dari photon, elektron melepaskan diri dari ikatan normal bahan semikonduktor dan menjadi arus listrik yang mengalir dalam rangkaian listrik yang ada.

Dengan melepaskan dari ikatannya, elektron tersebut menyebabkan terbentuknya lubang atau "hole".

Gambar 109 Konversi cahaya matahari menjadi listrik



Commented [HP11]: Sumber gambar ?

### Jenis-jenis Sel Surya

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

#### A. Generasi pertama Kristal (Single Crystal)

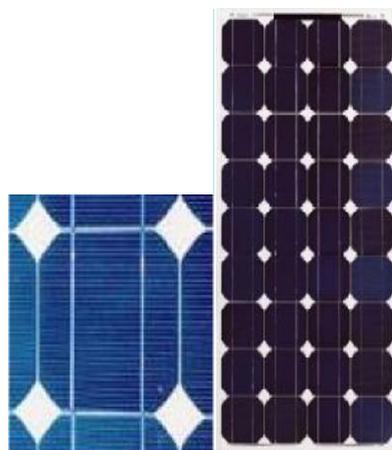
Konfigurasi normal untuk Sel Fotovoltaik terdiri *p-n Junction* Mono Kristal Silikon material mempunyai kemurnian yang tinggi yaitu 99,999%. Ditumbuhkan dengan sistem yang paling terkenal Metode Czochralski dapat dilihat di gambar 109, hasil

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 110 Metoda Penumbuhan Kristal Mono Czochralski dan Produk Ingot



Gambar 111 (a) Sel surya Single Kristal; (b) modul surya single Kristal



(a)

(b)

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

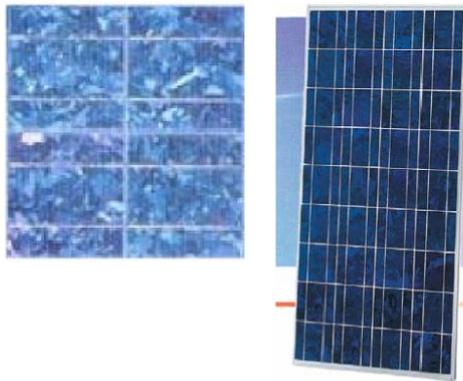
Commented [HP12]: Sumber gambar ?

## B. Generasi Kedua Kristal (Polikristal)

Gambar 112 Metoda Casting Pembuatan Bahan Polikristal



Gambar 113 (a) Sel Surya Polikristal; (b) Modul Surya Polikristal



(a)

(b)

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 112), kemudian dipotong dengan ukuran 40 x 40 cm<sup>2</sup>. Efisiensi modul fotovoltaik polikristal yang komersial mencapai 12% s/d 14%.

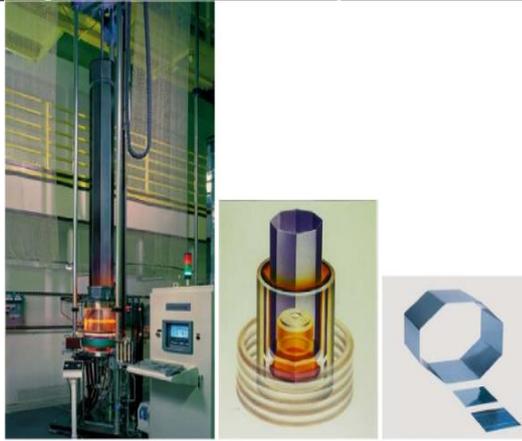
### C. Generasi Ketiga, EFG the Edge Defined Film Growth Ribbon

Proses ini menumbuhkan wafer Mono Kristal seperti pita langsung dari cairan silikon dengan menggunakan pita kapiler, dapat menghasilkan dengan lebar 5 – 10cm. Pada

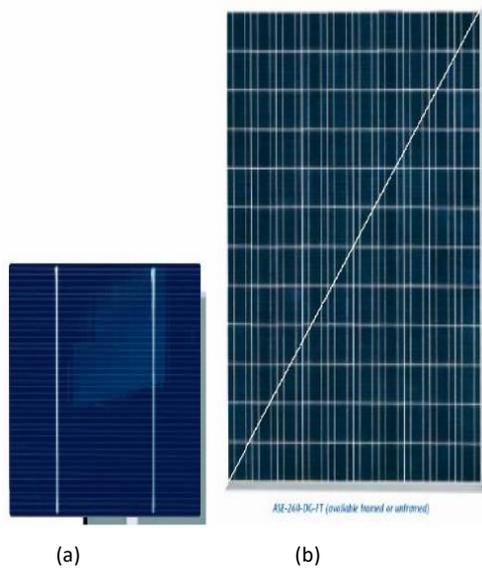
Commented [HP13]: Sumber gambar ?

proses ini penumbuhan terjadi 5 m/menit dengan ketebalan 250 – 350mikrometer, dengan efisiensi 13%.

Gambar 114 Proses Pembuatan EFG the Edge Defined Film Growth Ribbon



Gambar 115 (a) Modul dan (b) Sel Surya Jenis Polikristal dengan Metoda EFG



Commented [HP14]: Sumber gambar ?

#### D. 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. 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 116

Amorphous Silicon dengan Heterojunction dengan Stack atau Tandem Sel



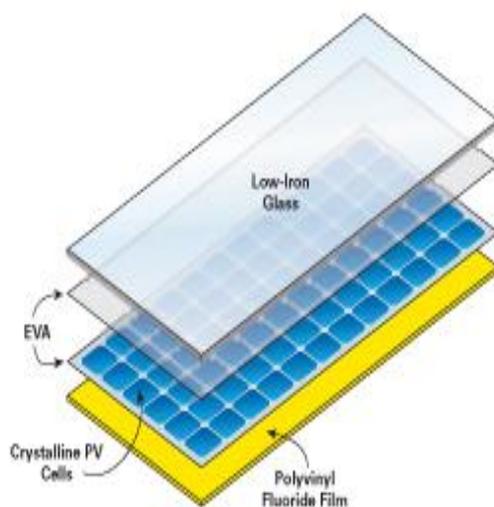
#### Degradasi dan Masa Kinerja Sel Surya

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:

Rusaknya lapisan atas sel (*ethylene vinyl acetate-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 117 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.

### 3). Modul Surya

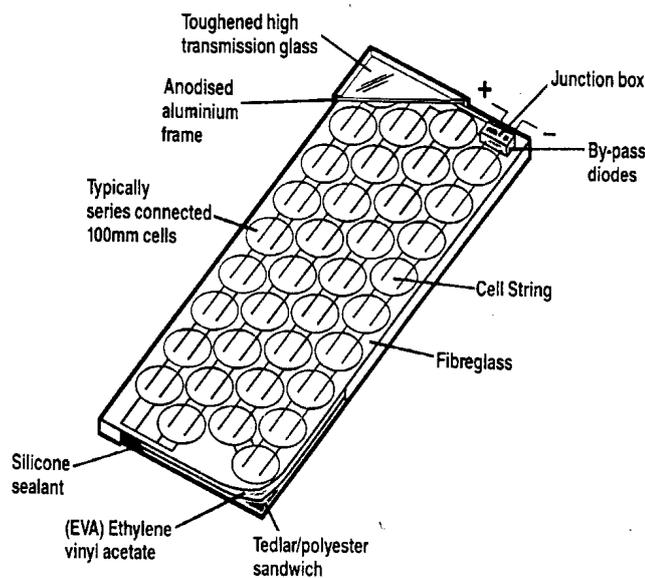
#### Hubungan Sel Surya secara Seri dan Paralel

Satu sel surya fotovoltaik memberikan suatu tegangan sekitar 0,5V, ini jauh sangat rendah untuk pemakaian. Maka dari itu, sebuah modul fotovoltaik terdiri dari sejumlah sel fotovoltaik, yang dihubungkan secara seri (lihat gambar 118).

Konfigurasi standar adalah 36 atau 40 buah sel fotovoltaik dengan dimensi 10x10cm yang dihubungkan secara seri. Ini berarti bahwa akan terjadi suatu tegangan 18 V, yang cukup untuk mengisi sebuah baterai 12V nominal.

Gambar 118

Konfigurasi sebuah modul fotovoltaik



Sel Fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dibungkus untuk membentuk sebuah kesatuan mekanik. Kesatuan seperti ini dinamakan sebuah modul fotovoltaik. Modul

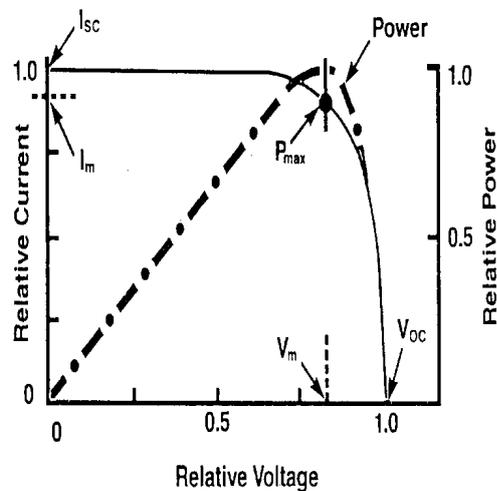
memberikan perlindungan yang layak terhadap pengaruh-pengaruh pengkaratan, hujan dan lain-lainnya.

Modul standar dapat dipergunakan untuk bermacam-macam pemakaian, juga untuk sistem-sistem dengan baterai atau tanpa baterai. Jika suatu aplikasi khusus memerlukan suatu tegangan / arus yang lebih tinggi yang akan dibekali oleh sebuah modul, maka modul dapat digabungkan secara seri, dan membentuk suatu susunan paralel untuk mendapatkan tegangan atau arus yang dibutuhkan.

