

TEKNIK PERENCANAAN INSTALASI LISTRIK. I

Yunus Tjandi
H. Mudassir



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat yang telah dilimpahkan, sehingga buku “*Teknik Perencanaan Instalasi Listrik. I*” ini terwujud. Dalam buku ini disajikan materi tentang : Pendahuluan, Teori Dasar Listrik, Rancangan Instalasi Listrik dan syarat-syaratnya, Perhitungan Kebutuhan Beban Listrik, Perhitungan Daya Listrik Yang Terpakai Pada Rumah Sederhana, Sistem Proteksi, Keselamatan kerja, Contoh-contoh Perhitungan soal dan cara-cara penerapannya di industri atau dilapangan, serta lampiran Alat-alat Ukur Yang Digunakan.

Penulis berpendapat bahwa dalam memacu minat mahasiswa untuk mempelajari Teknik Instalasi listrik lebih luas, maka buku ini dapat dijadikan pemenuhan kebutuhan ke arah tersebut, sekaligus dapat mengatasi kekurangan buku referensi tentang Teknik Perancangan Instalasi Listrik.

Penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis, sehingga dapat menyelesaikan buku ini. Dalam kesempatan ini secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak pimpinan Universitas Negeri Makassar dan kepada pihak Penerbit UNM yang telah bersedia menerbitkan buku ini.

Penulis menyadari bahwa apa yang dicapai dalam buku ini masih mempunyai kekurangan-kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik membangun dari pembaca.

Makassar, Maret 2009

Penulis,

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Dasar Perancangan	2
1.2. Batasan Gedung Bertingkat	2
1.3. Macam Instalasi Pada Gedung Bertingkat	5
1.4. Simbol-simbol	6
1.5. Sumber Tenaga Listrik	6
2. TEORI DASAR LISTRIK	7
2.1. Sistem Arus Searah	7
2.2. Sistem Arus Bolak-Balik	9
2.3. Bilangan J	12
2.4. Hubungan Arus dan Tegangan	12
2.5. Daya Aktif, Daya Reaktif, dan Daya Semu	16
2.6. Komponen Jaringan	18
2.7. Susut Tegangan (Jatuh Tegangan)	18
2.8. Susut Daya	20
2.9. Sistem Tiga Fase	21
2.10 Perhitungan Hubung Singkat	23
3. RANCANGAN INSTALASI LISTRIK	25
3.1. Ketentuan Umum Rancangan Instalasi Listrik	25
3.2. Isi Rancangan Instalasi Listrik	26
3.3. Tujuan Rancangan Instalasi Listrik	27
3.4. Langkah-langkah Perancangan Instalasi Gedung	28

3.5. Penentuan Berkas Rancangan Instalasi	32
3.6. Penentuan Penempatan PHB	35
3.7. Penentuan Penempatan Titik Beban Dan Sakelar	39
3.8. Pengelompokan Beban	44
3.9. Menentukan Sambungan Sirkuit Pada Satu Peranti Atau Pada Satu Kotak Kontak (KKB)	53
3.10. Menentukan Jumlah Titik Beban Dalam Sirkuit Akhir	53
3.11. Penentuan Titik Sambung Sirkuit Akhir Untuk Pemakaian Khusus .	56
3.12. Penentuan Susunan Sirkuit Utama, Sirkuit Cabang, Dan Sirkuit Akhir.	56
3.13. Pengelompokan Sirkuit Beban Pada Perlengkapan Hubung Bagi	57
4. PERHITUNGAN KEBUTUHAN BEBAN LISTRIK	57
4.1. Menghitung Kebutuhan Maksimum Beban Pada Sirkuit Utama Dan Sirkuit Cabang	57
4.2. Perhitungan Kebutuhan Maksimum	62
4.3. Menghitung Kebutuhan Beban Listrik Sirkuit Utama Dan Sirkuit Cabang Dengan Cara Pengukuran atau Pembatasan	69
4.4. Menghitung Kebutuhan Maksimum Sirkuit Akhir	69
4.5. Menghitung Kebutuhan Beban Listrik Dengan Cara Penafsiran ...	69
4.6. Penentuan Besarnya Kuat Hantaran Arus Pada Suatu Hantaran ...	71
4.7. Penentuan Penghantar	72
4.8. Penentuan Batas Susut Tegangan	76
4.9. Contoh Perhitungan Kebutuhan Maksimum Dan Jumlah Titik Beban Pada Suatu Bangunan	77
4.10. Contoh Perhitungan Kuat Penerangan Listrik Pada Ruangan- ruangan (Illuminasi)	87

5. PERHITUNGAN DAYA LISTRIK YANG TERPAKAI PADA	
RUMAH SEDERHANA	91
5.1. Perbedaan antara Daya Kerja (W) Dengan Daya Semu (VA)	91
5.2. Perhitungan Usaha (Energi) Listrik.....	93
5.3. Menghitung Rekening Listrik	94
6. SISTEM PROTEKSI	99
6.1. Menentukan Rancangan Pemilihan Gawai Proteksi	99
6.2. Pengendalian dan Proteksi Sirkuit	99
6.3. Arus Pengenal Gawai Proteksi	103
6.4. Proteksi Sirkuit Pada Sistem Pembumian Netral Langsung	104
6.5. Proteksi Sirkuit Pada system Pembumian Netral Tidak Langsung .	105
6.6. Gawai Proteksi Arus Lebih Dan Arus Hubung Singkat	105
7. KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA	105
7.1. Pendahuluan	105
7.2. Sasaran Keselamatan Kerja	106
7.3. Penyebab Terjadinya Kecelakaan Oleh Manusia	107
7.4. Hasil Penelitian Penyebab Kecelakaan	108
7.5. Penyebab Kecelakaan Oleh Faktor Lingkungan.....	109
7.6. Mencegah Terjadinya Kecelakaan	110
7.7. Pencegahan Kecelakaan Pada Saat Mengoperasikan	111
Alat-alat Listrik Rumah Tangga	
DAFTAR PUSTAKA	113

LAMPIRAN 1.	
ALAT UKUR LISTRIK YANG DIGUNAKAN PADA PEKERJAAN	
LISTRIK	114
LAMPIRAN 2.	
PERKAKAS KERJA YANG DIGUNAKAN PADA PEKERJAAN	
LISTRIK	115
LAMPIRAN 3.1.	
LAMBANG GAMBAR UNTUK DIAGRAM SALURAN ARUS KUAT .	123
LAMPIRAN 3.2.	
LAMBANG GAMBAR UNTUK DIAGRAM INSTALASI PUSAT	
DAN GARDU LISTRIK	129
LAMPIRAN 3.3.	
LAMBANG GAMBAR UNTUK DIAGRAM INSTALASI	
BANGUNAN	133
LAMPIRAN 4.1.	
LAMBANG HURUF UNTUK INSTRUMEN UKUR	140
LAMPIRAN 4.2.	
AWALAN PADA SATUAN SI	141
LAMPIRAN 4.3	
CONTOH PENGGUNAAN AWALAN PADA SATUAN SI.....	142
LAMPIRAN 4.4	
PERKAKAS KERJA KONSTRUKSI JARING DISTIBUSI	143
LAMPIRAN 5.	
CONTOH-CONTOH PERENCANAAN INSTALASI LISTRIK, AC,	
LIFT, DAN CRANE LISRIK PADA GEDUNG BERLANTAI EMPAT.	144

1. PENDAHULUAN

Instalasi listrik mempunyai fungsi untuk menyalurkan energi listrik ke titik beban seperti lampu, peranti, perlengkapan, mesin atau motor listrik.

Beban penerangan makin meningkat karena kesadaran akan perlunya tingkat iluminasi yang memadai bagi kenyamanan melihat dan membaca. Selain itu banyak pula dipasang lampu Binding dan lampu meja yang selain harus memberi penerangan yang cukup juga mempunyai fungsi dekoratif. Tangga dan gang di rumah harus mendapat penerangan yang cukup dan mudah dikendalikan oleh sakelar yang ditempatkan secara mudah terjangkau.

Peranti listrik merupakan pemanfaatan yang sangat membantu di dalam rumah tinggal. *Peranti listrik* baru untuk berbagai keperluan makin banyak tersedia di pasaran dan peranti yang lama ditingkatkan kemudahan penggunaan dan kinerjanya. Berbagai *peranti listrik* baru digunakan untuk rumah tangga seperti oven pembakaran, oven mikrowave, penarik sari buah (juicer), mesin cuci dan pengering baju, pemanas air, pesawat audio dan video dan mesin penyaman udara. Mesin penyaman udara (AC) makin banyak digunakan terutama ditempat yang suhunya panas. Untuk itu pengawatan instalasi harus mencukupi untuk menghindari gangguan pemutusan sirkit karena beban lebih.

Untuk melayani berbagai beban listrik itu harus tersedia sejumlah titik lampu dan titik *kotak kontak* yang memadai agar penggunaan kabel sambung yang berakhir di *blok kontak* panda sejauh mungkin dihindari. Terinjaknya kabel

sambung ini sehingga lecet merupakan sumber bahaya listrik, karena dapat mengakibatkan terjadi hubung singkat.

Dalam merancang instalasi listrik bagi rumah tinggal terdapat berbagai pemecahan. Karena itu seorang perancang dan pemasang harus memperhatikan beberapa pertimbangan untuk mencapai suatu rancangan yang paling memenuhi persyaratan dari pemilik bangunan atau pemesan tanpa mengabaikan pertimbangan ekonomi.

1.1. Dasar Perancangan

Sebagai dasar perencanaan akan digunakan adalah standar yang berlaku di Indonesia diantaranya :

- a. Ketentuan yang ada didalam PUIL 2000
- b. Ketentuan Standar Nasional Indonesia
- c. Ketentuan pada IEC (International Electrotechnical Commission) standar selama belum ada ketentuan dalam bahasa Indonesia.
- d. Ketentuan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) yang berkaitan
- e. Dan lain-lain.

1.2. Batasan Gedung Bertingkat.

Gedung bertingkat pada tulisan dibawah terbatas untuk gedung bertingkat 4 ke bawah ataupun untuk perumahan, ruko atau perkantoran yang tidak disewakan secara terpisah. Peruntukan gedung bertingkat sangat mempengaruhi bentuk dari bangunan, luas lantai, penyusunan ruangan tetap dan jenis penerangan ataupun intensitas

penerangan yang akhirnya daya yang digunakan pada setiap ruangan/lantai.

Sebagai gambaran ruangan atau penerangan untuk jenis gedung bertingkat ialah sebagai berikut :

a. Gedung bertingkat untuk perumahan pribadi.

Gedung bertingkat untuk rumah tinggal pribadi pada hakekatnya instalasinya sama dengan instalasi rumah tinggal biasa, hanya setiap tingkatnya mempunyai panel hubung bagi (PHB) tersendiri

Lantai dasar umumnya untuk ruang tamu, ruang makan dan beberapa ruang tidur, sedang untuk tingkat berikutnya ialah untuk ruang pribadi, ruang kerja dan ruang tidur dan lain-lain.

b. Gedung bertingkat untuk perumahan susun sederhana.

Dalam hal ini suatu gedung bertingkat terdiri dari beberapa blok dan satu blok mempunyai satu tangga yang digunakan untuk dua atau tiga rumah tinggal. Ditinjau dari instalasi setiap rumah merupakan instalasi rumah sederhana, disamping itu setiap rumah mempunyai kotak APP tersendiri.

Susunan ruangan juga merupakan rumah sederhana dengan ruang tamu, ruang makan, 2 kamar tidur, dapur dan kamar mandi termasuk WC.

Karena rumah ini merupakan rumah susun sederhana maka praktis tidak menggunakan pendingin (AC) ataupun bila ada dengan kapasitas kecil.

c. Gedung bertingkat Ruko.

Gedung bertingkat untuk Ruko pada dasarnya sama dengan rumah tinggal pribadi, hanya disini tingkat pertama untuk berusaha (toko), sedang tingkat 2 untuk stok barang dan tingkat 3 untuk rumah tinggal.

d. Gedung bertingkat untuk Pertokoan atau Supermaret.

Semua terbuka kecuali untuk tingkat paling atas digunakan untuk kantor dari pertokoan. Pada gedung ini lengkap terdapat lift, escalator, sprinkel maupun hidran.

e. Gedung bertingkat untuk kantor.

Pada gedung bertingkat untuk kantor ruangan dapat dibentuk kamar-kamar untuk staf jabatan tertentu dan direktur, serta ruang terbuka untuk karyawan. Hal ini sangat tergantung selera masing-masing kantor.

Pada gedung ini lengkap terdapat lift, sprinkel maupun hidran.

f. Gedung bertingkat untuk rumah sakit.

Pada gedung bertingkat untuk rumah sakit ruangan-ruangan untuk setiap tingkat sudah terarah, dan ditinjau dari instalasinya juga ada hal-hal yang khusus yaitu terdapat ruang operasi ataupun ICU yang diharapkan sama sekali tidak ada pemutusan tenaga listrik, ataupun jika terjadi pemutusan sangat singkat.

g. Gedung bertingkat untuk perguruan tinggi.

Pada gedung bertingkat untuk perguruan tinggi untuk salah satu fakultas ruangan dapat dibentuk kamar-kamar untuk Dekan, Pudek I sampai 3 staf dosen tetap staf pengajar tidak tetap dan karyawan administrasi, serta ruang kuliah

yang besar, sedang dan kecil dan ruang rapat dosen yang juga dimanfaatkan untuk ujian sarjana.

1.3. Macam Instalasi Pada Gedung Bertingkat

Macam instalasi untuk gedung bertingkat 1 sampai dengan 4, yang diperuntukkan untuk rumah tinggal, praktis hanya instalasi listrik dan instalasi telepon.

Sedang instalasi gedung bertingkat untuk kantor mempunyai beberapa jenis instalasi yaitu :

- a. Instalasi sistem panggilan/informasi, tata suara (paging system)
- b. Sistem instalasi alarm
- c. Sistem instalasi telpon
- d. Instalasi penerangan
- e. Sistem tenaga, terbatas instalasi pendingin (AC) pada saat ini umumnya bukan merupakan AC sentral tetapi merupakan AC split (terpisah).
- f. Instalasi penangkal petir

Didalam pembahasan dibawah dititik beratkan pada instalasi tenaga dan penerangan. Pada gedung bertingkat sederhana umumnya tidak menggunakan :

- a. Instalasi sistem panggilan/informasi, tata suara (paging system) panggilan kendaraan.
- b. Sistem instalasi antena Parabola / TV (khusus untuk hotel)
- c. Instalasi B.A.S (Building Automation System)
- d. Sistem tenaga, yang umumnya merupakan motor-motor untuk instalasi :

- Instalasi air bersih dan air kotor
 - Instalasi pengolah air limbah
 - Instalasi spinkler
 - Instalasi hidrant
 - Instalasi air dingin untuk penyejuk udara, instalasi pendingin udara (AC)
 - Instalasi lift
- e. Instalasi untuk pengamanan (security) menggunakan TV.