#### Karakteristik Modul Fotovoltaik

Sifat-sifat listrik dari modul fotovoltaik biasanya diwakili oleh karakteristik arus tegangannya, yang mana disebut juga kurva I-V (lihat gambar 118). Kurva I-V dapat diukur menurut susunan peralatan seperti ditunjukkan dalam gambar 119. Kurva 119 menunjukkan arus yang diberikan oleh modul fotovoltaik ( $i_{mod}$ ), sebagai suatu fungsi dari tegangan modul fotovoltaik ( $V_{mod}$ ), pada suatu radiasi spesifik dan temperatur sel spesifik.

Gambar 119 Kurva Arus-Tegangan dari sebuah modul surya



Jika sebuah modul fotovoltaik dikenai hubung singkat ( $V_{mod} = 0$ ), maka arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) mengalir. Pada keadaan rangkaian terbuka ( $I_{mod} = 0$ ), maka tegangan

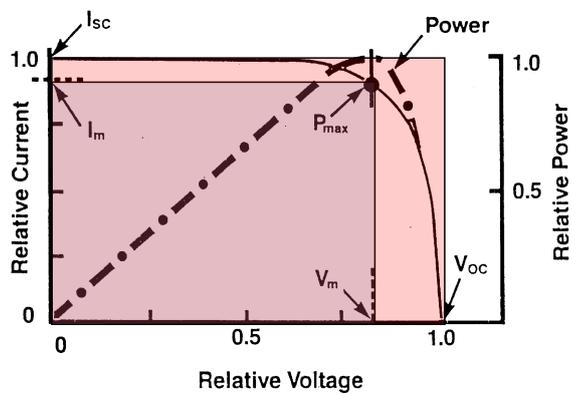
modul disebut tegangan terbuka ( $V_{oc}$ ). Daya yang dihasilkan modul fotovoltaik, adalah sama dengan hasil kali arus dan tegangan yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik :

$$P_{max} = V_m \times I_m \text{ (lihat gambar 119)}$$

**Rumus 1: Daya puncak yang dihasilkan modul fotovoltaik**

Gambar 120

Daya sebagai fungsi dari tegangan modul fotovoltaik dilukiskan dalam kurva I-V



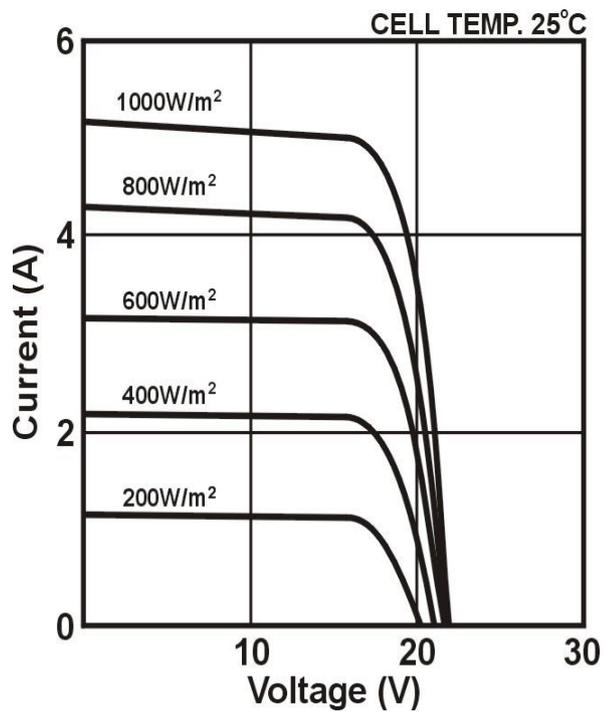
Jika tegangan dari modul ditambah, misalnya dengan menambah tahanan beban dan dimulai dari  $V_{mod} = 0$  (pada kondisi hubung singkat), maka daya dari modul bertambah dari nol sampai ke daya maksimum pada suatu tegangan tertentu.

Jika tahanan masih terus ditambah, setelah daya maksimum dicapai, maka daya berkurang menjadi nol pada tegangan terbuka ( $V_{oc}$ ). Pada nilai dimana modul memberikan daya maksimumnya disebut nilai daya maksimum, dan dikarakteristikan dengan besaran tegangan nilai daya maksimum ( $V_{mp}$ ), daya nilai daya maksimum ( $P_{mp}$ ) dan arus nilai daya maksimum ( $I_{mp}$ ).

Sebagaimana disebutkan di muka, arus dari modul bergantung antara lain pada tingkat radiasi dan temperatur. Gambar 120 menunjukkan bahwa kurva I-V dari

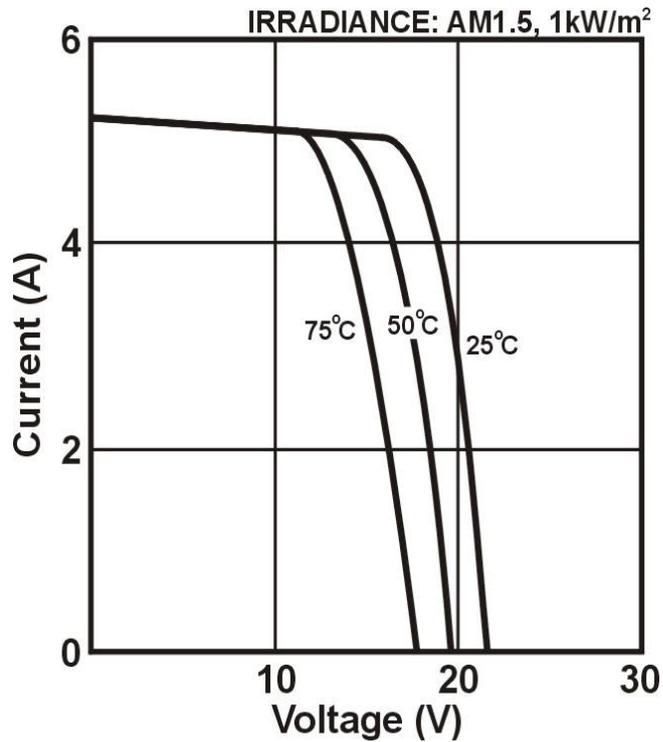
sebuah modul fotovoltaik pada berbagai macam tingkat radiasi. Kurva-kurva I-V pada berbagai macam temperatur sel ditunjukkan dalam gambar 121.

Gambar 121 Kurva I-V dari sebuah modul fotovoltaik, pada berbagai radiasi matahari



Gambar 122

Kurva I-V dari sebuah modul fotovoltaik, pada berbagai temperatur sel



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

**Arus keluaran dari sebuah modul dalam hubungannya dengan sudut kemiringan.**

Arus keluaran dari sebuah modul fotovoltaik bergantung pada besarnya radiasi surya yang diterima oleh modul. Keluaran total selama satu hari penuh dapat dihitung secara sederhana dengan mengalikan arus dengan waktu selama modul itu dikenai sinar matahari. Keluaran modul surya diberikan sebagai ampere jam per hari.

Dengan mengarahkan modul fotovoltaik pada kemiringan tertentu, radiasi surya yang diterima dapat dioptimalkan untuk suatu kurun waktu satu tahun. Yang selanjutnya hal ini akan memperbesar keluaran tahunan rata-rata modul fotovoltaik. Secara umum, kemiringan modul disesuaikan dengan posisi lintang lokasi penempatan.

#### **4). Array atau Rangkaian Modul Surya**

Sistem-sistem fotovoltaik atau lebih dikenal dengan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dibuat berdasarkan kebutuhan catudaya dan sistem tegangan yang diinginkan oleh beban. Untuk membuat rangkaian modul surya dilakukan dengan cara menghubungkan modul surya secara seri dan paralel.

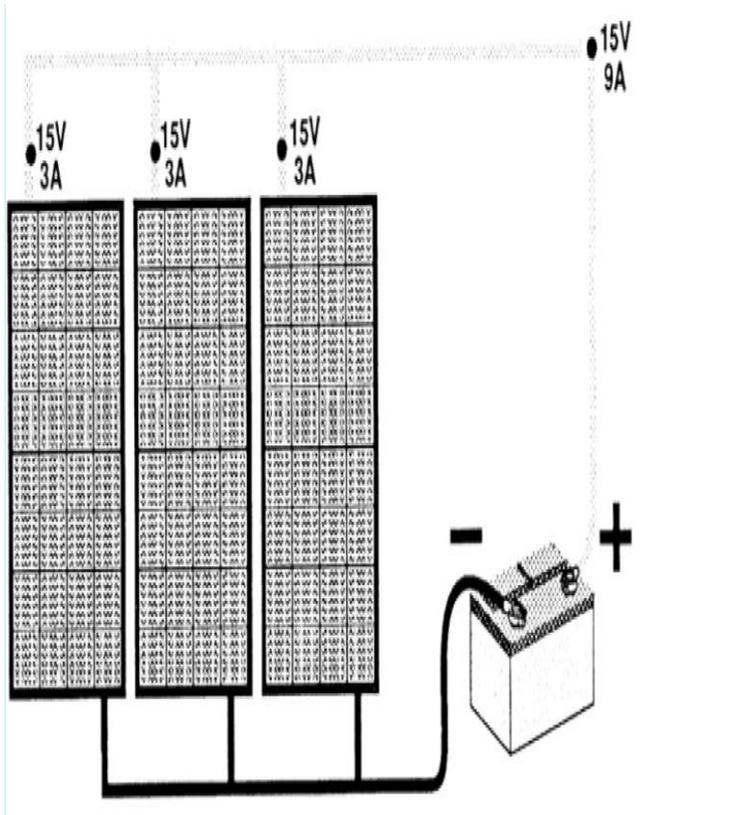
##### **Hubungan Paralel Modul Surya**

Untuk mendapatkan arus listrik yang lebih besar dari pada keluaran arus listrik dari setiap modul surya, maka modul surya dihubungkan secara paralel, dengan cara menghubungkan kutub-kutub yang sama (kutub negatif saling dihubungkan dan kutub positif juga saling dihubungkan), seperti terlihat pada gambar 122.

Apabila masing-masing modul surya mempunyai tegangan kerja 15 Volt dan menghasilkan arus listrik sebesar masing-masing 3 Amper, kemudian ketiganya dihubungkan secara paralel maka akan didapatkan arus listrik total sebesar 9 Ampere sedangkan tegangan total akan sama dengan tegangan masing-masing modul surya yaitu 15 Volt.

Gambar 123

Tiga buah modul surya dihubungkan secara paralel



### Hubungan Seri Modul Surya

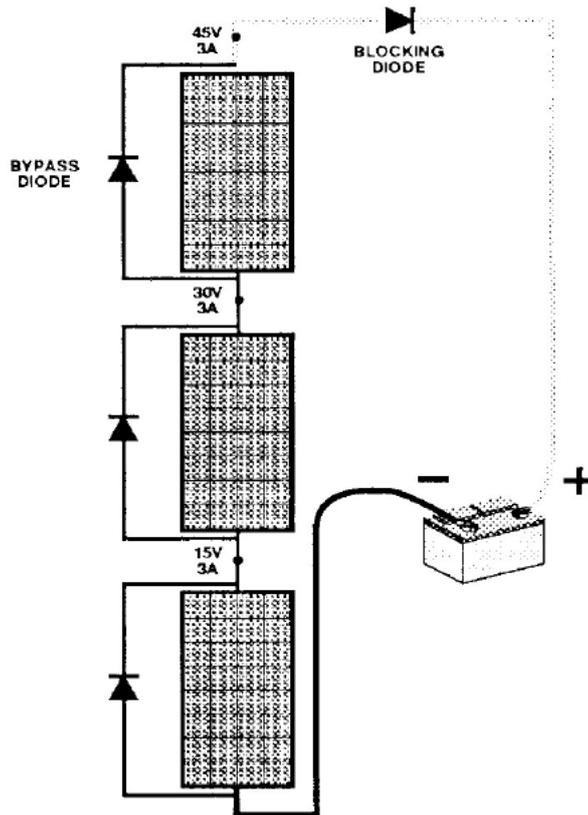
Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan modul surya dihubungkan secara seri yaitu dengan cara menghubungkan kutub positif dan kutub negatif seperti terlihat pada gambar 123.

Tegangan total yang didapatkan dengan cara menghubungkan seri tiga buah modul masing-masing mempunyai tegangan 5 Volt adalah merupakan jumlah yaitu 15 Volt, tetapi arus listrik total yang dihasilkan adalah sama dengan masing-masing arus setiap modul yaitu 3 Ampere.

Commented [HP15]: Sumber gambar ?

Gambar 124

Tiga buah modul surya dihubungkan secara seri



#### Hubungan Seri-Paralel Modul Surya

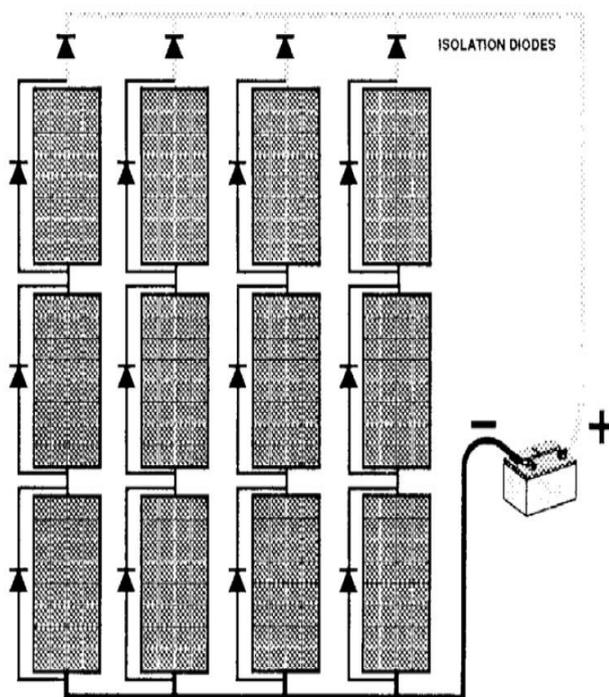
Untuk mencatu daya sistem-sistem PLTS yang diinginkan, maka perlu untuk menggabungkan sejumlah modul surya secara seri maupun parallel seperti terlihat pada gambar 124. Pada gambar 124 terlihat bahwa array atau rangkaian modul surya

untuk menacatu daya sistem terdiri dari 3 buah modul surya yang dihubungkan secara seri dan 4 buah modul surya yang dihubungkan secara paralel.

Tegangan kerja sistem tersebut adalah 15 Volt dan arus listrik yang dibutuhkan adalah sebesar 12 Ampere.

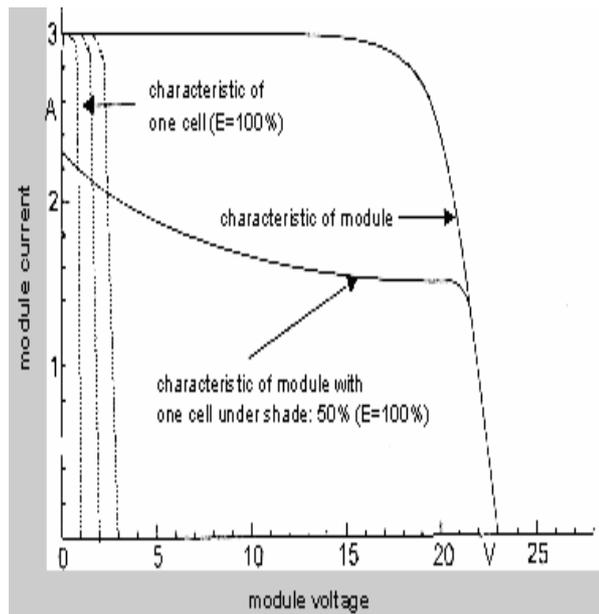
Gambar 125

Array atau Rangkaian Modul Surya



### Efek bayangan (*Shading Effect*)

Keluaran listrik yang dibangkitkan sel surya juga bergantung pada efek bayangan atau *shaing effect*, yaitu kemungkinan terhalangnya modul surya akibat bayangan suatu benda yang mengakibatkan berkurangnya sinar matahari yang dapat diterima oleh modul.



Problem yang umum timbul akibat efek bayangan antara lain:

- Berkurangnya luasan daya dari keluaran daya nominal, karena insulasi berkurang sehingga *photo-current* dari matahari pun berkurang. Arus tiap sel menurun, karena sel disusun secara seri.
- Stress akibat panas yang tidak merata pada permukaan modul akan meningkatkan suhu pada sel secara dramatis, sehingga timbul *overheating* pada sel-sel tertentu.

Gambar 125 mengilustrasikan berkurangnya luasan keluaran daya akibat efek bayangan sebagai rugi-rugi sebesar 50% terhadap keluaran daya nominal 100%.

#### Hot-Spot

*Hotspot* atau efek *hotspot* adalah suatu akibat dari pembuangan energi karena suatu kondisi dimana salah satu sel didalam suatu modul fotovoltaik diteduhi oleh suatu

benda sehingga tidak mendapatkan pencahayaan matahari. Efek ini dapat merusak sel fotovoltaik dengan hebat. Efek ini biasanya menciptakan suatu bekas berupa area berwarna putih pada sel fotovoltaik.

Sebagian atau seluruh energi, yang dibangkitkan oleh sel-sel yang diterangi oleh sinar matahari akan dibuang berupa panas yang tinggi pada sel-sel yang diteduhi atau tidak mendapatkan sinar matahari.

Agar mencegah sel-sel fotovoltaik dirusak oleh efek hotspot, maka dioda *by-pass* dihubungkan secara parallel dengan sejumlah sel-sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri, sedemikian sehingga hanya sebagian energi yang dibangkitkan modul fotovoltaik akan dibuang di dalam sel-sel fotovoltaik yang diteduhi tersebut.

#### **Alat Pengatur Baterai**

Sebagaimana telah dijelaskan pada perancangan sistem Fotovoltaik bahwa didalamnyaterdapat 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 dokumen ini.

BCR didisain dengan menggunakan komponen elektronik, oleh karena itu disini 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 Panyang 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 BCRdiklasifikasikan 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

Fungsi BCR antara lain:

Mengatur transfer energi dari modul PV --> baterai --> beban, secara efisien dan semaksimal mungkin;

mencegah baterai dari :

*Overcharge* : pemutusan pengisian (*charging*) baterai pada tegangan batas atas, untuk menghindari 'gasing', yang dapat menyebabkan penguapan air baterai dan korosi pada grid baterai;

*Underdischarge* : pemutusan pengosongan (*discharging*) baterai pada tegangan batas bawah, untuk menghindari pembebanan berlebih yang dapat menyebabkan sulfasi baterai;

membatasi daerah tegangan kerja baterai;

menjaga/memperpanjang umur baterai;

mencegah beban berlebih dan hubung singkat;

melindungi dari kesalahan polaritas terbalik;

memberikan informasi kondisi sistem pada pemakai.