1.4. Simbol-simbol

Simbol-simbol, yang meliputi lambang huruf untuk instrumen ukur, lambang diagram untuk saluran, instalasi pusat dan gardu listrik, arus kuat, instalasi bangunan serta nomenklatur kabel yang digunakan mengacu pada PUIL 2000.

1.5. Sumber Tenaga Listrik

Sumber tenaga listrik ialah dari PLN dan dari jaringan tegangan rendah yang secara umum dapat menggunakan pembangkit cadangan (Genset).

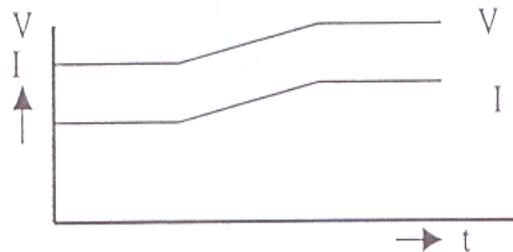
2. TEORI DASAR LISTRIK

Pada sistem tenaga listrik dikenal 2 sistem yaitu :

- Sistem arus searah disingkat d.c (direct current)
- Sistem arus bolak batik disingkat a.c (alternating current)

2.1. Sistem Arus Searah

Sistem arus searah artinya tegangan ataupun arus tidak berubah-ubah dalam arah positif dan negatif seperti pada Gbr.1 .

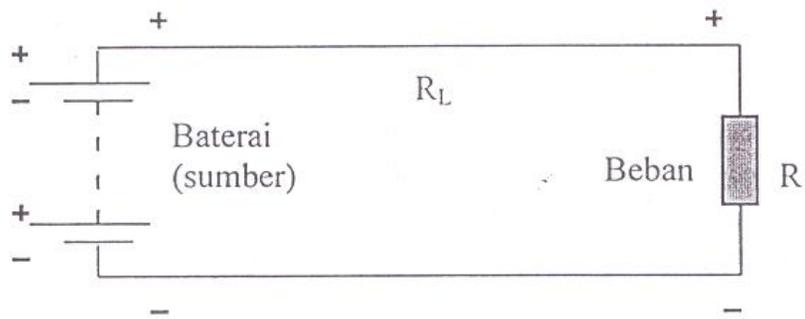


Gbr. 1. Tegangan dan Arus vs Waktu

Sistem arus searah dapat dibangkitkan dengan generator arus searah, baterai atau dari arus bolak-balik disearahkan dengan penyearah.

Komponen beban yang ada hanyalah resistans (R) saja

Penggunaan untuk traksi , sistem kontrol dan sistem penguatan pada generator arus bolak-balik. Dalam hal ini dikenal polaritas + (positif) dan - (negatif), lihat Gbr.2



Gbr. 2. Polaritas + dan - pada a.s.

Arah arus dari polaritas + menuju ke polaritas -, baterai sebagai sumber dan resistans sebagai beban Rumus yang terkenal ialah hukum Ohm : $V = I \times R$

Dan untuk daya : $P = V \times I = I^2 R$

Tegangan jatuh pada penghantar $\Delta V = I \times R$ saluran

dimana :

V = Tegangan listrik

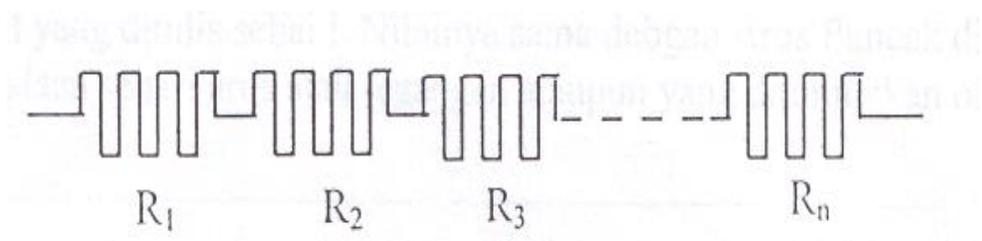
I = Arus listrik

R = Tahanan/hambatan listrik

ΔV = Jatuh tegangan listrik

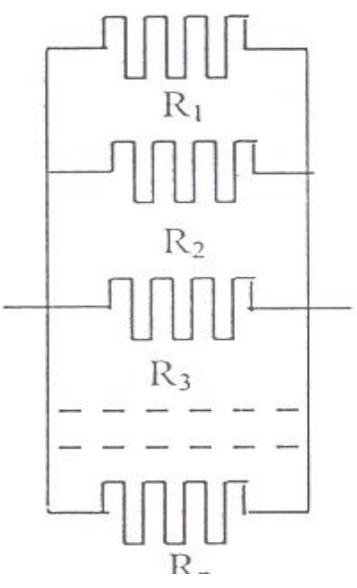
Rangkaian pada arus scarah ialah Seri atau Paralel atau kombinasinya

Seri $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$. (Gbr. 3)



Gbr. 3. Rangkaian seri pada resistans.

Paralel $1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$. (Gbr.4)
 dimana : $1/R_p =$ besarnya nilai R paralel.



Gbr. 4. Rangkaian paralel pada resistans.

2.2. Sistem Arus Bolak-Balik.

Pada sistem arus bolak-balik tegangan ataupun arus berubah-ubah dalam arah positif dan negatif dan umumnya dalam bentuk sinusoidal, hal ini dapat dilihat

pada Gbr.5.berikut. Adapun frekuensinya 50 Hz, yang artinya tegangan atau arus tersebut berubah-ubah 50 perioda selama satu detik, sehingga 1 gelombang (360°) diperlukan waktu 20 mdetik Dalam hal ini mulai naik dan turun dari referensi dari gelombang tegangan dan arus dapat bersama-sama yang lazim dikatakan sefase atau faktor dayanya 1 ($\cos \phi$), power faktor (p.f) arus tertinggal terhadap tegangan disebut terbelakang (lagging), atau mendahului (leading) lihat Gbr. 5.

- Nilai puncak

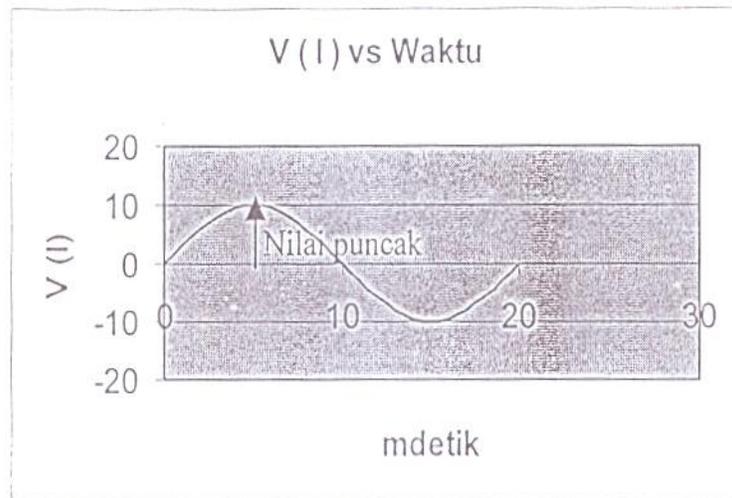
Nilai puncak adalah nilai tertinggi dari gelombang tegangan V_p atau arus I_p tersebut, seperti terlihat pada Gbr.5

- Nilai rata-rata

Nilai rata-rata ialah nilai rata-rata dari gelombang arus atau tegangan diambil dari setengah perioda, dan nilainya $\frac{2}{\pi} \cdot I_p$ (V_p) = $0,637 I_p$ (V_p)

- Nilai efektif

Daya yang dipakai kalau arus bolak-balik I mengalir pada suatu resistans R , dan diambil harga rata-ratanya melalui satu periode adalah sama dengan daya yang dipakai pada arus searah sebesar I pada resistans R dengan waktu yang sama, maka arus bolak-balik tersebut didefinisikan sebagai arus efektif yang ditulis sebagai I . Nilainya sama dengan Arus Puncak dibagi akar dua atau $I/\sqrt{2}$. Dalam keadaan sehari-hari arus atau tegangan ataupun yang ditunjukkan oleh meter ialah nilai efektif.



Gbr.5. Tegangan dan Arus sebagai fungsi Waktu

Sistem arus bolak-balik dapat dibangkitkan dengan generator sinkron (a.c), arus searah diubah menjadi bolak-balik dengan bantuan inverter. Pada gedung bertingkat untuk keperluan peralatan yang tidak boleh padam sekejappun, untuk menjaga saat listrik dari PLN padam sebelum generator cadangan berputar digunakan UPS (Uninterup Power Supply).

Penggunaan sistem arus bolak-balik sangat luas, hal ini karena sangat mudah mengubah tegangan dari satu level ke level lainnya yaitu dengan menggunakan transformator. Dengan mudahnya mengubah level tegangan tersebut maka susut daya (rugi daya) dan susut tegangan (jatuh tegangan) dapat dikontrol.

Komponen beban yang ada pada a.c yaitu :

- resistans R (ohm) ,
- reaktans $X_L = j 2 \pi fL$ (ohm) dimana L induktor (Henri),

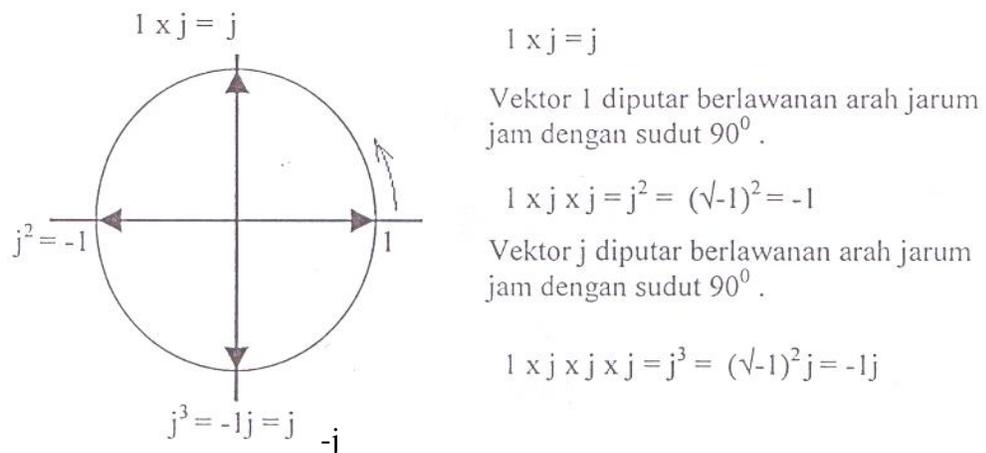
- kapasitans $X_o = 1/j2 \pi f C$ (ohm) dimana C kapasitor (Farad)

- impedans $Z = R + jX_L - jX_C$

2.3. Bilangan j.

Pada matematik j merupakan bilangan khayal yang nilainya $\sim -I$, dalam ilmu listrik j merupakan operator artinya kalau suatu vektor dalam koordinat kartesian di kalikan dengan j, artinya vektor tersebut diputar 90° .

Untuk lebih jelasnya hal ini dapat dilihat pada Gbr. 6 berikut.

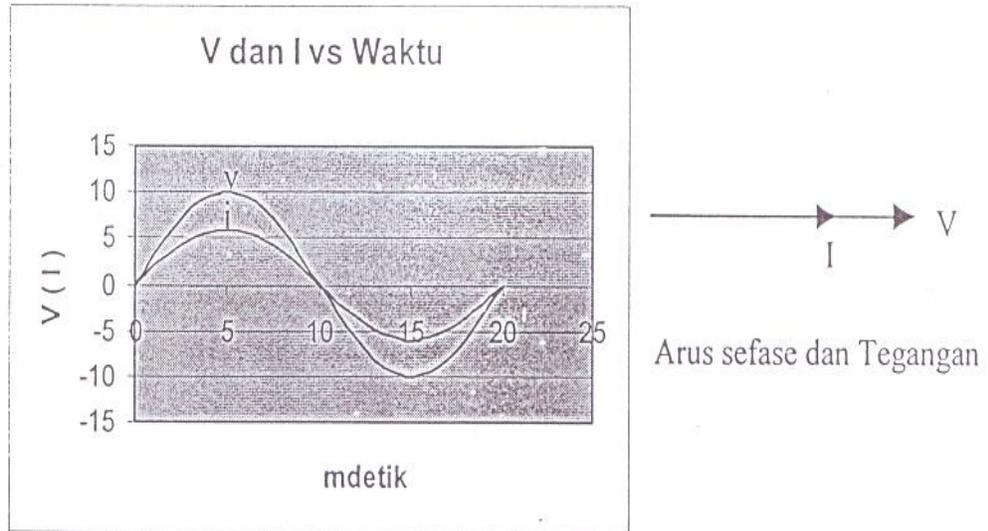


Gambar 6. Bilangan J

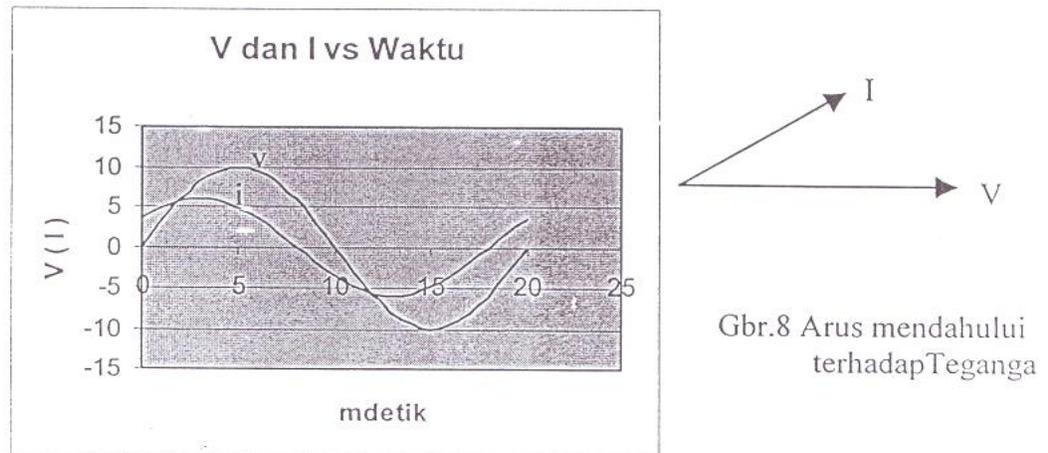
2.4. Hubungan Arus dan Tegangan

Hubungan arus dan tegangan pada arus bolak balik, yaitu arus sefase dengan

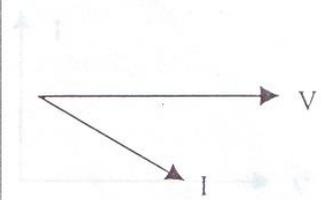
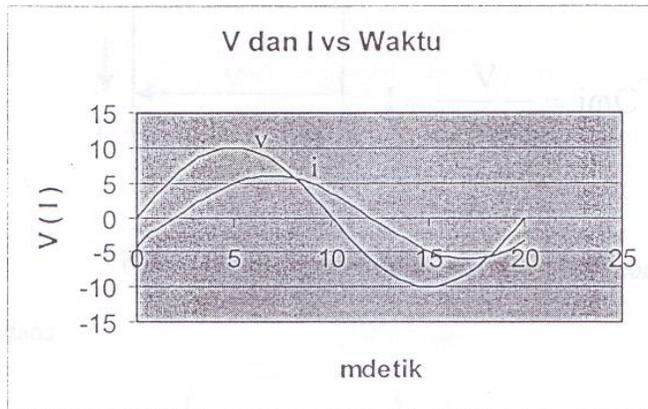
tegangan (lihat gbr.7) arus terbelakang terhadap tegangan Gbr. 9 dan arus mendahului tegangan Gbr. 8.