### **Overcharge**

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

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) dimana 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 “gasing” (mengeluarkan gelembung-gelembung gas), jika tegangan baterai telah mencapai sekitar antara 14,5 s/d 15,0 volt. Oleh karena itu apabila tegangan baterai telah mencapai sekitar 13,8 – 14,5 volt, maka pengisian arus listrik tersebut harus segera diputuskan.

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” 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-pun 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, dan lain-lain) terutama pada malam hari, maka hal ini akan menyebabkan baterai berangsur-angsur mulai menuju kosong dan apabila tidak ada penambahan arus listrik ke dalam 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**

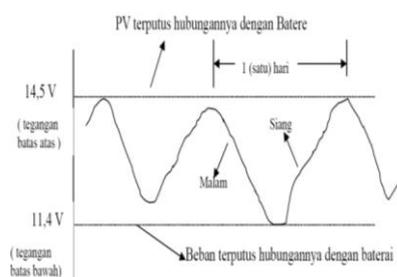
Daerah tegangan kerja baterai adalah daerah tegangan dimana sistem Fotovoltaik masih mampu menyalakan beban. Untuk Sistem tegangan 12 volt, maka daerah tegangan kerja baterai adalah antara 11,4 volt - 14,5 volt.

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.

Adapun grafik turun dan naik tegangan baterai terhadap pemakaian beban dan pengisian arus listrik melalui Fotovoltaik dapat digambarkan seperti gambar 126.

Gambar 127

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, maka apabila pemakaian beban melebihi 10 amper, 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, dan lain-lain; atau mungkin juga terjadi hubungan langsung antara kabel positif dengan kabel negatif pada kabel yang menuju beban (ujung-ujung kabel tersebut tersambung langsung).

Pada kondisi hubung singkat ini terjadi arus yang sangat besar, maka apabila 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 pada :

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

BCR yang bermutu baik, akan mempunyai perlindungan terhadap kerusakan BCR akaibat terjadinya polaritas terbalik untuk hubungan PV-BCR (Point 1) dan polaritasterbalik 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 memberikan 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.

### **Pemberian Informasi Kondisi Sistem ke Pemakai**

Informasi kondisi sistem yang diberikan kepada pemakai dapat berupa suara yaitu seperti misalnya **suara alarm** atau **suatunya lampu** seperti yang kita kenal pada BCR yaitu lampu LED (*Light Emitting Diode*). Informasi ini diberikan untuk memberiperingatan atau pemberitahuan kepada pemakai bahwa sistem berada di luar kondisioperasi; sistem berada dalam kondisi operasi ataupun sistem berada dalam kondisi “*emergency*”.

### **Kriteria Penting BCR**

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

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

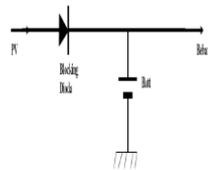
## **5). Tipe BCR**

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

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

## Direct Connection

Gambar 128 Rangkaian BCR tipe Direct Connection



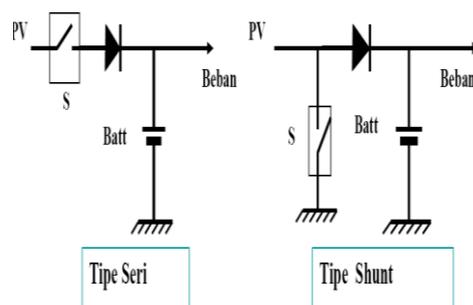
Pada tipe ini fotovoltaik terhubung langsung atau tidak menggunakan saklar pemutus pada tegangan batas atas. Untuk mencegah arus balik dari baterai ke PV, dipasang 'Blocking Diode'. Kemudian, untuk mencegah terjadinya overcharge, kapasitas PV, baterai, dan pemakaian energi beban harus dihitung dengan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

Gambar 129 Rangkaian BCR tipe On-Off Regulator

## On-Off Regulator

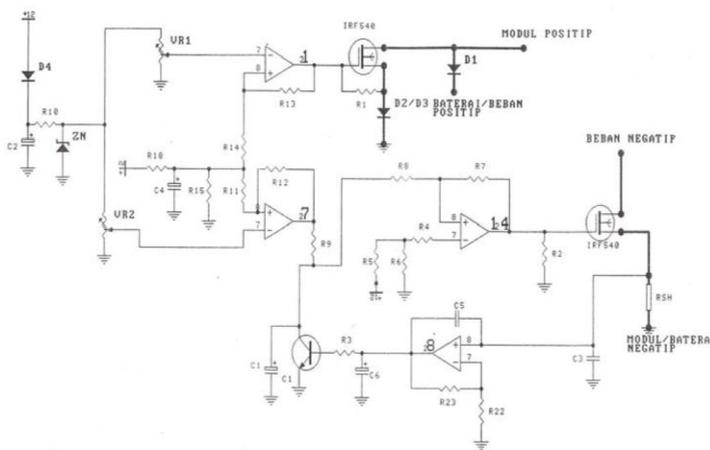


Hubungan PV dengan baterai akan terputus pada saat tegangan baterai telah mencapai batas atas, misalnya pada 14,2 volt.

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 130 Rangkaian BCR tipe shunt



### 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 nya Saklar S. Apabila tegangan baterai pada saat belum mencapai 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

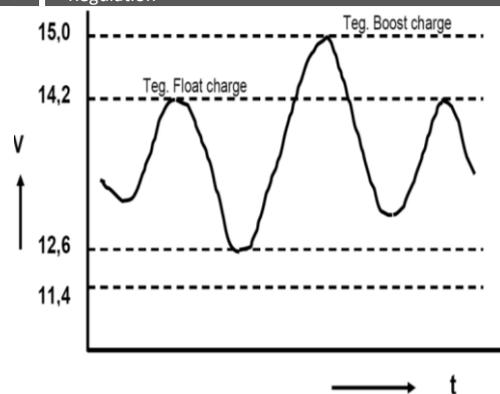
penuh (misalnya  $V_{bat} = 14,2V$ ). Tegangan ini sekarang disebut sebagai tegangan "floating" atau tegangan batas atas "normal".

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 di-set 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 130. Di sini tegangan picu atau tegangan trigger baterai dimana baterai akan menuju pengisian sampai gasing di-set = 12,6 volt.

Gambar 131 Tegangan baterai saat kondisi Charge-Discharge BCR tipe Two-Step Regulation



### 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.

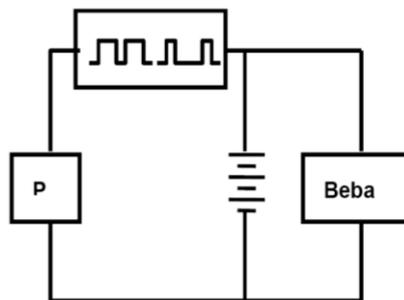
Proses pengisian mendekati kondisi yang ideal karena besarnya arus pengisian dapat diatur dari kondisi paling minimal (semua *switch* terbuka) hingga pengisian maksimal (semua *switch* tertutup).

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

## 6). Disain dasar PWM

Gambar 132

Rangkaian PWM pada BCR



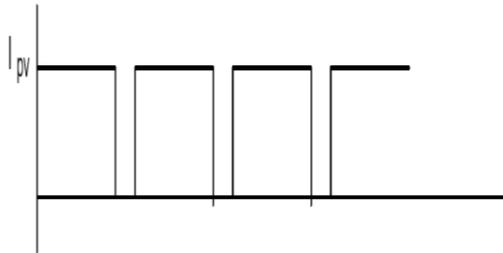
Pada saat baterai hampir penuh, terjadi pengisian (charging) yang terputus-putus atau dikenal dengan teknik PWM (Pulse Width Modulation). Proses pengisian baterai mendekati kondisi ideal, karena besar kecilnya arus pada saat pada saat baterai akan penuh diatur oleh lebar pulsa “on”.

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

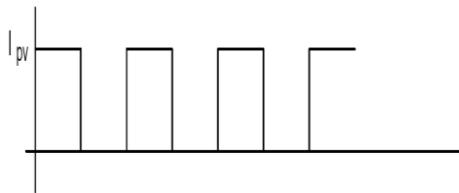
- PWM mulai start (baterai hampir penuh)

Gambar 133 Bentuk arus pengisian PV dengan PWM saat start



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

Gambar 134 Bentuk arus pengisian PV dengan PWM 50% duty cycle



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

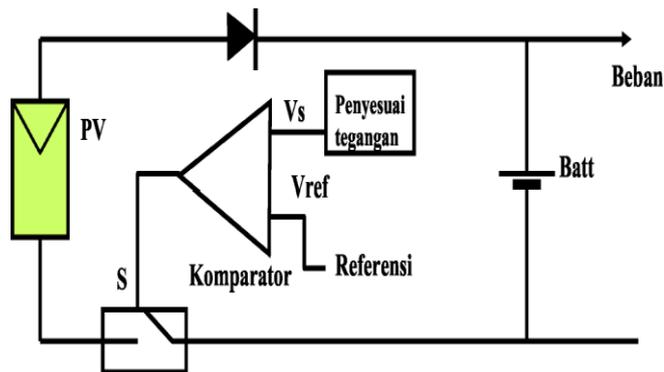
Gambar 135 Bentuk arus pengisian PV dengan PWM 95% duty cycle



## 7). Cara kerja beberapa jenis BCR

### Sistem On-Off Regulator Jenis Seri

Gambar 136 Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off regulator jenis seri



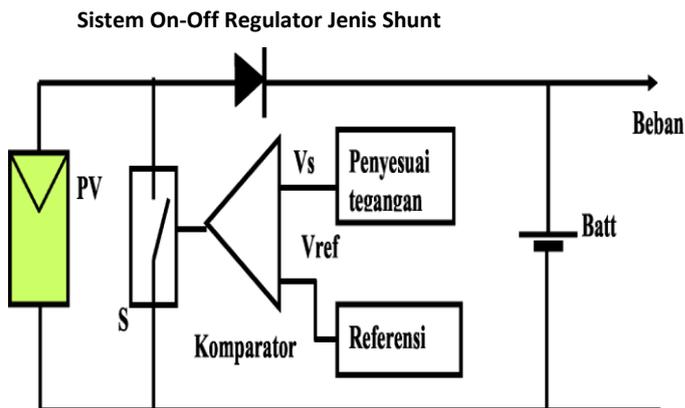
Jika  $V_S < V_{ref}$ , maka komparator akan On dan memicu (*trigger*) switch elektronik S agar tetap On (Switch S tutup).

$V_S$  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 rekoneksi-nya dimana dikenal sebagai tegangan 'hysteresis' pada komparator dan ini dapat di-desain pada rangkaian BCR-nya.

Keuntungan dengan cara ini adalah rugi 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.

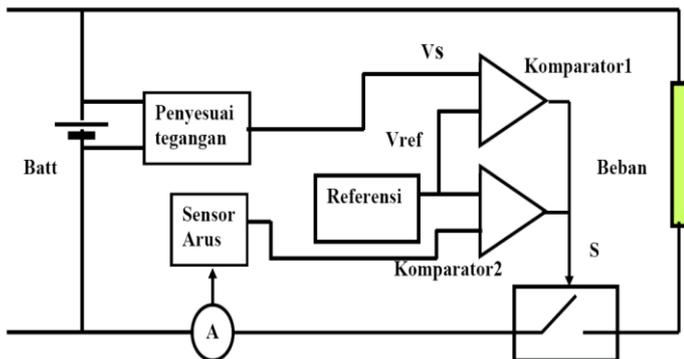
Gambar 137 Rangkaian BCR dengan sistem kerja On-Off regulator jenis shunt



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.

### Sistem On-Off pada Sisi Beban dan Proteksi Beban Lebih



Komparator 1 untuk pemutus/penghubung switch S terhadap tegangan baterai minimum (batas bawah) dan Komparator2 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 Switch S tertutup;
- jika  $V_{bat} < V_{min}$  dan  $I_b < I_{max}$ , maka Switch S terbuka;
- jika  $V_{bat} > V_{min}$  dan  $I_b > I_{max}$ , maka Switch S akan mengalami proses On-Off sedemikian rupa seakan-akan Switch 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 Switch S terbuka. Memperlambat kondisi Switch S Off pada saat  $I_b > I_{maks}$ , dapat dilakukan dengan membuat rangkaian 'delay'.

#### 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).

Tipe Baterai	Flooded Deep Cycle (V)	Flooded Maintenance Free (V)	Sealed Absorbed Glass Mat (V)	Sealed Gelled (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 menjadi lebih panas. Sebaliknya, tegangan batas atas akan naik jika temperatur menjadi lebih dingin.

Dengan demikian, tegangan batas atas harus diturunkan pada saat temperatur baterai panas, dan harus dinaikkan pada saat temperatur baterai dingin.

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 21 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	-

### 8). 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

Baterai 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.

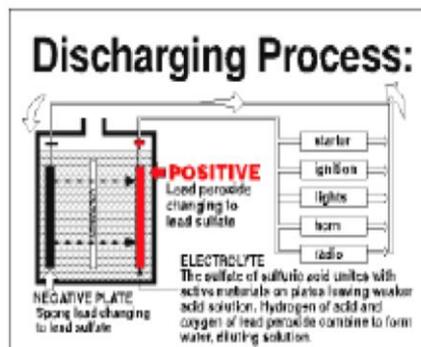
Pada kondisi normal baterai dipergunakan saat malam hari atau saat cuaca berawan, akan tetapi jika terjadi kondisi beban yang berlebih pada siang hari, baterai dapat dipergunakan menambah beban yang dihasilkan modul surya.

### Baterai Lead-Acid

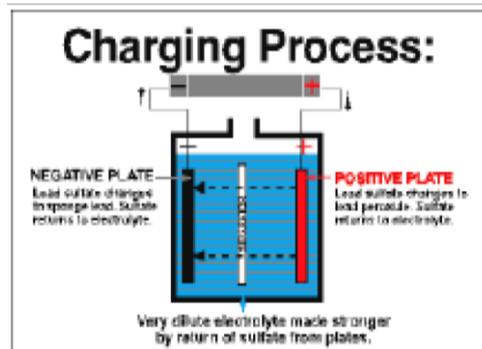
Baterai lead-acid adalah suatu alat yang memanfaatkan reaksi kimia untuk menyimpan energi listrik. Baterai lead-acid memanfaatkan kombinasi dari pelat timah (lead) dan elektrolit asam sulfat encer (acid) untuk mengubah energi listrik menjadi energi potensial kimia dan mengubahnya kembali menjadi energi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

Gambar 139

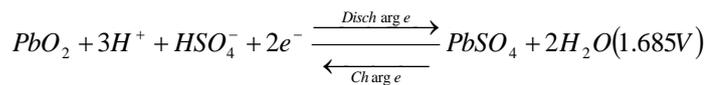
Proses discharging



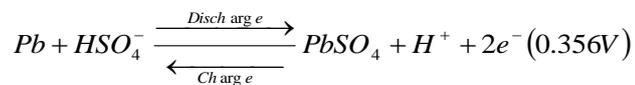
Baterai biasanya dibuat untuk keperluan tertentu yang spesifik/khusus, dalam hal ini dibedakan dari konstruksi yang dibuat untuk komponennya.



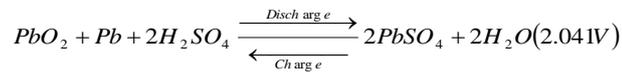
Rumus 2: Proses *Charge-Discharge* pada sisi positif elektroda



Rumus 3: Proses *Charge-Discharge* pada sisi negatif elektroda



Rumus 4: Proses *Charge-Discharge* untuk keseluruhan sel



#### Baterai Lead-Acid Berdasarkan Siklus

Secara umum terdapat dua macam baterai yang dibuat manufaktur yakni:

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

#### 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 141

Baterai Starting



Commented [HP16]: Sumber gambar ?

### 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.

#### Baterai Lead-Acid Berdasarkan Disain Kontener

Kontener baterai dibuat dalam beberapa macam konfigurasi:

1. *Flooded Cell*
2. *Sealed Cell/Valve Regulated Lead Acid (VRLA)*

#### Flooded Cell

*Flooded Cell* adalah disain 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.

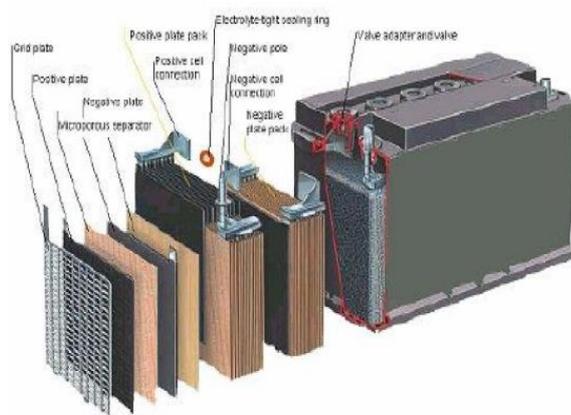
Commented [HP17]: Sumber gambar ?

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 143

Konstruksi baterai flooded cell



### 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*.



Commented [HP18]: Sumber gambar ?

### Sel Baterai

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

### Tegangan Sel

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

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

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

### **State of Charge**

*State of Charge* (SOC) merupakan suatu ukuran seberapa penuhnya muatan listrik dalam baterai. Hubungan antara tegangan dengan SOC sangat bergantung pada temperatur baterai. Baterai dengan temperatur rendah akan memperlihatkan tegangan yang lebih rendah pada kondisi penuh dibandingkan dengan baterai dengan temperatur lebih tinggi.

Oleh karena itu beberapa regulator atau sistem charging dilengkapi dengan sensor temperatur pada sisi baterai.