Gambar 7. Arus sefase dengan tegangan



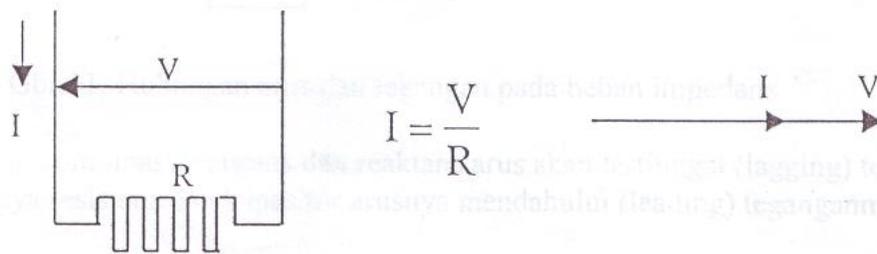
Gbr.8 Arus mendahului terhadap Teganga



Gbr.9 Arus terbe-lakang terhadap Tegangan

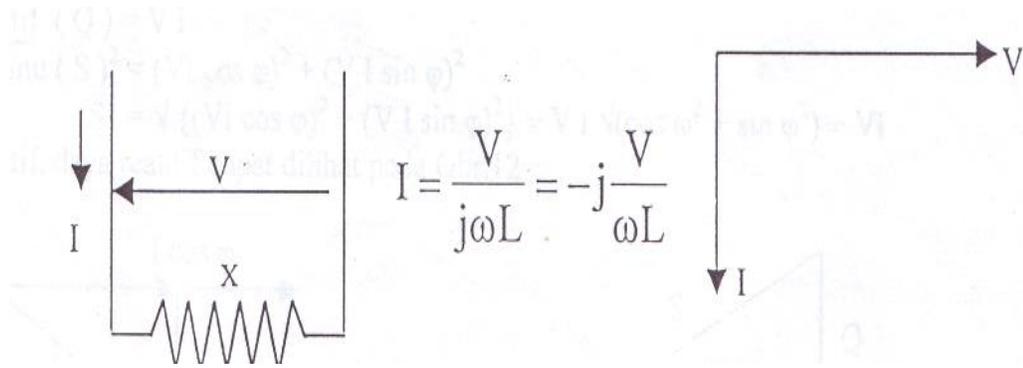
Hubungan tegangan dan arus yang melalui resistans, reaktans, kapasitans dan impedans dijabarkan dengan Hukum Ohm.

Resistans murni Gbr. 10



Gambar 10. Hubungan arus dan tegangan pada beban resistans murni

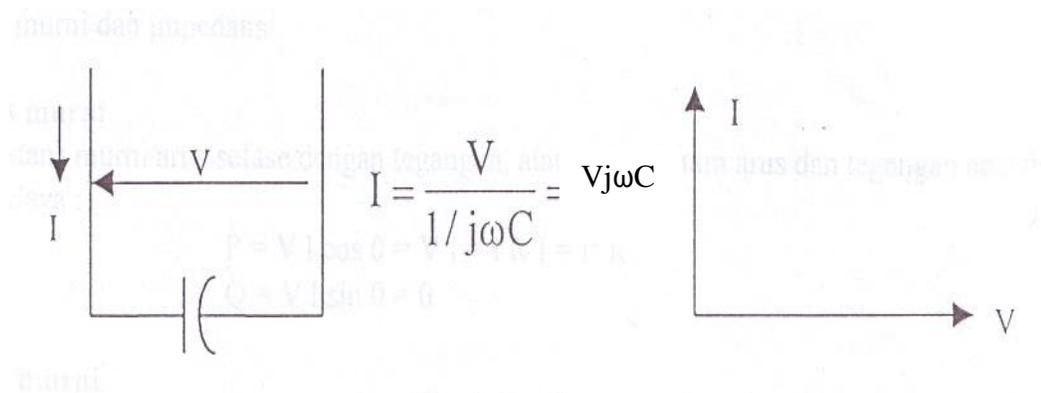
Reaktans murni Gbr. 11



Gambar 11. Hubungan arus dan tegangan pada beban reaktans murni

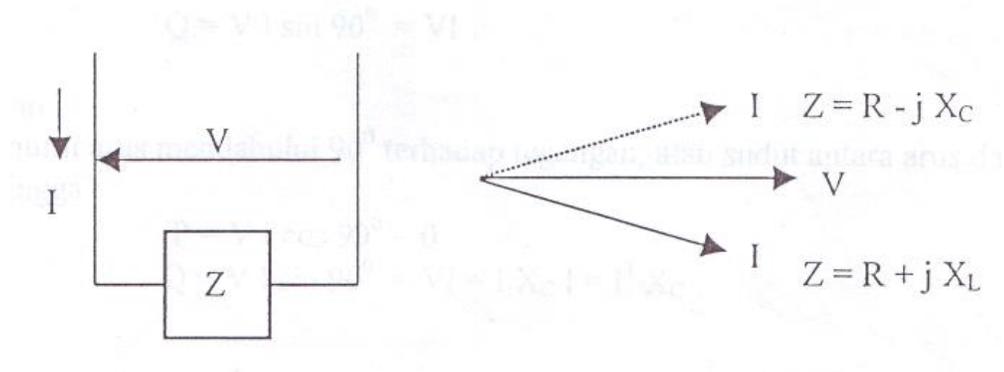
Dalam hal ini arus diputar dengan arah $-j$ (90° arah jarum jam).

Kapasitor murni Gbr.12



Gambar 12. Hubungan arus dan tegangan pada beban kapasitif murni

Impedans Gbr.13



Gambar 13. Hubungan arus dan tegangan pada beban Impedans

Bila bebannya kombinasi resistans dan reaktans akan tertinggal (lagging) terhadap tegangan, dan jika bebannya resistans dan kapasitor arusnya mendahului (leading) tegangannya.

2.5. Daya aktif, Daya reaktif dan Daya semu

Pada system arus bolak balik dikenal 3 macam daya yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu.

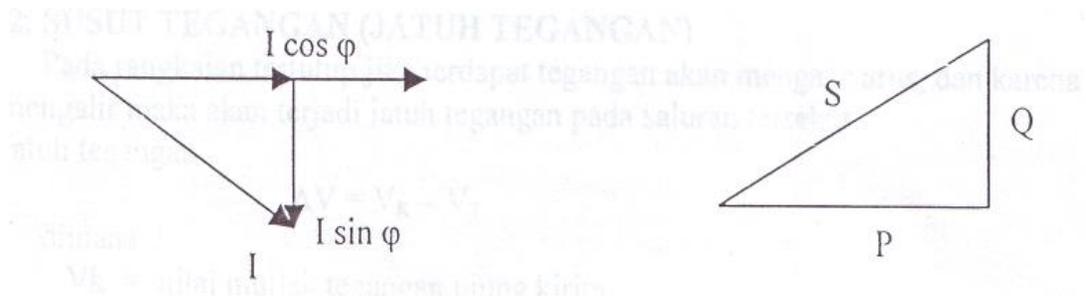
$$\text{Daya aktif (P)} = V I \cos \phi$$

$$\text{Daya reaktif (Q)} = V I \sin \phi$$

$$\text{Daya semu (S)}^2 = (V I \cos \phi)^2 + (V I \sin \phi)^2$$

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\{ (V I \cos \phi)^2 + (V I \sin \phi)^2 \}} = V I \sqrt{(\cos \phi)^2 + (\sin \phi)^2} \\ &= V I \end{aligned}$$

Daya aktif, dan daya reaktif dapat dilihat pada gambar 14 berikut.



Gambar. 14. Tegangan, Arus, Arus komponen resistif $I \cos \phi$, arus komponen reaktif $I \sin \phi$, dan hubungan daya aktif, reaktif dan daya semu.

Dari persamaan diatas akan ditinjau daya aktif dan reaktif pada Resistans murni, Reaktans murni dan kapasitor murni dan impedans

Resistans murni

Pada resistans murni arus sefase dengan tegangan, atau sudut antara arus dan tegangan adalah nol, sehingga daya :

$$P = V I \cos 0 = V I = I R I = I^2 R$$

$$Q = V I \sin 0 = 0$$

Induktor murni

Pada reaktans murni arus terbelakang 90° terhadap tegangan, atau sudut antara arus dan tegangan adalah 90° , sehingga daya :

$$P = V I \cos 90^\circ = 0$$

$$Q = V I \sin 90^\circ = VI$$

Kapasitor murni

Pada kapasitif murni arus mendahului 90° terhadap tegangan, atau sudut antara arus dan tegangan adalah 90° , sehingga :

$$P = V I \cos 90^\circ = 0$$

$$Q = V I \sin 90^\circ = V I = I X_C \quad I = I^2 X_C$$

Impedans

Pada reaktans murni arus terbelakang atau mendahului dengan sudut ϕ terhadap tegangan, atau sudut antara arus dan tegangan dengan sudut ϕ , sehingga daya :

$$P = V I \cos \phi = (IZ) I (R/Z) = I^2 R$$

$$Q = V I \sin \phi = (IZ) I (X/Z) = I^2 X$$

Disini dapat dilihat bahwa yang menyerap daya aktif ialah resistans saja, sedang yang menyerap daya reaktif ialah Induktor atau kapasitor.

2.6. Komponen Jaringan.

Komponen jaringan pada sistem tenaga listrik mengandung resistans (R) dan reaktans (X_L) dan Capasitor (C) terhadap bumi.

2.7. Susut Tegangan (Jatuh Tegangan)

Pada rangkaian tertutup jika terdapat tegangan akan mengalir arus, dan karena terdapat arus yang mengalir maka akan terjadi jatuh tegangan pada

saluran tersebut.

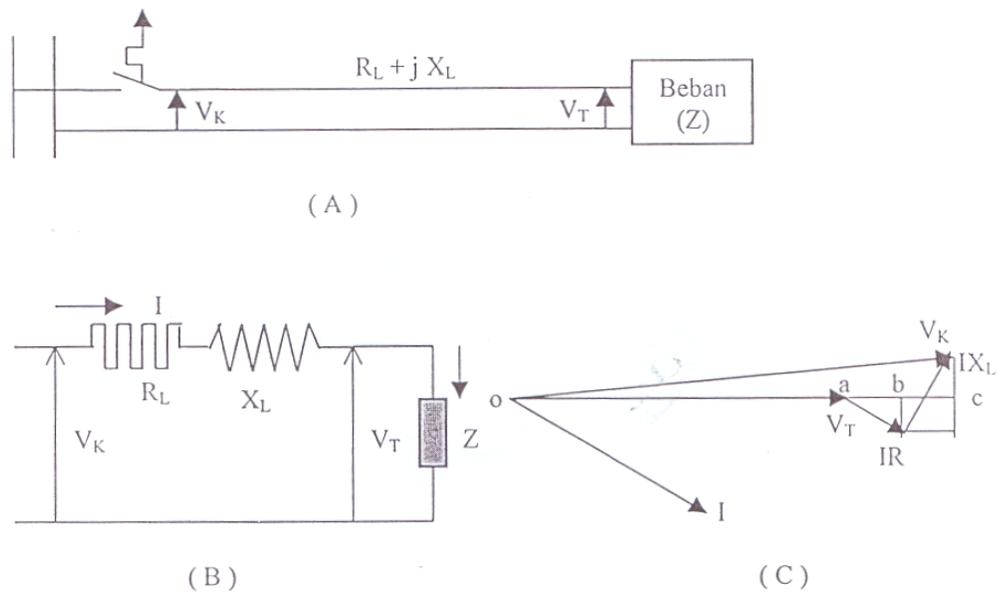
Jatuh tegangan :

$$\Delta V = V_K - V_T$$

dirnana :

V_K = nilai mutlak tegangan ujung kirim

V_T = nilai mutlak tegangan ujung terima



Gambar 15. Jatuh Tegangan

Gambar 15 A. ialah jaringan tenaga listrik, Gambar 15 B. rangkaian pengganti dari jaringan tenaga listrik dan Gambar 15 C. ialah vector diagram tegangan dan arus yang melewati jaringan.

Dari gambar 15c karena sudut antara tegangan kirim dan tegangan terima sangat kecil,

maka tegangan kirim V_K sama dengan oc .

Dimana :

$$\Delta V_R = I R_L \text{ ialah jatuh tegangan pada } R_L$$

$$\Delta V_X = I X_L \text{ ialah jatuh tegangan pada } X_L$$

Dari diagram vector

$$ab = I R_L \cos \phi \text{ dan } bc = I X_L \sin \phi$$

Dengan demikian susut / jatuh tegangan :

$$\Delta V = V_K - V_T = oc - V_T = I R_L \cos \phi + I X_L \sin \phi$$

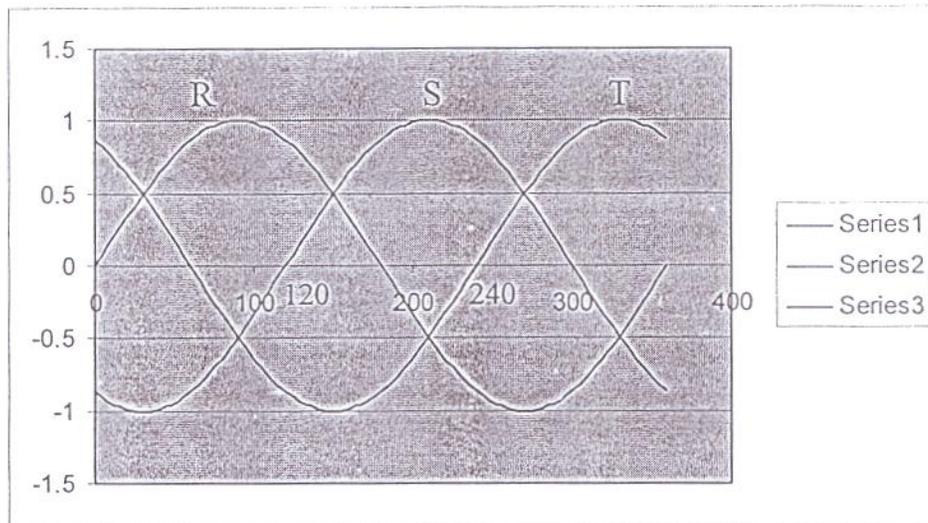
2.8. Susut Daya

Seperti pada point 2.5 yang menyerap daya hanyalah resistansi R , sehingga yang menimbulkan rugi daya ialah $I^2 R$. Untuk mengurangi susut daya tersebut dapat diperkecil arus yang mengalir harus diperkecil dengan cara menaikkan tegangan, atau memperkecil resistansi dengan cara memperbesar penampang konduktor.

Sesuai dengan point 2.4 bila bebannya sangat Induktif arus yang mengalir pada daya tertentu akan besar, untuk itu arus yang mengalir pada jaringan diperkecil dengan memasang Kapasitor, yang lazim disebut kompensasi.

2.9. Sistem Tiga Fase

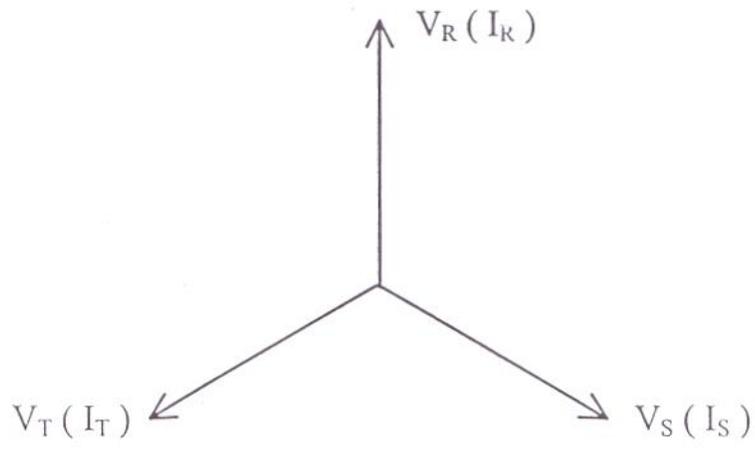
Pada system tiga fase yang sering digunakan pada jaringan listrik, yaitu fase R, S, dan T berbeda fase 120 derajat (lihat Gbr.16). Urutan nama dari fase tersebut searah dengan putaran jarum jam.



Gambar 16. Sistem Tiga Fase

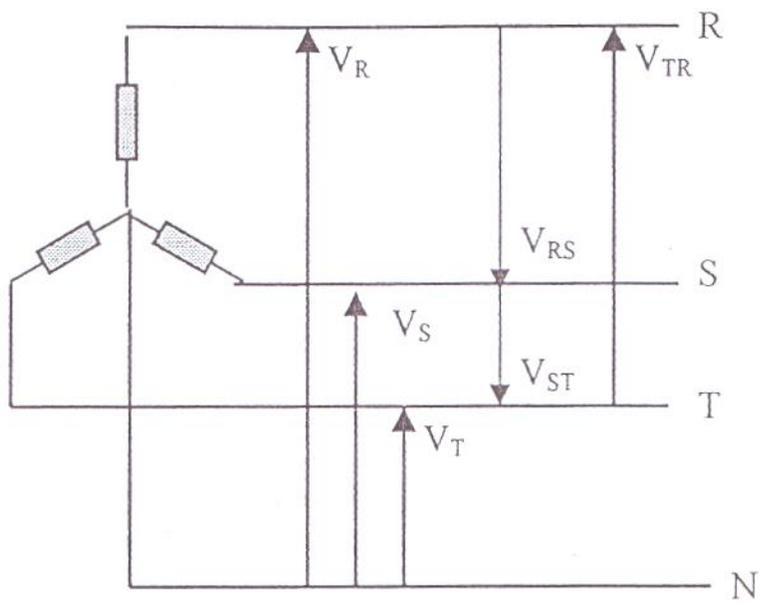
Series 1 ialah $V_R (I_R)$, series 2 ialah $V_S (I_S)$, dan series 3 ialah $V_T (I_T)$ yang masing-masing berbeda 120° .

Adapun bila digambarkan secara vector dapat seperti Gambar 17. berikut.



Gambar 17. Vektor diagram sistem tiga fasa

Jaringan sistem 3 fase seperti Gambar 18 berikut.



Gambar 18. Jaringan 3 fase

Hubungan tegangan fase dan tegangan antar fase

Tegangan antar fase (V_{RS}, V_{ST}, V_{TR}) = Akar 3 tegangan fase (V_R, V_S, V_T)

Daya pada sistem 3 fase secara umum

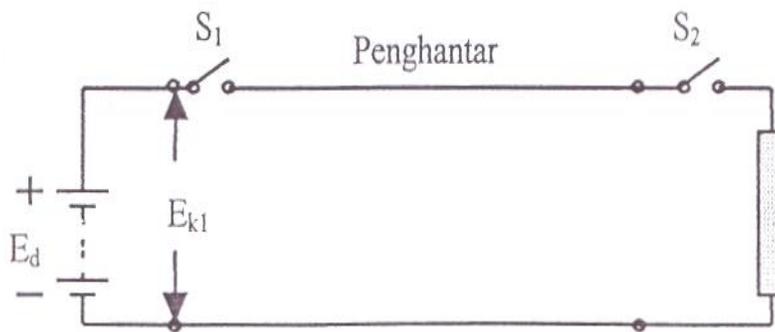
$$P = \sqrt{3} V I \cos \phi$$

$$Q = \sqrt{3} V I \sin \phi$$

$$P = \sqrt{3} V I$$

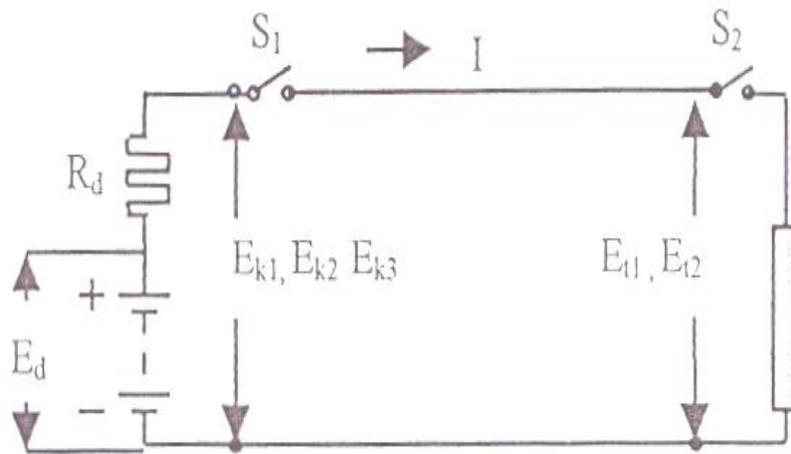
2.10. Perhitungan Hubung Singkat

Untuk memberikan gambaran perhitungan hubung singkat yang sederhana ialah pada arus searah dengan sumber baterai seperti pada gambar 19 berikut.



Gambar 19. Jaringan arus searah

Gambar 20. merupakan rangkaian pengganti dari gambar 19, disini ditunjukkan adanya tegangan dalam E_d , tegangan klem E_{k1} dan tahanan dalam R_d pada baterai.



Gambar 20. Rangkaian pengganti jaringan d.c

E_{k1} merupakan tegangan klem saat saklar S_1 dan S_2 belum dimasukkan, dan E_{k2} saat

S_1 dimasukkan tetapi S_2 masih terbuka. Beberapa hal yang dapat dilihat :

- E_d tidak berubah
- E_{k1} sama dengan E_{k2} karena tidak ada arus yang mengalir sehingga tidak terdapat jatuh tegangan .

S_2 dimasukkan maka arus akan mengalir di beban R dan akan terjadi hal-hal sebagai berikut :

- E_d tetap nilainya tidak ada jatuh tegangan
- $E_{k2} < E_{k3}$ karena ada arus yang mengalir sehingga terdapat jatuh tegangan

pada resistans penghantar R_L .

- $E_{k1} < E_{k2}$ karena ada arus yang mengalir sehingga terdapat jatuh tegangan pada resistans dalam R_d .
- Akan ada arus yang mengalir yaitu :

$$I_B = \frac{Ed}{R_d + R_L + R_B}$$

Jika terjadi hubung singkat pada penghantar , maka arus hubung singkat yang akan mengalir yaitu :

$$I_{hs} = \frac{Ed}{R_d + R_L}$$

Disini terlihat bahwa arus hubung singkat hanya dipengaruhi Ed , R_d , R_L , bila gangguan semakin dekat ke sumber, R semakin kecil sehingga arus hubung singkat semakin besar.

3. RANCANGAN INSTALASI LISTRIK

3.1. Ketentuan Umum Rancangan Instalasi Listrik

Rancangan instalasi listrik yang diperlukan baik untuk penerangan, daya, kendali, sinyal, dan lain-lain ditentukan oleh :

- a. Lokasi titik kebutuhan
- b. Beban tersambung instalasi
- c. Kebutuhan listrik

- d. Persyaratan teknis sistem proteksi, kendali, penghantar
- e. Persyaratan lingkungan (sosial, iklim, peraturan-peraturan daerah, dll)

3.2. Isi Rancangan Instalasi Listrik

Rancangan instalasi listrik ialah berkas gambar rancangan dan uraian teknik yang di gunakan sebagai pedoman untuk pelaksanaan pembangunan suatu instalasi listrik berupa :

- a. Gambar situasi, menunjukkan :
 - Letak gedung/lahan
 - Situasi gedung/lahan
- b. Gambar instalasi/jaringan yang meliputi :
 - Rancangan tata letak perlengkapan instalasi listrik
 - Rancangan gawai kendali
 - Gambar rangkaian sirkit utama, sirkit cabang dan sirkit akhir.
 - Tanda gambar
- c. Diagram garis tunggal
 - Diagram PHB lengkap
 - Data beban terpasang dan jenisnya
 - Sistem pembumian
 - Ukuran dan jenis penghantar
- d. Gambar rinci fisik
 - PHB

- Perlengkapan lain
 - Cara pemasangan
 - Cara pengoperasian
- e. Perhitungan Teknis
- Susut tegangan
 - Beban terpasang dan beban maksimum
 - Arus hubung singkat dan daya hubung singkat
 - Jenis penghantar dan KHA penghantar
- f. Bahan instalasi
- Jumlah dan jenisnya
 - Spesifikasi teknis yang disyaratkan
- g. Uraian teknis
- Ketentuan sistem proteksi
 - Prosedur pengujian
 - Jadwal waktu pelaksanaan
- h. Perkiraan biaya

3.3. Tujuan Rancangan Instalasi Listrik

Tujuan perancangan suatu instalasi listrik adalah untuk menjamin :

- a. Keselamatan manusia, makhluk lain dan keamanan harta benda.
- b. Berfungsinya instalasi listrik sesuai dengan maksud dan penggunaannya

3.4. Langkah-langkah Perancangan Instalasi Gedung

Perancangan instalasi listrik untuk bangunan didasarkan atas pengetahuan beban listrik yang harus dipikul, berapa besarnya daya, bagaimana karakteristiknya serta peruntukan beban listrik itu harus dioperasikan.

Jika pengetahuan itu telah dimilikimaka dapat dirancang sirkit akhir yang dapat melayani beban tersebut sesuai kebutuhannya. Beberapa titik beban dilayani oleh satu *sirkit akhir* dari kotak hubung bagi, sedangkan kotak hubung bagi ini mendapat suplai listriknya dari sirkit cabang atau langsung dari panel hubung bagi utama.

Langkah-langkah di bawah ini dapat membantu dalam pembuatan rancangan yang memenuhi kebutuhan pemakai instalasi.

Langkah ke- 1.

Dapatkan suatu gambar denah dari bangunan atau pelataran dan catat di mana beban akan ditempatkan dan besarnya beban. Data berikut perlu dimiliki

Beban tersambung. Jumlah daya nominal kontinu dari mesin, peranti, perlengkapan yang disambungkan pada instalasi atau sebagai instalasi dalam VA, kVA, Watt atau kW.

Kebutuhan. Beban listrik pada terminal penerima dipikul rata selama jangka waktu tertentu, dinyatakan dalam VA, kVA, Watt atau kW. Jangka waktu yang sering adalah 15 menit, 30 menit, atau 1 jam.

Kebutuhan maksimum. Kebutuhan yang terbesar yang terjadi dalam jangka waktu tertentu. Untuk rumah biasanya kebutuhan maksimum terdapat di malam hari.

Misalnya : dari kebutuhan yang diukur dalam jangka waktu setiap 15 menit dalam suatu hari maka kebutuhan maksimum dari pukul 20.00 sampai dengan 20.15 adalah yang terbesar.

Kebutuhan kebersamaan. Semua kebutuhan yang terjadi pada waktu yang sama.

Beban sikit Cabang. Beban pada suatu sirkit cabang dari suatu instalasi yang berawal dari panel distribusi.

Unit/kepadatan Beban . Data ini dinyatakan dalam kebutuhan suatu jenis beban seperti penerangan dalam VA atau Watt per unit luas. Lihat Tabel 1.1, 1.2, dan 1.3.