### **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*.

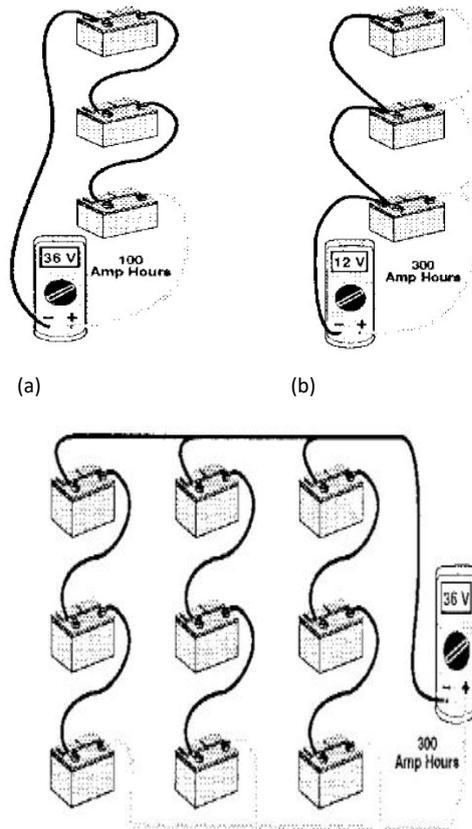
### **Kapasitas Baterai**

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 145 Hubungan baterai secara (a) seri; (b) paralel; (c) seri-paralel



(c)

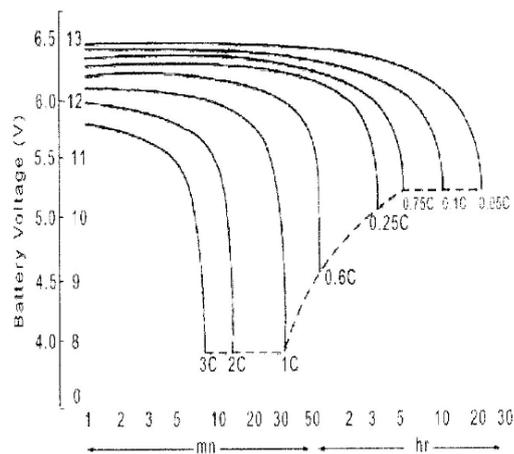
Karena baterai dalam proses pengisian dan pelepasan energinya bergantung pada reaksi kimia, maka kapasitas yang tersedia (*available capacity*) relatif terhadap kapasitas total akan bergantung kepada seberapa cepat pengisian dan pelepasan dilakukan, dimana keduanya merupakan reaksi-reaksi kimia yang 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 *Ampere-hour* dari suatu baterai diukur pada suatu laju pengeluaran yang akan menyebabkan baterai habis/ kosong dalam 20 jam. (atau laju C/20 atau 0,05C ). Jika dilakukan pelepasan pada laju lebih besar dari C/20, akan didapatkan kapasitas tersedia yang lebih kecil dari C total.

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

Gambar 146 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. Sementara baterai dihindarkan digunakan atau *discharge* sampai dengan 0% SOC.

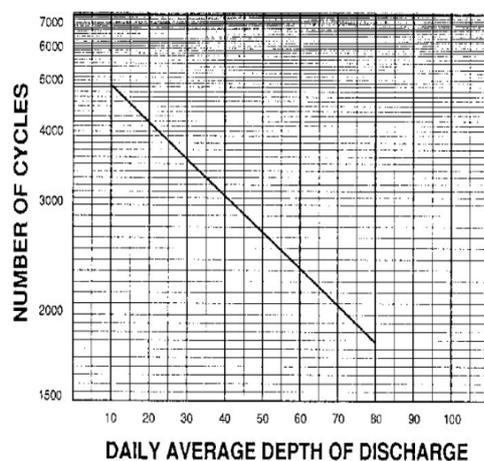
Suatu baterai dengan siklus dangkal atau *Shallow Cycle* dirancang hanya untuk melakukan pelepasan/discharge sebesar 10-25% DOD dari kapasitas total pada tiap

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 147

Siklus (cycle life) vs DOD baterai



### 9). Mekanisme Degradasi Baterai

Terdapat empat mekanisme degradasi/kerusakan utama yang dapat terjadi pada baterai yang dioperasikan dalam system tenaga surya:

1. Softening
2. Korosi grid
3. Sulfasi
4. Stratifikasi

#### Softening

Jika baterai dioperasikan dalam siklus *charge-discharge* yang berulang-ulang, akan terjadi variasi volum (mengembang dan menyusut) dari komponen aktif pada pelat,

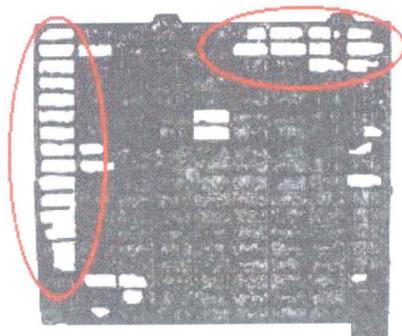
variasi volum ini akan menyebabkan perubahan pada sifat-sifat bahan seperti daya kohesi, distribusi kristal dan ukuran kristal.

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 148

Degradasi baterai akibat efek Softening



#### Korosi Grid

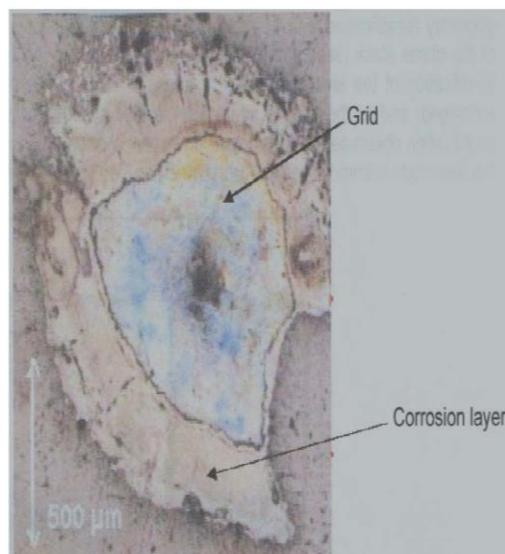
Jika baterai lead-acid dalam kondisi bertegangan tinggi (saat akhir *Charge* atau *Overcharge*), oksigen yang terbentuk pada pelat positif cenderung untuk membentuk lapisan oksigen di antar muka grid dengan komponen aktif, sehingga grid teroksidasi membentuk lapisan korosi (karat). Lapisan korosi yang 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 149

Degradasi baterai akibat efek korosi

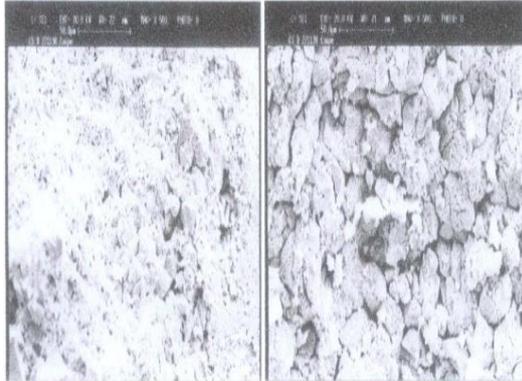


### Sulfasi

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.

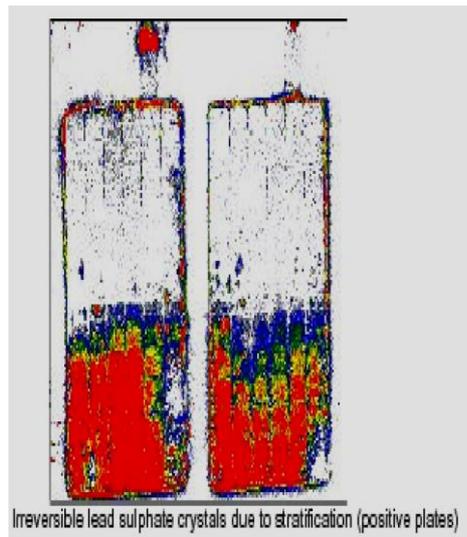
Konsekuensi dari proses ini adalah berkurangnya kapasitas baterai karena berkurangnya komponen aktif.



#### 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*.



## 10). 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;
- 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.

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 terlampaui 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 3-4 tahap pengisian yaitu: *bulk, absorbtion, equalization dan float*.

#### ***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*.

#### **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 ampere.

#### **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 dinaikkannya tegangan pengisian sampai ke level tertentu selama beberapa saat.

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

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

#### **FloatCharging**

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 22 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 settingtegangan *bulk charging*, *float charging* maupun *equalization charging* pada kontrol pengisian baterai, tabel 23 dapat digunakan sebagai panduan.

Tabel 23 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 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.

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.

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

Lakukan tindakan-tindakan dalam perawatan baterai 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.

Lakukan 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 toping up atau penambahan air. Air yang digunakan hanya lah air yang tidak mengandung mineral berat.

• **Alat dan Bahan:**

1. Pensil	.....	1 buah
2. Penggaris	.....	1 set
3. Penghapus	.....	1 buah
4. Rapido	.....	1 set
5. Sablon huruf dan simbol	.....	1 set
6. Kertas gambar ukuran A3	.....	1 lembar

• **Keselamatan dan Kesehatan Kerja :**

- 1. Berdo'alah sebelum mengerjakan tugas!
- 2. Gunakanlah alat dan gambar sesuai dengan fungsinya!
- 3. Bersihkanlah alat gambar yang telah selesai digunakan!

• **Langkah Kerja :**

- 1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan!
- 2. Rekatkanlah dengan isolasi sudut kertas gambar!
- 3. Buatlah garis tepi!
- 4. Buatlah sudut keterangan gambar (stuklyst)!
- 5. Rencanakanlah tata letak (lay out) pembuatan gambar!
- 6. Mulailah dengan menggambar Sistem Rangkaian Instalasi PLTS yang terdiri dari Modul Panel Surya, BCU, Baterai, Lampu TL, Lampu LED, inverter dan Motor pompa airdengan pensil lebih dulu, baru disalin dengan rapido!
- 7. Bersihkan alat gambar setelah selesai dan kembalikanlah ke tempatnya!

## **1.1.E. Rangkuman**

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.