Langkah ke- 2.

Tentukan apakah tenaga listrik akan diminta dari perusahaan umum atau dibangkitkan sendiri, apakah untuk sebagian atau seluruh bebn yang sesuai dengan keinginan konsumen dan didukung atas suatu studi ekonomi. Berkaitan dengan keputusan ini ditentukan pula tingkat tegangan. Untuk tegangan rendah 220V fase-1 atau 220/380 V fase-3 dan untuk tegangan 20.000 V fase-3 diperoleh dari perusahaan umum.

Dengan adanya pembangkit sendiri perlu ditentukan pula pola operasinya jika pembangkit sendiri hanya diperlukan untuk melayani sebagian dari kebutuhannya. Jika ada pemikiran untuk dilaksanakannya kerja paralel dengan jaringan perusahaan umum, maka harus diperoleh pengaturan dan persetujuan tentang pertukaran energi antar kedua system.

Langkah ke- 3.

Tentukan daya, jumlah dan tempat panel pembagi. Untuk ini perlu ada persiapan

untuk dapat menampung perkembangan di hari depan yang dimasukkan dalam perancangan sekarang. Panel pembagi sebaiknya ditempatkan di titik pusat beban yang akan disambungkan padanya.

Langkah ke- 4

Tentukan sistem pengamanan terhadap sentuhan langsung atau tidak langsung (tegangan sentuh). Tentukan sistem proteksi terhadap arus lebih, arus *hubung singkat* dan terhadap beban lebih. Sistem pembumian dan sistem pengamanan terhadap sambaran petir dan proteksi terhadap tegangan lebih harus dikaji secara terpadu karena yang satu mempengaruhi yang lain.

Langkah ke- 5

Adakan perhitungan susut tegangan dan pengaturan tegangan agar mesin dan perlengkapan listrik dapat beroperasi dengan baik. Perhitungan ini terkait pula dengan perbaikan faktor daya atau pemakaian beban kVar.

Langkah ke- 6

Buat uraian perlengkapan yang diperlukan bagi instalasi listrik. Dalam hal ini faktor keamanan pengoperasian dan penyesuaian terhadap standar telah diperhatikan, termasuk faktor ekonomi. Tentukan bahwa daya dari mesin dan perlengkapan instalasi telah memenuhi kebutuhan dilihat dari *kemampuan hantar arusnya* sampai ke segi

keamanannya. Uraian ini dilampiri dengan diagram satu garis sehingga pemasok mendapat kejelasan dari apa yang diminta.

Suatu gambar instalasi lengkap perlu dibuat dengan jelas sehingga kontraktor listrik tahu apa yang harus dipasang dan bagaimana tiap mesin dan perlengkapan harus disambung pada fase yang mana. Hal belakangan ini perlu agar penghubungan berbagai beban fase satu itu menjamin tercapainya keseimbangan antara ke tiga fase tiga.

Tabel 1.1.

Beban Penerangan Umum Untuk Jenis Penggunaan [APEI, 2004]

Jenis Penggunaan	Unit Beban (VA/m ²)
Tempat gunting rambut dan tata rias	30
Unit Hunian	30
Garasi-gudang (took)	5
Apartement	20
Ruang Gambar	75
Ruang Baca, Ruang Rapat, Kelas	30
Toko	30
Dapur	27
Gang, koridor, tangga	5
Gudang	3

Tabel 1.2.
Beban peranti pada kotak kontak biasa[APEI, 2004]

Jenis Penggunaan	Unit Beban Rata-rata (VA/m ²)
Warung kopi	1 – 3
Ruang gambar	4 – 10
Ruang kebugaran	1 – 2
Sekolah kecil	3 - 15

3.5. Penentuan Berkas Rancangan Instalasi

Untuk rancangan instalasi listrik merupakan pegangan dan pedoman untuk dilaksanakannya pemasangan suatu titik instalasi listrik [PUIL 2000].

Rancangan harus dibuat jelas, serta mudah dibaca dan difahami oleh pelaksana di lapangan.

Karena itu gambar rancangan harus memenuhi ketentuan dan standar yang berlaku.

Selain itu uraian dan syarat pekerjaan yang ditetapkan oleh pemesan/konsultan harus diperhatikan. Hal ini menyangkut mutu pekerjaan dan material yang dipersyaratkan, jadwal pengerjaan dalam koordinasi dengan pekerjaan sipil dan mekanik pada bangunan yang dikerjakan [PUIL 2000]

Berkas rancangan instalasi listrik terdiri atas :

- 1). Gambar situasi, yang menunjukkan dengan jelas letak gedung atau gedung tempat instalasi tersebut akan dipasang dan rencana penyambungannya dengan sumber tenaga listrik.
- 2). Gambar Instalasi yang meliputi :

- a. Rencana tata letak yang menunjukkan dengan jelas tata letak perlengkapan listrik beserta sarana kendalinya (pelayanannya), seperti titik lampu, ***kotak kontak***, sakelar motor listrik, PHB dan lain-lain.
 - b. Rencana hubungan perlengkapan listrik dengan *gawai* pengendaliannya seperti hubungan lampu dengan sakelarnya, motor dengan pengasutnya, dan dengan *gawai* pengatur kecepatannya, yang merupakan bagian dari *sirkuit akhir* atau cabang *sirkuit akhir*.
 - c. Gambar hubungan antara bagian *sirkuit akhir* tersebut dalam butir *b.* dan PHB yang bersangkutan, ataupun pemberian tanda (keterangan yang jelas) mengenai hubungan tersebut.
 - d. Tanda ataupun keterangan yang jelas mengenai setiap perlengkapan listrik.
- 3). Diagram garis tunggal, yang meliputi :
- a. Diagram PHB lengkap dengan keterangan mengenai ukuran dan besaran nominal komponennya.
 - b. Keterangan mengenai jenis dan besar beban yang terpasang dan pembagiannya.
 - c. Sistem pembumian dengan mengacu kepada PUIL 2000.
 - d. Ukuran dan jenis penghantar yang dipakai.
- 4). Gambar rinci yang meliputi :
- a. Perkiraan ukuran fisik PHB

b. Cara pemasangan perlengkapan listrik

c. Cara pemakaian kabel

d. Cara kerja instalasi kendali

Catatan :

Gambar rinci dapat juga diganti dan atau dilengkapi dengan keterangan atau uraian.

5). Bila dianggap perlu diberikan pula perhitungan teknis, yang meliputi antara lain :

a. Susut tegangan

b. Perbaikan faktor daya

c. Beban terpasang dan kebutuhan maksimum

d. *Arus hubung singkat* dan *daya hubung singkat*

e. Tingkat penerangan

6). Tabel bahan instalasi, yang meliputi :

a. Jumlah dan jenis kabel, penghantar dan perlengkapan

b. Jumlah dan jenis perlengkapan bantu

c. Jumlah dan jenis PHB

d. Jumlah dan jenis *luminer* lampu

7). Uraian teknis, yaitu meliputi :

a. Ketentuan tentang sistem proteksi dengan mengacu kepada PUIL 2000.

b. Ketentuan teknis perlengkapan listrik yang dipasang dan cara pemasangannya.

- c. Cara pengujian
 - d. Jadwal waktu pelaksanaan
- 8). Perkiraan biaya

3.6. Penentuan Penempatan PHB

3.6.1. Lokasi *PHB* Utama

Lokasi dari PHB utama dijelaskan sebagai berikut :

- a. **Umum** PHB utama atau panel untuk kendali jarak jauh dari sakelar utama harus ditempatkan tidak lebih jauh dari satu tingkat di atas atau di bawah jalan masuk gedung dan harus dapat dicapai dengan mudah dari jalan masuk. Ketentuan ini tidak berlaku pada instalasi rumah.
- b. **Dalam instalasi ganda**, PHB utama tidak boleh ditempatkan di instalasi rumah.

Lokasi PHB utama ditunjukkan sebagai berikut :

Pemberian tanda pinta atau selungkup.

Bila suatu PHB utama terletak di dalam kamar atau selungkup, setiap pintu yang diperlukan untuk masuk bagi personil harus diberi tanda dengan jelas dan permanent yang menunjukkan ruangan atau kamar tempat PHB utama terletak.

Ketentuan ini tidak berlaku bagi PHB utama dalam suatu instalasi rumah tunggal.

Ketentuan mengenai lokasi bagi PHB adalah sebagai berikut :

a. Tingkat di atas tanah, lantai atau platform

- 1. Pada ketinggian 1,2 m di atas tanah, lantai atau platform.**

Suatu PHB yang dipasang pada ketinggian kurang dari 1,2 m di atas tanah, lantai atau panggung harus memenuhi setidaknya satu dari persyaratan di bawah ini.

- a. Tertutup sepenuhnya dengan pintu, yang pembuka pintunya tidak kurang dari 1,2 m di atas tanah, lantai atau panggung.
- b. Hanya terdiri dari perlengkapan yang bagian aktifnya berada dalam rumah atau kotak pelindungnya dan tidak dapat dicapai tanpa alat atau kunci.
- c. Terletak di daerah yang hanya dapat dicapai oleh orang-orang yang berwenang.

2. Instalasi rumah dan instalasi ganda

Suatu PHB tidak boleh dipasang kurang dari 0,9 m di atas tanah, lantai atau panggung pada lokasi berikut :

- (a) Instalasi rumah
- (b) Instalasi ganda, dimana pencapaian ke sakelar pemisah dari suatu instalasi individu disyaratkan sesuai PUIL 2000.
- (c) Berdampingan atau dalam selungkup yang sama seperti pada (b).

b. Di dekat tandom air atau dapur listrik, daerah terlarang bagi pemasangan PHB adalah sebagai berikut :

1. Daerah terlarang. Suatu PHB tidak boleh dipasang di dalam ruang yang dibatasi oleh bidang vertikal.

- a. 0,15 m dari tepi peranti pemasak, tungku, pelat panas atau peranti masak sejenis yang magun.

- b. 0,15 m dari batas tandom air tempat cuci piring, tempat cuci tangan atau wadah sejenis.
- c. 0,15 m dari keliling tandom air suatu kloset untuk buang air, atau tempat buang air kecil, tangki air atau
- d. 0,5 m dari keliling tandom air dari tungku pemanas untuk mencuci, bak cuci atau tempat mandi.

Memanjang dari lantai sampai ke langit-langit.

2. Lokasi terbatas. Suatu PHB dapat dipasang di luar ruang yang ditentukan dalam butir (1) akan tetapi dalam batas 2,5 m dari tandom air atau tepi suatu dapur pemasak hanya jika PHB mempunyai, atau dipasang di dalam suatu selungkup yang mempunyai suatu tingkat proteksi yang tinggi.

Persyaratan ini dianggap terpenuhi terhadap kebocoran air jika PHB dipasang dalam lemari yang mempunyai pintu-pintu yang tertutup dengan rapat (kedap air).

a. Dalam lemari penyimpanan. Suatu PHB boleh dipasang di dalam sebagian dari lemari penyimpanan yang dirancang atau dibuat khusus untuk pemasangan PHB asal,

1. PHB ditempatkan di bagian depan dari lemari,
2. PHB dipisahkan dari bagian lain dari lemari, dan
3. PHB disusun sedemikian hingga pencapaian ke PHB tidak dapat terhalang oleh struktur atau isi dari lemari.

- b. Di dekat pancuran mandi.** Suatu PHB tidak boleh dipasang di dalam ruang yang dibatasi oleh sebidang vertical berjarak 3 m dari pusat mulut pancuran mandi dan memanjang dari lantai ke langit-langit.
- c. Di dekat kolam renang, SPA atau sauna.** Suatu PHB tidak boleh dipasang di dalam atau di atas daerah kolam renang atau daerah spa atau di dalam sauna.
- d. Di tangga yang terisolasi dari kebakaran, lorong jalan dan lereng.**
Suatu PHB tidak boleh dipasang di dalam tangga yang terisolasi dari kebakaran, lorong jalan lereng, atau sarana sejenis untuk jalan keluar darurat dari gedung.
- e. Di dekat gulungan selang kebakaran.** Suatu PHB tidak boleh dipasang di dalam lemari yang berisi gulungan selang kebakaran.

3.6.2. Pencapaian PHB

Di sekeliling papan pembagi harus disediakan ruangan yang cukup di segala sisinya supaya orang dapat lewat untuk mengoperasikan dan menyetel semua peralatan dengan aman dan efektif, dan dapat segera keluar dari lingkungan PHB dalam keadaan darurat.

Ruangan tersebut dapat diperoleh dengan menyediakan :

- a. Jarak bebas mendatar tidak kurang dari 0,6 m dari sembarang bagian dari PHB atau perlengkapan termasuk pintu penutup PHB, dalam kedudukan normal dalam operasi, pembukaan dan penarikan keluar, dan
- b. Jarak bebas tekan lurus dari lantai dasar atau platform atau pembukaan bidang jalan

lainnya sampai ketinggian 2m, atau suatu jarak yang tidak kurang daripada tinggi PHB, mana yang lebih besar.

3.7. Penentuan Penempatan Titik Beban Dan Sakelar

a. Penempatan titik lampu

Tingkat iluminasi yang memadai merupakan unsur dasar bagi rumah tangga modern . Seringkali hasil yang baik diperoleh dengan kombinasi penerangan dari titik lampu yang permanen dan luminer yang tidak dipasang tetap. Penempatan titik lampu menjadi pentiang untuk memperoleh hasil penerangan yang diinginkan.

b. Penempatan titik *kotak kontak*

Kotak kontak sebaiknya ditempatkan didekat ujung dinding dari pada di tengah untuk menghindari terhalang karena penempatan mebel atau lemari yang besar. *Kotak kontak* sebaiknya ditempatkan kurang lebih 30 cm di atas lantai dengan dilengkapi penutup atau 30 cm di atas landasan bidang kerja meja.

c. Penempatan sakelar dinding

Sakelar dinding biasanya ditempatkan kurang lebih 120 cm di atas lantai di jalan yang biasa dilalui. Jika harus dilayani dengan membuka pintu terlebih dahulu, maka sakelar dinding ditempatkan di dekat dan di sisi daun pintu yang membuka. Kadang-kadang perlu satu titik penerangan dalam suatu ruangan, dalam gang atau tangga dikendalikan dari lebih satu sakelar maka untuk itu dipasang sejumlah sakelar alih (sakelar hotel) di tiap pintu masuk atau di tiap ujung gang atau tangga.

Rekomendasi penempatan titik beban dan sakelar

PINTU MASUK UTAMA

- **Titik penerangan**

Satu atau lebih titik lampu perlu dipasang untuk menerangi daerah sekitar pintu gerbang utama ke halaman rumah. Satu titik lampu perlu dipasang didepan pintu masuk utama ke rumah, untuk menerangi tangga naik ke rumah dan untuk menerangi muka orang yang berdiri di depan pintu. Untuk mengendalikan lampu tersebut di atas dipasang sakelar di dekat pintu masuk utama di sebelah dalam rumah.

- **Titik *kotak kontak***

Suatu *kotak kontak* sebaiknya dipasang di dinding luar dekat pintu masuk untuk kemungkinan dipasangnya lampu berdiri portebel jika diperlukan penerangan luar tambahan atau untuk mesin perkakas listrik. Sebaiknya *kotak kontak* ini dikendalikan dengan sakelar dari dalam rumah.

RUANG KELUARGA

- **Titik penerangan**

Suatu penerangan umum perlu diadakan agar dapat diberikan oleh lumener langit-langit atau lumener dinding. Penerangan tambahan dapat diberikan dengan lampu berdiri atau lampu meja melalui kotak kontak. Sakelar untuk penerangan ditempatkan di dekat pintu masuk kamar tidur.

- **Titik *kotak kontak***

Kotak kontak ditempatkan di tempat-tempat yang tidak akan terhalang oleh mebel pada dinding bebas. Pada dinding bebas ini ditempatkan kotak kontak, dengan jarak satu sama lain sebaiknya 2 – 2,5 m. Jika sebagai pengganti titik lampu untuk penerangan umum digunakan lampu portabel yang dilengkapi sakelar atau melalui kotak kontak, kotak kontak ini sebaiknya dikendalikan dengan sakelar dinding.

Kotak kontak khusus (KKK) perlu disediakan jika, dipasang penyejuk udara (AC) dinding.

RUANG MAKAN

- Titik penerangan

Setiap ruang makan/sarapan pagi harus mempunyai sekurang-kurangnya satu titik penerangan yang dikendalikan dari sakelar dinding. Titik penerangan ini ditempatkan di atas pusat meja dengan memberikan penerangan langsung.

- **Titik kotak kontak**

Dirumah modern sering kali di ruang makan ini ditempatkan meja/lemari pelayanan, lemari es dan penyedia air dingin/panas (dispenser). Di atas lemari pelayanan dapat dipasang pemanggang roti, oven mikrowave, blender, juicer dan sebagainya . Untuk semua itu perlu disediakan *kotak kontak* secukupnya dan diperhitungkan kemungkinan bekerjanya beberapa peranti tersebut secara bersamaan. Kotak kontak dapat dipasang dengan jarak dekat $\pm 1,2$ m satu sama lain dan ditempatkan 20 – 30 cm di atas landasan atas lemari belajar.

RUANG TIDUR

- **Titik penerangan**

Iluminasi umum yang baik penting sekali di ruang tidur. Hal ini biasanya disediakan oleh lumener langit-langit atau lumener dinding yang dipasang di atas atau di kiri kanan cermin, yang dapat berfungsi sebagai penerangan umum. Untuk kemudahan pengendalian di ruang tidur utama sekelompok sakelar dipasang dekat ujung kepala tempat tidur, yang mengendalikan semua lampu di ruang tidur.

- **Titik kotak kontak**

Kotak kontak ditempatkan di kedua sisi tempat tidur untuk kemudahan. Tambahan kotak kontak disediakan pada dinding yang masih terbuka setiap 2 m satu sama lain. Suatu kotak kontak khusus disediakan untuk disambung pada penyaman udara (AC) yang tergantung dari besarnya ruang tidur berkapasitas $\frac{3}{4}$ sampai $1\frac{1}{4}$ PK.

RUANG MANDI DAN TOILET

- **Titik penerangan**

Lumener biasanya dipasang di atas atau kedua sisi cermin atau jika mungkin kena cipratan air sebaiknya dipasang pada plafond.

Semua titik penerangan dikendalikan dari sakelar dinding di luar ruang mandi

yang mudah dijangkau jika akan membuka pintu ruang mandi.

- **Tempat kotak kontak**

Satu kotak kontak ditempatkan di dekat cermin, 100 sampai 150 cm di atas lantai untuk keperluan pengering rambut atau mesin cukur listrik. Lantai ruang-ruang mandi sebaiknya diusahakan selalu kering, kecuali di ruang tertutup pancoran air dan bak rendam.

Pemanas air sebaiknya ditempatkan di luar ruang mandi. Semua kotak kontak untuk dihubungkan dengan perlengkapan listrik di kamar mandi sudah barang tentu harus dilengkapi dengan kontak pengaman dan selain itu sangat direkomendasikan bahwa semua kotak kontak tersebut diamankan dengan GPAS.

RUANG KERJA

- **Titik Penerangan**

Suatu penerangan umum perlu diadakan yang dapat diberikan oleh lumener langit-langit atau lumener dinding. Di atas meja tulis dipasang lampu meja untuk membaca dan menulis yang dikendalikan dengan sakelar. Untuk menerangi mesin tik dan/atau komputer harus tersedia lampu yang sesuai. Rak dan lemari buku harus mendapat penerangan tersendiri.

- **Titik kotak kontak**

Titik kotak kontak harus tersedia secukupnya untuk melayani mesin tik dan

peralatan komputer dan mungkin pula mesin fotokopi.

Kotak kontak khusus perlu disediakan untuk penyaman udara.

3.8. Pengelompokan Beban

a. Jenis beban

- **Jenis beban**

Beban yang terdapat dalam rumah dan bangunan beragam sesuai dengan keadaan penghuni dan jenis bangunannya.

Dalam perancangan instalasi ada baiknya untuk mengelompokkan beban sebagai berikut :

1. Penerangan : Dalam dan luar
2. *Peranti* rumah : Untuk memasak, mendinginkan, mengelola makanan, mencuci piring dan pakaian, dan sebagainya.
3. *Peranti* kantor : Mesin tik, komputer, fax, dan sebagainya.
4. Penyaman udara (AC) : Pendingin dan pertukaran udara
5. Sistem Air : Pompa air, pemanas air, penyedot air, dan sebagainya.
6. Beban khusus : Perlengkapan teknik rumah seperti mesin bor, gergaji, sugu, mesin

pemelihara kesehatan.

7. Aneka beban : Pesawat audio-visual, motor pembuka pintu sistem otomatis, dan sebagainya.

b. Jumlah maksimum titik beban di *sirkuit akhir*

Jumlah maksimum titik beban yang dapat dihubungkan paralel pada suatu sirkuit akhir dapat dilihat pada tabel 1.4 dan 1.5 pada haman berikut[PUIL 2000].

Ketentuan ini tidak berlaku untuk sirkuit akhir yang menyuplai perlengkapan yang mempunyai nilai nominal dari 20A, atau lebih dari 20A per fase, sirkuit akhir yang hanya mempunyai satu titik beban berupa perlengkapan tersebut.

Jumlah titik beban yang dapat dihubungkan pada suatu sirkuit akhir tergantung pada nilai nominal gawai proteksi, yang nilai maksimumnya tidak boleh melebihi KHA penghantar sirkuit.

c. Sirkuit akhir untuk penggunaan tunggal

Sirkuit akhir untuk penggunaan tunggal adalah sirkuit akhir yang hanya menyuplai {PUIL 2000}.

- Titik penerangan
- K K B.
- K K 10 A.
- K K 15 A ; atau
- K K 20 A.

Yang harus memenuhi persyaratan dalam Tabel 1.4.

Tabel 1.4
Jumlah titik sambung untuk sirkit akhir
Untuk penggunaan tunggal pada instalasi rumah [PUIL 2000].

1		2	3	4	5
Jenis sirkit		Diamankan dengan pemutus sirkit atau pengaman lebur kemampuan tinggi		Diamankan dengan pengaman lebur yang dapat dikawati kembali	
		Nilai nominal dari gawai pengaman (a) A	Jumlah titik sambung maksimum	Nilai nominal dari gawai pengaman (a) A	Jumlah titik sambung maksimum
Titik penerangan (c)		6 ≥10	20 Tidak terbatas	8 12 16 ≥	20 25 40 Tidak terbatas
KKB atau KKK fase tunggal atau fase banyak (b,e) 10A	Kondisi A	16	8	16	4
		20	8	20	6
		25	10	25	8
		32	15		
	Kondisi B (d)	16	15	16	1
		20	20	20	2
		25	25	25	3
		32	35	32	4
KK fase fungsi tunggal atau fase banyak 15A		16 20 25 32	1 2 3 4	16 20 25 32	1 2 3 4

KK fase tunggal	20	1	20	1
atau fase banyak	25	1	25	1
20A	32	2	32	2

Catatan untuk tabel 1.4

a). Nilai nominal gawai pengaman sirkit .

Persyaratan yang berhubungan dengan penggunaan gawai pengaman sirkit yang mempunyai nilai nominal yang melebihi angka-angka pada kolom 2 dan 4 dari tabel 1.4, dapat dilihat pada PUIL 2000.

b). Sambungan yang dibatasi

Pada sirkit dengan penampang kurang dari $2,5 \text{ mm}^2$, tidak boleh disambungkan KKB atau KKK fase satu 15A atau 20A, demikian halnya tidak boleh menyambungkan KKB pada sirkit yang diamankan oleh pemutus tenaga atau pengaman lebur kemampuan tinggi yang mempunyai nilai nominal melebihi 32A atau pada suatu sirkit yang diamankan oleh pengaman lebur semi tertutup yang dapat dikawati kembali yang mempunyai nilai nominal melebihi 25A.

c). Titik penerangan

Suatu lumener dianggap terdiri atas satu atau lebih titik penerangan sesuai dengan jumlah titik di armature itu yang dihubungkan dengan kabel fleksibel ke pengawatan pengguna atau sesuai dengan jumlah bagian yang dikontrolnya. Sambungan penerangan pesta, tanda dan penerangan hiasan tidak boleh dipandang sebagai titik penerangan [PUIL 2000]. Sistem rel penerangan harus dipandang sebagai dua (2) titik per rel.

Suatu peranti yang mempunyai nilai pengenal tidak melebihi 100W yang dihubungkan magun, atau terhubung melalui KK yang terpasang lebih dari 2,3 di atas lantai, dapat dipandang sebagai titik penerangan.

d). Kombinasi ganda

Kombinasi ganda dari KK dalam kondisi B di instalasi rumah dan hunian individual. Untuk menetapkan jumlah titik di kolom 3 dan 5 tabel 1.5 untuk kondisi B, suatu kombinasi ganda dari KKB yang mempunyai satu titik hubung pada perkawatan magun dapat dipandang sebagai satu titik kurang dari pada jumlah KKB dalam kombinasi ganda itu.

e). Sirkuit pada instalasi rumah yang padanya tersambung KKB.

Kondisi A : Berlaku jika terdapat hanya satu sirkuit di instalasi atau jika kondisi B tidak terpenuhi.

Kondisi B : Berlaku jika terdapat dua atau lebih sirkuit di instalasi dan tidak satu sirkuit pun menyuplai lebih dari dua pertiga dari jumlah total KKB.

d. Sirkuit satu titik beban dan sirkuit campuran

Sirkuit yang hanya terdiri dari satu titik beban dan sirkuit campuran sirkuit akhir yang menyuplai :

1. *Peranti* tunggal yang tersambung permanent
2. KK tunggal untuk penyambung peranti tunggal yang terpasang magun atau pegun, atau ;

3. Gabungan dari peranti yang tersambung magun, titik penerangan atau KK. Untuk sirkit ini harus dipenuhi susunan dalam tabel 1.5. untuk beban campuran dalam instalasi rumah.

Catatan :

Tabel 1.5 digunakan untuk menentukan besar sambungan tiap titik beban dalam ampere pada sirkit dengan nilai yang diberikan di dalam kolom 5 sampai 10.

Jumlah titik beban tidak boleh melebihi nilai yang diberikan dalam kolom 4 dan jumlah sambungan dalam ampere tidak boleh melebihi beban maksimum yang diizinkan di kolom 3. Nilai nominal dari gawai pengaman sirkit selanjutnya ditentukan dari nilai yang diberikan dalam baris yang sama dari kolom 1 dan 2.

Untuk *sirkit akhir* yang mempunyai gawai proteksi sirkit dengan nilai pengenal lebih besar dari pada yang tersedia dalam tabel 1.4 dan tabel 1.5 ditetapkan bahwa jumlah titik yang akan disambung tidak dibatasi jumlahnya dengan ketentuan bahwa tidak boleh ada KKB disambungkan pada sirkit akhir yang disuplai melalui[PUIL 2000]:

- a. *Pemutus sirkit* atau pengaman lebur kemampuan tinggi yang nilai nominalnya melebihi 32A, atau
- b. *Pengaman lebur* setengah tertutup yang dapat diperbaharui elemennya yang mempunyai nilai nominal melebihi 25A.

e. Perlengkapan yang saling terkunci

Bila perlengkapan saling terkunci maka jumlah titik harus ditetapkan sebagai

jumlah maksimum yang dapat berada dalam sirkit pada suatu saat.

Catatan untuk tabel 1.5.

1). Nilai pengenal gawai pengaman sirkit Liaht PUIL 2000 [4.4.1.4] tentang persyaratan yang terkait dengan gawai pengaman sirkit dengan nilai pengenal melebihi angka di kolom 1 dan 2 dapat diperjelas pada bagian 4.4.1.4. PUIL 2000.

2). Titik penerangan. Suatu lumener dianggap terdiri atas satu atau lebih titik penerangan sesuai dengan jumlah titik di armature yang dihubungkan kabel fleksibel ke perkawatan pegun, atau sesuai dengan jumlah bagian-bagian yang dikontrol. Sambungan penerangan pesta, tenda dan penerangan hias tidak boleh dipandang sebagai titik penerangan [PUIL 2000].

Suatu peranti yang mempunyai nilai nominal tidak melebihi 100 W yang disambungkan magun, atau tersambung melalui KK yang terpasang lebih dari 2,3 m di atas lantai, dapat dipandang sebagai titik penerangan.

3). KKB kombinasi ganda dengan kondisi B di instalasi rumah dan unit hunian individual. Untuk menetapkan jumlah titik kolom 4 dari Tabel 1.5 untuk kondisi B, suatu KKB kombinasi ganda yang mempunyai satu titik sambung pada perkawatan magun dapat dipandang sebagai satu titik kurang dari pada jumlah KK dalam KKB kombinasi ganda itu.