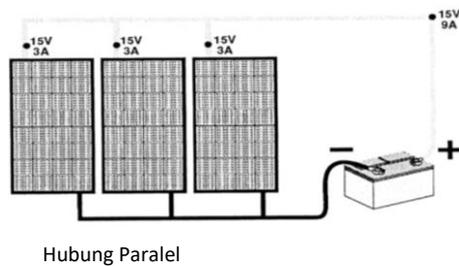
#### **M.F. Tes Formatif**

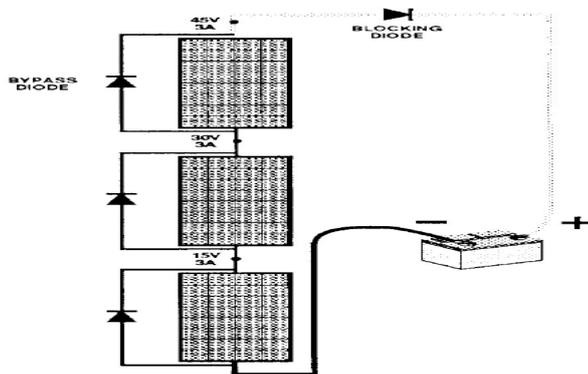
1. Jelaskan Proses konversi energi pada sel surya!
2. Jelaskan karakteristik modul surya!
3. Buatlah hubungan seri-paralel Rangkain modul surya!
4. Jelaskan fungsi dari BCR!
5. Sebutkan jenis-jenis BCR !
6. Jelaskan kerja rangkaian dasar PWM!
7. Jelaskan prinsip kerja dari jenis-jenis BCR !
8. Jelaskan mekanisme degradasi baterai!
9. Bagaimana Cara merawat baterai sesuai SOP?

#### **N.G. Kunci Jawaban**

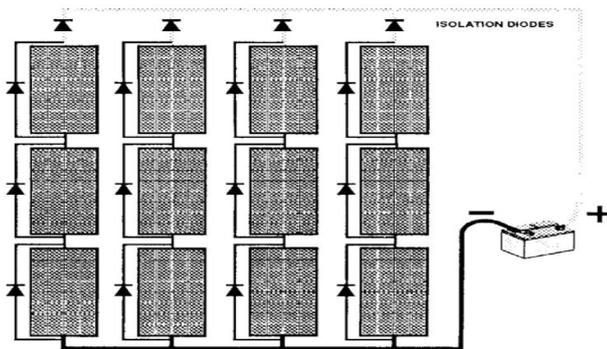
1. Apabila suatu bahan semikonduktor seperti misalnya bahan silikon diletakkan dibawah penyinaran matahari, maka bahan silikon tersebut akan melepaskan sejumlah kecil listrik yang biasa disebut *efek fotolistrik*. Yang dimaksud efek fotolistrik adalah pelepasan elektron dari permukaan metal yang disebabkan penumbukan cahaya. Efek ini merupakan proses dasar fisis dari fotovoltaik merubah energi cahaya menjadi listrik.
2. Sifat-sifat listrik dari modul fotovoltaik biasanya diwakili oleh karakteristik arus tegangannya, yang mana disebut juga kurva I-V (lihat gambar 118). Kurva I-V dapat diukur menurut susunan peralatan seperti ditunjukkan dalam gambar 119. Kurva 119 menunjukkan arus yang diberikan oleh modul fotovoltaik (imod), sebagai suatu fungsi dari tegangan modul fotovoltaik ( $V_{mod}$ ), pada suatu radiasi spesifik dan temperatur sel spesifik.

3





Hubungan Seri



Hubungan seri-paralel

4. Fungsi BCR

Mengatur transfer energi dari modul PV --> baterai --> beban, secara efisien dan semaksimal mungkin;mencegah baterai dari :

*Overcharge* : pemutusan pengisian (*charging*) baterai pada tegangan batas atas, untuk menghindari 'gasing', yang dapat menyebabkan penguapan air baterai dan korosi pada grid baterai;

*Underdischarge* : pemutusan pengosongan (*discharging*) baterai pada tegangan batas bawah, untuk menghindari pembebanan berlebih yang dapat menyebabkan sulfasi baterai;

membatasi daerah tegangan kerja baterai;

menjaga/memperpanjang umur baterai;

mencegah beban berlebih dan hubung singkat;

melindungi dari kesalahan polaritas terbalik;

memberikan informasi kondisi sistem pada pemakai.

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

*Direct Connection*

*On - Off Regulation* :

Seri

Paralel

PWM (*Pulse Width Modulation*)

*Two-step Regulation*

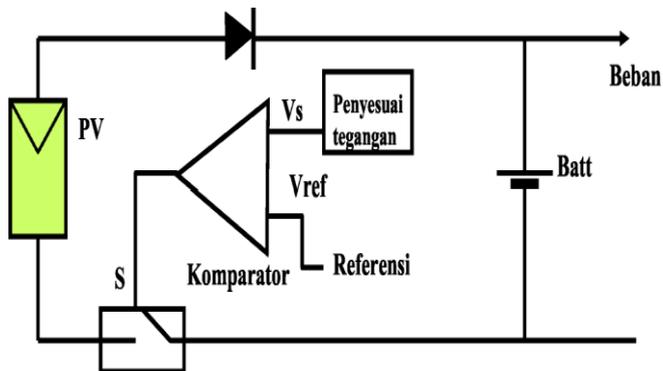
Multistep

MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

6. Prinsip kerja PWM

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".

7. BCR jenis SERI



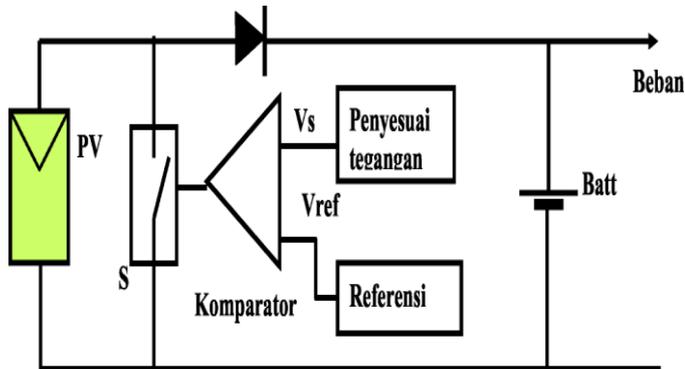
Jika  $V_S < V_{ref}$ , maka komparator akan On dan memicu (*trigger*) switch elektronik S agar tetap On (Switch S tutup).

$V_S$  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 rekoneksi-nya dimana dikenal sebagai tegangan '*hysteresis*' pada komparator dan ini dapat di-desain pada rangkaian BCR-nya.

Keuntungan dengan cara ini adalah rugi 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.

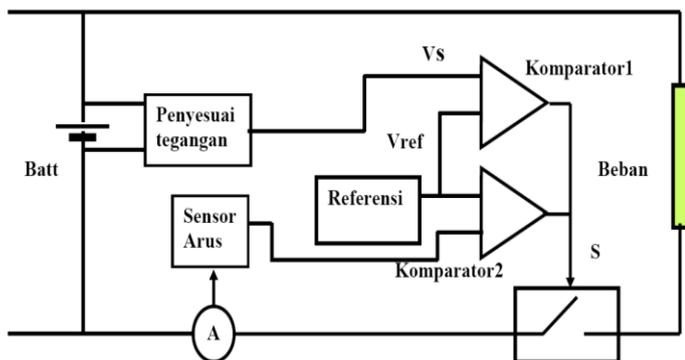
BCR Jenis Paralel



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.

Sistem On-Off pada Sisi Beban dan Proteksi Beban Lebih



Komparator 1 untuk pemutus/pengbubung switch S terhadap tegangan baterai minimum (batas bawah) dan Komparator2 untuk pemutus/penghubung switch S terhadap proteksi beban lebih atau hubung singkat.

Bila tegangan baterai belum mencapai minimum, maka:  $V_S > V_{ref}$  → Switch S tertutup → beban terhubung. Bila tegangan baterai telah mencapai minimum, maka:  $V_S < V_{ref}$  → Switch S terbuka → 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 Switch S tertutup;
- jika  $V_{bat} < V_{min}$  dan  $I_b < I_{max}$ , maka Switch S terbuka;
- jika  $V_{bat} > V_{min}$  dan  $I_b > I_{max}$ , maka Switch S akan mengalami proses On-Off sedemikian rupa seakan-akan Switch 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 Switch S terbuka.

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

8. Terdapat empat mekanisme degradasi/kerusakan utama yang dapat terjadi pada baterai yang dioperasikan dalam system tenaga surya:

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.

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*".

#### 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.

#### 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.

#### 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.

9. 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.

### **BAB III**

### **PENUTUP**

Salah satu bentuk energi yang banyak dipergunakan di dunia adalah energi listrik, sehingga dapat dikatakan bahwa listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia. Listrik dapat dibangkitkan melalui berbagai sumber energi yang berbeda baik menggunakan sumber energi fosil (seperti minyak bumi, batubara, dan gas-alam) maupun sumber energi terbarukan (seperti: matahari, hidro, angin, panas bumi dan biomassa). Oleh karena berbagai dampak negatif yang ditimbulkan, misalnya: dari kecelakaan pusat listrik energi nuklir, polusi lingkungan sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar fosil dan kehabisan bahan bakar diwaktu mendatang, maka penggunaan sumber energi terbarukan sangat didorong pengembangannya.