4). Sirkit pada instalasi rumah yang padanya tersambung KKB

Kondisi A : Berlaku jika terdapat hanya satu sirkit di instalasi atau jika kondisi B tidak dipenuhi.

Kondisi B : Berlaku jika terdapat dua atau lebih sirkit instalasi dan tidak satu

sirkitpun menyuplai dari dua pertiga dari jumlah total KKB

5). Peranti magun atau pegun. Peranti magun atau pegun dapat dihubungkan secara magun atau melalui kotak kontak

6). Sambungan yang dibatasi

Pada sirkit dengan penampang kurang dari $2,5 \text{ mm}^2$ tidak boleh disambungkan KKB atau KK fase satu 15A atau 20A, Dilarang menyambungkan KKB pada sirkit yang diamankan oleh pemutus sirkit atau pengaman lebur kemampuan tinggi yang mempunyai nilai nominal melebihi 32 A atau pada suatu sirkit yang diamankan oleh pengaman lebur setengah tertutup yang dapat diperbaharui elemennya yang mempunyai nilai nominal melebihi 25A [PUIL 2000].

Tabel 1.5

Pembebanan dan jumlah titik sambung pada sirkit akhir beban campuran dalam instalasi rumah

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nilai nominal dari gawai pengaman (a)	A	Beban maksimum yang diperolehkan A	Jumlah titik sambung maksimum	Kontribusi pada setiap beban total. A (jumlah tidak boleh melampaui nilai kolom 3)						Perlekapan magun atau pegun yang terpasang permanen
				Titik penerangan	KKB dan KK fase tunggal atau fase banyak 10 A (d.g)		KK fase tunggal atau fase banyak 15 A (g)	KK fase tunggal atau fase banyak 20 A (g)		
	Kondisi A	Kondisi B								
Pemutus sirkit atau pengaman lebur kemampuan tinggi	Pengaman lebur yang dapat dikawati kembali									
10	-	10	20	0,5	-	-	15	-		
16	-	16	20	0,5	4	1.1	12	-		
20	-	20	25	0,5	4	1	10	26		
25	-	25	30	0,5	4	1	8	18		
32	-	32	40	0,5	4	1	-	16		
-	8	8	20	0,5	-	-	-	-	Beban tersambung	
-	12	12	20	0,5	-	-	15	-		
-	16	16	20	0,5	4	1.1	12	-		
-	20	20	25	0,5	4	1	10	20		
-	25	25	30	0,5	4	1	8	18		
-	32	32	40	0,5	-	-	-	16		

3.9. Menentukan Sambungan Sirkuit Pada Satu Peranti Atau Pada Satu Kotak

Kontak (KKB)

- a. Jika alat listrik tersambung secara tetap, maka

Daya tersambung = daya pengenalan

- b. Dapur listrik

Maksimum 5 kW	Dihitung 16 A
Antara 5 kW – 8 kW	Dihitung 20 A
Antara 8 kW – 10 kW	Dihitung 25 A
Antara 10 kW – 13 kW	Dihitung 32 A
Diatas 13 kW	Dihitung 40 A

3.10. Menentukan Jumlah Titik Beban Dalam Sirkuit Akhir

- a. Jumlah titik beban dalam suatu sirkuit dapat dilihat pada Tabel 4.4.1.2 s.d. 4.4.1.6 [PUIL 2000].

- b. Nilai maksimum besar beban yang tersambung tidak boleh melebihi KHA penghantar.

Contoh 1 :

Tentukan jumlah KKB yang boleh dipasang pada sirkuit akhir untuk kegunaan campuran dengan hantaran kabel tembaga $2,5 \text{ mm}^2$.

Beban di bawah ini adalah di luar beban KKB :

1 buah	pemanas ruangan permanen	= 2.400 W
1 buah	fan (kipas angin) permanen	= 40 W
1 buah	KKK untuk pemasangan fan permanen 120 W yang berkaitan dengan pemanas ruangan dengan perubahan yang lambat	= 120 W
2 buah	sistem alarm permanen, masing-masing 60 W	= 120 W
6 buah	titik penerangan masing-masing <u>60 W</u>	= <u>360 W</u>
	Total	= 3.040 W

PENYELESAIAN :

Dari tabel mengenai KHA, untuk penghantar tembaga dengan pemasangan di udara, fase tunggal diperoleh, untuk penghantar berukuran $2,5 \text{ mm}^2$ yang diamankan dengan pemutus sirkit, KHA penghantar adalah 25 A. Oleh karenanya nilai pengenal pemutus sirkit yang dipakai adalah 25 A.

Dalam kolom 3 Tabel 4.4-3. beban maksimum untuk pemutus sirkit 25 A adalah 25 A, dan nilai dari beban-beban yang diluar KKB adalah sebagai berikut :

Pemanas ruangan	= 10 A
Fan	= 0,2 A
KK untuk Fan 120 Watt	= 0,5 A
2 sistem alarm	= 0,5 A
6 titik penerangan	<u>$6 \times 0,5$</u> = 3 A
Total	= 14,2 A

Sisa yang tersedia pada KKB adalah $25A - 14,2 A = 10,8 A$

Dari kolom 7 Tabel 4.4.-3. untuk sirkit pada kondisi B, setiap KKB mempunyai nilai kontribusi 1 A. Jumlah KKB yang dapat disambungkan adalah $10,8 A/1A = 11$ buah (dibulatkan). Dengan demikian sirkit campuran terdiri Dari 11 titik + 11 titik = 22 titik beban dan tidak melampaui jumlah maksimum maksimum 30 titik sesuai kolom 4 dari Tabel 4.4-3 PUIL 2000].

Contoh 2.

Tentukan jumlah KKB yang dapat disambungkan pada suatu sirkit akhir campuran 240 V yang terdiri dari penghantar tembaga 4 mm^2 , diamankan dengan suatu pengaman lebur setengah tertutup yang elemen bebannya dapat diganti, dalam suatu instalasi bukan rumah.

Di bawah ini adalah di luar KKB :

KKB – 15 A	= 3.600 W
2 buah penerangan masing-masing 60 W	= 120 W
KK untuk Fan permanen <u>40 watt</u>	= 40 W
Jumlah	= 3.760 W

PENYELESAIAN :

Dari Tabel Mengenai KHA diperoleh untuk penghantar tembaga 4 mm^2 yang dipergunakan untuk beban campuran adalah 20 A. Dengan demikian maka nilai

maksimum dari pengaman lebur yang boleh dipakai adalah 20 A.

3.11. Penentuan Titik Sambung Sirkuit Akhir Untuk Pemakaian Khusus

Titik sambung pada sirkuit akhir tidak dibatasi jumlahnya untuk pemakaian

- a. Unit peraga visual
- b. Perlengkapan listrik kecil misalnya mesin pemotong rumput
- c. Penerangan tanda permanen/hias
- d. Penerangan panggung
- e. Penerangan luar misalnya lapangan tennis
- f. Penerangan tanda/lampu hias/umum
- g. Trafo untuk lampu TL

Besarnya daya tersambung dibatasi oleh kuat hantar arus penghantar.

3.12. Penentuan Susunan Sirkuit Utama, Sirkuit Cabang, Dan Sirkuit Akhir

- a. Penampang hantaran sirkuit utama, dan sirkuit cabang, dihitung berdasarkan daya tersambung, dan atau perkiraan beban terbesar yang dapat terjadi.

Penampang hantaran sirkuit akhir dihitung berdasarkan, daya tersambung pada sirkuit tersebut dan karakteristik beban (motor listrik, dll).

- b. Penampang minimum sirkuit utama adalah sebesar 4 mm. Demikian pula penampang minimal sirkuit cabang.
- c. Semua sirkuit harus bermula dari salah satu PHB kecuali sirkuit utama.
- d. Besarnya tiap-tiap sirkuit tidak boleh lebih kecil dari nilai pengenal arus

gawai proteksi. Arus pengenal gawai proteksi tidak boleh lebih dari arus beban maksimum sirkit yang diamankan

e. Penampang minimum sirkit akhir minimal $2,5 \text{ mm}^2$ kabel inti tembaga.

3.13. Pengelompokan Sirkit Beban Pada Perlengkapan Hubung Bagi

- a. Tiap PHB hanya melayani sebanyak-banyaknya 6 sirkit keluar.
- b. Sirkit untuk instalasi tenaga terpisah dari sirkit instalasi penerangan.
- c. Kelompok sirkit fasa tunggal terpisah dari kelompok sirkit fasa tiga
- d. Besar kuat hantar arus rel pada PHB minimal 125% besar KHA penghantar sirkit masuk
- e. Besar arus pengenal sakelar masuk/sakelar minimal sama dengan besar kuat hantar arus penghantar

4. PERHITUNGAN KEBUTUHAN BEBAN LISTRIK

4.1. Menghitung Kebutuhan Maksimum Beban Pada Sirkit Utama Dan Sirkit Cabang

- a. Perhitungan kebutuhan ini di dasarkan atas jenis beban yang direncanakan terpasang dan besarnya daya listrik
- b. Ketentuan-ketentuan perhitungan untuk instalasi rumah tunggal dan ganda tetap mengacu pada PUIL 2000.

Contoh 1 :

Soal : Tentukan kebutuhan maksimum dari instalasi rumah tinggal, yang disuplai oleh fase tunggal 240Volt dengan beban seperti berikut :

24 buah	titik penerangan
10 meter	penerangan rel
9 buah	KKB tunggal
8 buah	KKB ganda
1 x 50 W	kipas sedot
1 x 1000 W	pemanas kawat (strip heater)
1 x 15 A	KKK
1 x 10 kW	dapur listrik
1 x 4,8 kW	pemanas air yang dikendalikan
1 x 3 kW	penerangan lapangan tennis

PENYELESAIAN :

Penentuan kebutuhan sesuai dengan Tabel 4.3-1 dan 4.3

a. Kelompok beban A.1)

24 titik penerangan ditambah 10 meter penerangan rel ditambah 50 W kipas sedot
= 45 titik = $2 + 2 + 2 = 6A$

b. Kelompok beban A2)

$$300W \text{ penerangan lapangan tennis} = \frac{3000}{240} \times 0,75 = 9,4 A$$

c. Kelompok beban B1)

9 KKB tunggal ditambah

8 KKB ganda = 25 titik

1000 W pemanas kawat = 1 titik = 5 + 5 + 10 A

d. Kelompok beban C

15A KKK = 10 A

e. Kelompok beban C

10.000 W dapur listrik = 41,67 A x 0,5 = 20,8 A

f. Kelompok beban F

Pemanas air yang dikendalikan 4.800 W = 20 A

20 A ini lebih kecil dari jumlah beban dari kelompok beban lainnya, dengan demikian kebutuhan maksimum untuk beban ini adalah 0 (nol) A.

Beban total = jumlah dari semua kelompok beban

$$= A1) + A2) + B1) + C + F$$

$$= 6 + 9,4 + 10 + 10 + 20,8 + 0$$

$$= 57,2 A$$

Contoh 2 :

Soal : Tentukan kebutuhan maksimum dan fase yang dibebani paling besar, dari beban berikut :

26 buah titik penerangan

24 meter KKB

15 A KKK

16,6 kW dapur listrik

4 kW unit AC

12,96 kW pemanas air sesaat

3,6 kW pengering pakaian (cuci) yang disuplai dengan tiga fase, dan disusun sebagai berikut :

Fase merah	Fase hitam	Fase kuning
15 KKK	-	-
5 kW pelat pemanas	5 kW pelat pemanas	6,6 kW tunggu
4 kW AC	-	-
4,32 kW pemanas air sesaat	4,32pemana air sesaat	4,32 kW pemanas air sesaat
	3,6 kW pengering pakaian	

PENYELESAIAN :

Cara penentuan kebutuhan di fase yang terbesar bebannya sesuai dengan Tabel 4.3.1 dengan asumsi instalasi diusahakan seimbang antara fasenya, sebagai berikut :

	Kelompok beban	Kolom	Fase M A	Fase H A	Fase K A
Penerangan	A1)	2			5
KKB	B2)	2		10	10
KK 15 A	B3)	2	10	-	-
Dapur listrik	C	2	10,4	10,4	13,7
AC	D	2	12,5	-	-
Pemanas air	E	2	6	6	6
Pengering pakaian	C	2	-	7,5	-
			38,9	33,9	34,7

Fase dengan beban terbesar : Merah = 38,9 A

Contoh 3 :

Soal : Tentukan kebutuhan maksimum dari fase yang dibebani paling besar dari satu gedung rumah petak yang terdiri dari 80 unit petak, dengan beban berikut :

- Penerangan 80 unit petak
- KKB 80 unit petak
- Dapur listrik 17 unit petak
- 2,5 kW (= 10,4 A) pemanas kawat terpasang
- Permanent 80 unit petak

- Pemanas air cepat

80 unit petak

PENYELESAIAN :

Cara penentuan kebutuhan maksimum dari fase yang dibebani paling besar, berupa asumsi bahwa instalasi diatur seimbang, mungkin diantara ketiga fasenya sesuai dengan Tabel 4.3.1 adalah sebagai berikut :

- a. Jumlah unit petak per fase, fase 3 adalah $80/3 = 27$ di masing-masing dari 2 fasenya, dan 26 unit di fase lainnya. Ketentuan yang ada di kolom 5 dari Tabel 4.3.1 dapat dipergunakan untuk kelompok beban kecuali untuk dapur listrik
- b. Jumlah dapur listrik per fase = $17/3$; 6 buah masing-masing di dua fase dan 5 buah di fase lainnya. Ketentuan dalam kolom 4 Tabel 4.3.1 dapat dipergunakan untuk kelompok C, dapur listrik dan peranti masak.

4.2. Perhitungan Kebutuhan Maksimum

Selain dari apa yang dikemukakan dalam point 4.1. di atas, PUIL memberikan cara-cara untuk memperkirakan kebutuhan beban. Tujuan dari memperkirakan kebutuhan beban ialah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui beban tersambung total
2. Untuk menetapkan kebutuhan maksimum beban
3. Untuk menetapkan daya sambung untuk melayani beban ditambah daya untuk memenuhi perluasan di kemudian hari.
4. Untuk membuat rancangan rinci lebih lanjut.

4.2.1. Perhitungan kebutuhan maksimum di sirkit utama konsumen dan sirkit cabang

Penjelasan tentang hal ini dapat dilihat langsung dalam PUIL 2000.