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

1. Sistem bersifat modular
2. Pemasangannya mudah
3. Kemungkinan desentralisasi dari sistem
4. Tidak diperlukan transportasi dari bahan bakar
5. Tidak menimbulkan polusi dan kebisingan suara

6. Sistem memerlukan pemeliharaan yang kecil
7. Kesederhanaan dari sistem, sehingga tidak perlu pelatihan khusus bagi pemakai/pengelola
8. Biaya operasi yang rendah

## UJI KOMPETENSI

Soft Skills (Penilaian Sikap/Kepribadian)

### a. Instrumen dan Rubrik Penilaian

No	Nama Peserta	Disiplin				Jujur				Tanggung Jawab				Santun				Nilai Akhir
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1.																		
2.																		
3.																		
n																		

### b. Rubrik Penilaian

Peserta didik memperoleh skor:

- 4 = jika empat indikator terlihat
- 3 = jika tiga indikator terlihat
- 2 = jika dua indikator terlihat
- 1 = jika satu indikator terlihat

Indikator Penilaian Sikap:

Disiplin

1. Tertib mengikuti instruksi
2. Mengerjakan tugas tepat waktu
3. Tidak melakukan kegiatan yang tidak diminta
4. Tidak membuat kondisi kelas menjadi tidak kondusif

Jujur

- 1) Menyampaikan sesuatu berdasarkan keadaan yang sebenarnya
- 2) Tidak menutupi kesalahan yang terjadi

- 3) Tidak menyontek atau melihat data/pekerjaan orang lain
- 4) Mencantumkan sumber belajar dari yang dikutip/dipelajari

#### Tanggung Jawab

- a) Pelaksana tugas piket secara teratur
- b) Peserta aktif dalam kegiatan diskusi kelompok
- c) Mengajukan usul pemecahan masalah
- d) Mengerjakan tugas sesuai yang ditugaskan

#### Santun

1. Berinteraksi dengan teman secara ramah
2. Berkomunikasi dengan bahasa yang tidak menyinggung perasaan
3. Menggunakan bahasa tubuh yang bersahabat
4. Berperilakusopan

Nilai akhir sikap diperoleh berdasarkan modus (skor yang sering muncul) dari keempat aspek sikap di atas.

#### Kategori nilai sikap:

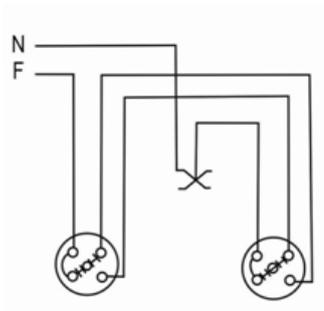
- |             |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| Sangat baik | : apabila memperoleh nilai akhir 4 |
| Baik        | : apabila memperoleh nilai akhir 3 |
| Cukup       | : apabila memperoleh nilai akhir 2 |
| Kurang      | : apabila memperoleh nilai akhir 1 |

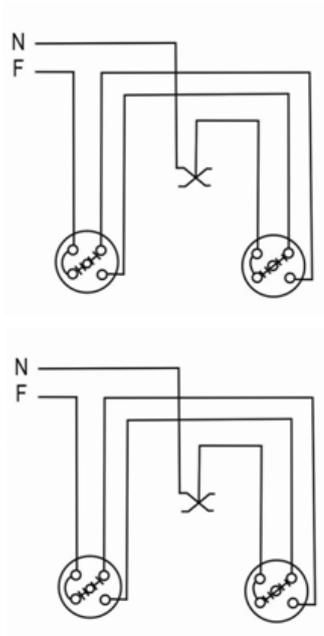
#### 2. Cognition skills

1. Jelaskan keuntungan penggunaan simbol-simbol dalam gambar teknik listrik!
2. Lembaga mana saja yang membuat normalisasi/standarisasi simbol-simbol listrik?
3. Berilah contoh simbol komponen listrik yang dapat menunjukkan perbedaan simbol Amerika dan Jerman!

#### 3. Psicomotoric skills

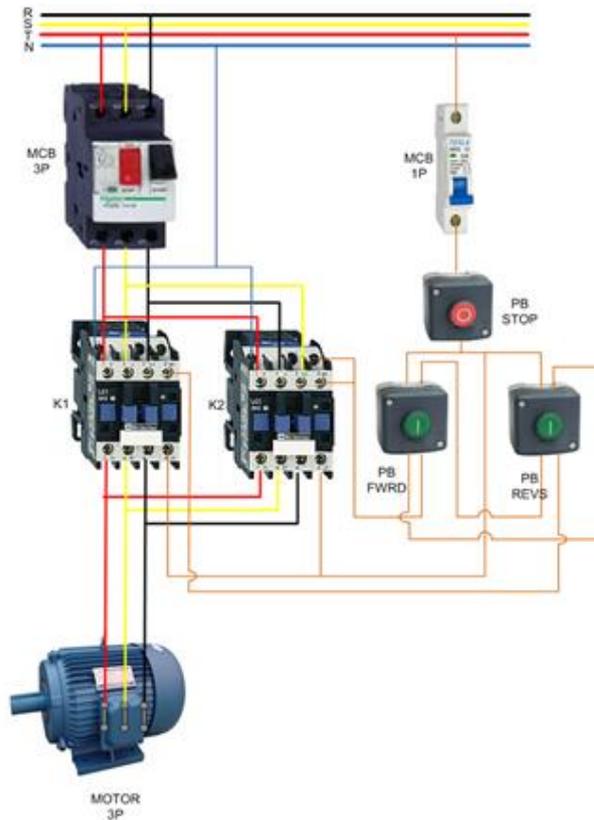
1. Gambar simbol grafik komponen saklar SPDT, DPDT!
2. Gambar simbol grafik komponen Lampu !
3. Gambar simbol grafik komponen umum dari baterai, resistor, kapasitor, induktor
4. Gambar simbol grafik komponen umum dari Dioda, Transistor, UJT, JFET, SCR, TRIAC
5. Gambarkan Rangkaian Lampu TL 1 fase pada PLTS!
6. Gambarkan Rangkaian saklar tunggal dengan sambungan seteker kutub banyak maupun kutub tunggal!
7. Gambarkan Rangkaian Motor Listrik 1 fase pada PLTS
8. Gambarkan Rangkaian Osilator
9. Gambarkan Rangkaian Amplifier
10. Gambarkan Rangkaian PWM
11. Gambarkan Rangkaian sederhana dari Pengisi Baterai Pada PLTS
12. Gambarkan Rangkaian sederhana dari inverter gelombang kotak
13. Gambarkan Skema diagram/ polaritas tunggal dari gambar Rangkaian Listrik polaritasi banyak di bawah ini:





Produk Benda Kerja Sesuai kriteria

Gambar di bawah ini adalah rangkaian benda kerja, gambarkan rangkaian dasar dan skema diagram untuk rangkaian tersebut



Hasil dari Lembar latihan dengan Ukuran kertas A3 dikumpulkan dan dinilai

5. Batasan waktu yang telah ditetapkan

Untuk Penyelesaian Produk Benda Kerja dikumpulkan pada akhir semester

Untuk Mengerjakan Psikomotoric skills =180 menit

Untuk Mengerjakan Cognitif skills =90 menit

#### KRITERIA KELULUSAN

Kriteria	Skor (1-10)	Bobot	Nilai	Keterangan
Kognitif		20		Syarat lulus nilai minimal 70
Kebenaran gambar		30		
Layout (tata letak) gambar		20		
Kerapian, kebersihan, keindahan		10		
Ketepatan waktu		10		
Ketepatan penggunaan alat		10		

## DAFTAR PUSTAKA

- Klaus Janoske, *Basic Vocational Knowledge – Circuits, Formulas and Tables –Electrical Engineering*
- Tim Fakultas Teknik UNY, *Menggambar Teknik Listrik dan Elektronika*, 2001
- [www.electronic design.com](http://www.electronicdesign.com) /Maximum-power-point-tracking solar battery charger
- Sanjay Dixit, 800VA, *Fure Sinus Inverters Reference Design*, Ambrees Tripathy, Juni 2013
- TIM TEDC, *Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Bandung, 2007
- <http://elektronikadasar.info> *Rangkaian diskrit* ,2013
- IEEE Standard Symbol, Appendix A*

## GLOSARIUM

ANSI : *American National Standard Institute*

JIC : *Joint International Electrical Association*

NMEA : *National Manufacturer Electrical Assotiation*

DIN : *Deutche Industrial Norm*

VDE : *Verband Deutcher Elektrotechniker*

NEC : *National Electrical Code*

IEC : *International Electrical Commission.*

BCU : *battery control unit*

BCR : *battery charge regulator*

SCR : *solar charge controller*

**PLTS** : **Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

BCR : suatu Kontrol Panel yang didalamnya terdapat pusat pengkabelan (*wiring*) sistem, BCR itu sendiri yang kemungkinan juga dilengkapi dengan '*hardware*' untuk manajemen energi, inverter dan beberapa fungsi lain seperti proteksi sistem, indikator dan kadang-kadang pencatatan data (*recording*) sistem.

*Hotspot* : suatu akibat dari pembuangan energi karena suatu kondisi dimana salah satu sel didalam suatu modul fotovoltaik diteduhi oleh suatu benda sehingga tidak mendapatkan pencahayaan matahari.

Modul Surya : terdiri dari sejumlah sel fotovoltaik, yang dihubungkan secara seri

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

Sel Surya : sel fotovoltaik berasal dari bahasa Inggris "*photo voltaic*". Satu sel surya fotovoltaik memberikan suatu tegangan sekitar 0,5V

Commented [HP19]: All . . Ukuran huruf, jenis huruf dan spasi harus disesuaikan dengan panduan

*Underdischarge* : pengeluaran (pelepasan) arus listrik dari baterai secara berlebihan sehingga baterai menjadi kosong sama sekali (habis ampernya).

## Lampiran

Formatted: Heading 1

Formatted: Font: Calibri, 11 pt