Sesuai kebutuhan maksimum di sirkit utama konsumen dan sirkit cabang harus ditentukan dengan salah satu cara yang diuraikan di bawah ini :

1. Dengan perhitungan sesuai dengan [4.3.2]
2. Dengan penaksiran sesuai dengan [4.3.3]
3. Dengan pengukuran atau pembatasan sesuai dengan [4.3.4]

Khusus untuk instalasi rumah tinggal dan rumah ganda ketentuannya dapat dilihat pada tabel 1.6 berikut dimana perhitungan kebutuhan maksimum untuk tiap fase dari instalasi tersebut dapat dihitung dan ditentukan.

Harap diperhatikan pula catatan yang berkaitan dengannya.

4.2.2. Kebutuhan maksimum sirkit akhir [4.3.5]

Pada umumnya kebutuhan maksimum suatu *sirkit akhir* dianggap sama dengan beban penuh yang tersambung padanya [PUIL 2000]. Kebutuhan maksimum sirkit akhir dalam hal-hal tertentu dapat ditaksirkan oleh instansi pemeriksa yang berwenang.

Kebutuhan maksimum sirkit akhir dapat dibatasi dengan *pemusir sirkit* sesuai nilai pengalasan atau setelahnya .

Untuk sirkit yang tersambung pada satu *piranti* atau satu kotak kontak untuk

penyambungan peranti *magun* atau *pegun* kebutuhan maksimum dianggap sama dengan *peranti* sebenarnya.

Untuk sirkit yang dihubungkan dengan lebih dari satu peranti atau kotak kontak kebutuhan maksimum sama dengan :

- a. jumlah beban sebenarnya peranti dan kotak kontak atau
- b. nilai pengenal gawai proteksi sirkit mana yang lebih kecil antara keduanya.

Jika lebih dari satu peranti, motor atau perlengkapan lain yang saling mengungci disuplai dari satu sirkit akhir, sehingga hanya sejumlah terbatas peranti atau motor yang dapat terhubung selama satu kurun waktu tertentu, sehingga kebutuhan maksimum sirkit akhir dapat dianggap kebutuhan maksimum tertinggi yang dapat diperoleh dari kombinasi peranti, motor atau perlengkapan yang mungkin dapat terhubung selama satu kurun waktu tertentu.

Lampu, *peranti listrik* atau *KKB* tegangan rendah dengan nilai nominal lebih dari 20 A atau lebih dari 20 A per fase, masing-masing harus disuplai dari sirkit akhir yang jelas terpisah.

Peranti gabungan, mesin gabungan yang terdiri dari sejumlah gawai pemakai individual, harus dianggap sebagai satu unit tunggal.

Catatan pada Tabel 1.6

- a). Untuk sambungan fase banyak, jumlah rumah dibagi jumlah fase dari suplai,
Contoh : 16 unit rumah yang disuplai oleh fase tiga, $16/3 = 6$ unit tersambung pada

fase yang dibebani paling berat (kolom 4).

- b). Bila hanya sebagian dari jumlah unit dalam instalasi ganda yang dilayani oleh fase banyak dilengkapi dengan peranti rumah tangga yang tersambung permanent, misalnya peranti masak listrik atau perlengkapan pemanas ruangan, jumlah peranti dari setiap kategori di bagi dengan jumlah fase, dan kebutuhan maksimum ditentukan seperti dalam contoh 3 dibagian belakang.
- c). Untuk penentuan kebutuhan maksimum, KK-kombinasi ganda diperhitungkan sebagai titik beban yang sama jumlahnya dengan jumlah KK integral kombinasi tersebut.
- d). Bila suatu instalasi terdiri atas kelompok KK 15 atau 20 A tercakup dalam kelompok beban B (ii) atau B (iii) maka beban dasar dari kelompok beban B ditambah dengan masing-masing 10A atau 15A ; bila KK 15 A dan 20 A terpasang, penambahannya adalah 15 A.
- e). Dalam menghitung beban tersambung, besaran nominal di bawah ini digunakan untuk penerangan.
 - (i). Lampu pijar : 60 W atau watt yang sesungguhnya dari lampu yang terpasang, mana yang lebih besar, kecuali bila disain luminer banyak yang terkait dengan fitting hanya memperkenalkan lampu yang kurang dari 60 W yang dapat dipasang pada fitting, maka beban tersambung dan fitting tersebut harus sama dengan watt lampu terbesar yang dapat dilayani. Untuk luminer lampu banyak beban setiap fitting lampu harus ditetapkan berdasarkan di atas.

- (ii). Lampu TL dan lampu luar lainnya : Beban penuh tersambung, yaitu arus yang sesungguhnya diserap oleh susunan penerangan, dengan memperhitungkan perlengkapan bantu seperti balas dan kapasitor.
- f). Suatu KKB yang terpasang setinggi lebih dari 2,3 m di atas lantai untuk penyambungan ke suatu peranti rumah tangga yang tidak lebih dari 100 W atau suatu lumener dapat dimasukkan sebagai titik penerangan dalam kelompok beban A (i).
- Suatu peranti tidak lebih dari 100 W, yang tersambung permanent atau tersambung pada KK yang terpasang lebih dari 2,3 m di atas lantai dapat dianggap sebagai titik penerangan.
- g). Setiap bagian dari perlengkapan yang tidak melebihi 10 A, yang tersambung secara *magum*, dapat dimasukkan dalam kelompok beban B (i) sebagai titik tambahan.

Tabel 1.6

Kebutuhan maksimum instalasi rumah tinggal dan rumah ganda

1	2	3	4	5
Kelompok beban	Instalasi rumah tunggal atau unit petak per fase	Gedung rumah petak (a,b)		
		2 sampai 5 unit petak per fase	6 sampai 20 unit petak per fase	2 atau lebih petak per fase
A. Penerangan (i). Penerangan diluar kelompok dan kelompok beban H dibawah (c,m)	2A untuk 1 sampai 20 titik + 2A untuk tiap tambahan 20 titik atau bagian daripadanya	6 A tiap unit petak	5A + 0,25A tiap unit petak	0,5A tiap unit petak.
(ii). Penerangan luar yang melebihi 1000 W(h,i)	75% dari beban tersambung			
B. (i). KKB dan KK yang tidak melebihi 10A (e,m) perlengkapan yang tersambung permanen tidak melebihi 10A dan tidak termasuk kelompok beban lain(n)	5A untuk 1 sampai 20 titik + 5A untuk tiap tambahan 20 titik atau bagian daripadanya	10A + 5A tiap unit petak	15A + 3,75 tiap unit petak	0,5A + 1,9A tiap unit petak
(ii). Untuk instalasi yang mencakup satu atau lebih KK 15 A. diluar KK yang sudah terpasang untuk menyuplai perlengkapan yang termasuk dalam	10 A	10 A	10 A	10 A

kelompok C,D,E,F,G dan L e,f)				
1	2	3	4	5
(iii). Untuk instalasi yang mencakup satu atau lebih KK 15 A. diluar KK yang sudah terpasang untuk menyuplai perlengkapan yang termasuk dalam kelompok C,D,E,F,G dan L (e,f)	15 A	15A	15 A	15 A
C. Dapur listrik, peranti masak, perlengkapan binatu atau KK dengan arus nominal lebih dari 10 A untuk sambungan keperluan tersebut	50 % beban tersambung	15 A	2,8 A per unit petak	2,8 A per unit petak
D. Perlengkapan pemanas udara atau AC, sauna yang tersambung tetap atau KK dengan arus nominal lebih dari 20 A untuk menghubungkan perlengkapan tersebut	75%beban tersambung	75%beban tersambung	75%beban tersambung	75%beban tersambung
E. Pemanas air sesaat	33,3 % beban tersambung	6 A tiap unit petak	6 A tiap unit petak	100 A+ 0.8 A per unit petak
F. Pemanaas air tandonan	Arus beban penuh per unit	6 A tiap unit petak	6 A tiap unit petak	100 A+ 0.8 A per unit petak
G. Penerangan bersama (h,i)	Tidak berlaku	Beban tersambung penuh	Beban tersambung penuh	Beban tersambung penuh

H. Motor, lif	Sesuai dengan 410 B3 tabel 410-2 kolom 2	Sesuai dengan 410 B3 tabel 410-2 kolom 2
---------------	--	--

4.3. Menghitung Kebutuhan Beban Listrik Sirkuit Utama Dan Sirkuit Cabang Dengan Cara Pengukuran Atau Pembatasan

a. Cara pengukuran :

Hasil rekaman beban maksimum dengan nilai sama selama 15 menit adalah kebutuhan daya yang dihitung.

b. Cara pembatasan :

Kebutuhan daya listrik dilihat dari arus pengenal pengaman atau setelan tetap alat proteksi.

4.4. Menghitung Kebutuhan Maksimum Sirkuit Akhir

Pada umumnya kebutuhan maksimum sirkuit akhir dianggap sama dengan beban penuh tersambung atau berdasarkan :

a. Penaksiran bila daur kerja beban dapat diperkirakan atau kondisi naik turun (intermitten) atau pembebanan yang lama.

b. Nilai pengenal pemutus sirkuit setelan tetap.

Ketentuan di atas tidak berlaku bagi sirkuit akhir rumah yang tersambung peranti tunggal, atau KHA penghantar lebih kecil dari arus pengenal gawai pengaman.

4.5. Menghitung Kebutuhan Beban Listrik Dengan Cara Penafsiran

Penafsiran kebutuhan maksimum beban dari sirkuit utama dan sirkuit cabang dapat

dilakukan jika :

- a. Karakteristik pemakaian beban tidak teratur (intermitten) dan daur tugas tertentu yang sulit di tetapkan
- b. Instalasi besar dan rumit
- c. Instalasi pada hunian khusus

Contoh :

- a. Rumah tinggal luas 500 meter persegi statistik pemakaian total 25 VA/m², pemakaian AC 60% daya tersambung, Heater 10% daya tersambung, penerangan taman 5% daya tersambung.

- Kebutuhan penerangan dan lain-lain dalam gedung

$$= 500 \times 25 \text{ VA/m}^2 = 12.500 \text{ VA}$$

- AC = 60% x 12.500 VA = 7.500 VA

- Heater = 5% x 2.500 VA = 750 VA

Total kebutuhan = 20.750 VA

Faktor kebersamaan 80% = 0,8 x 20.750 VA = 17.000 VA

- b. Jaringan distribusi tenaga listrik melayani daerah perumahan menengah ke bawah, panjang rute jaringan 2 km, jarak gawang 40 meter, statistic pemakaian 2,5 sambungan pertiang, rata-rata 1200 VA/sambungan.

Kebutuhan daya listrik :

$$\text{Jumlah tiang} = \frac{2000}{40} + 4(\text{jumlah penyulang}) = 54 \text{ tiang}$$

$$\text{Total sambungan rumah} = 54 \times 2,5 = 135 \text{ SR}$$

$$\text{Total daya} = 135 \times 1200 \text{ VA} = 162 \text{ kVA}$$

$$\text{Faktor kebersamaan} = 0,4$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas trafo gardu yang perlu di pasang} &= 0,4 \times 162 \text{ kVA} = 64,8 \text{ kVA} \\ &= 100 \text{ kVA} \end{aligned}$$

4.6. Penentuan Besarnya Kuat Hantaran Arus Pada Suatu Hantaran

- a. Besarnya kuat hantar arus penghantar, KHA dan pilihan penghantar berdasarkan arus :
 - Hitungan kebutuhan maksimum/beban maksimum sirkit
 - Faktor perletakan/konstruksi yang dipilih (jumlah penghantar perjalur, di dalam/di atas tanah-bangunan).
 - Penggunaan penghantar, baik untuk kabel instalasi ataupun kabel fleksibel, kabel udara, ataupun penghantar tak berisolasi.
- b. Ukuran luas penghantar dinyatakan dalam (mm^2). Untuk penghantar jenis kabel adalah luas intinya [PUIL 2000].
- c. Penggunaan kabel harus sesuai dengan point b. Di atas.

Pembebanan terus-menerus penghantar, tidak boleh melebihi kuat hantar arus penghantar dan sebagai mana pada tabel-tabel tersebut di atas, dengan ketentuan faktor-faktor koreksi sebagai akibat kondisi lingkungan, faktor perletakan,

perubahan jalur/lintasan penghantar, konstruksi perletakan [PUIL 2000]. d. Penghantar boleh dibebani melebihi kuat hantar arusnya dengan faktor pengali pada kondisi tertentu :

- Pembebanan singkat
- Faktor $K_s = \frac{td}{tb}$

dimana :

- td = jumlah waktu kerja sampai penghantar dingin kembali
- tb = lama waktu kerja singkat maksimum 4 menit

e. Pembebanan intermitten

- Faktor $K_i = 0,875 \frac{ts}{tr}$

dimana :

- ts = Waktu daur kerja maksimum 10 menit
- tr = Waktu pembebanan, maksimum 4 menit

Ketentuan ini tidak berlaku untuk penghantar tembaga dengan penampang maksimum 10 mm^2 dan aluminium dengan penghantar maksimum 16 mm^2 .

4.7. Penentuan Penghantar

4.7.1. Identifikasi Dengan Warna

PUIL 2000 memberi ketentuan tentang warna isolasi penghantar. Warna loreng hijau kuning hanya boleh digunakan untuk menandai penghantar pembumian

penghantar pengaman dan penghantar penyama tegangan bumi.

Warna biru hanya digunakan untuk menandai penghantar netral atau kawat tengah. Untuk perkawatan perlengkapan lain disarankan agar hanya digunakan satu warna, khususnya hitam. Jika diperlukan satu warna tambahan lagi untuk identifikasi dianjurkan untuk mendahulukan warna coklat.

4.7.2. Kabel Rumah dan Kabel Instalasi

Jenis penghantar yang banyak digunakan untuk instalasi rumah ialah kabel rumah berurat satu NYA dan kabel berurat banyak NYM.

Mengenai penggunaan kedua jenis kabel ini ditunjukkan tentang jenis-jenis kabel dan kemampuan hantar arusnya dan pada pemasangannya.

PUIL 2000 menetapkan bahwa setiap penghantar harus mempunyai KHA yang tidak dari arus yang mengalir di dalamnya. Untuk itu, KHA-nya tidak boleh kurang dari kebutuhan maksimum yang ditentukan dalam PUIL 2000

Untuk kabel yang dikelilingi oleh bahan isolasi keseluruhannya atau dikelilingi oleh sebagian, KHA nya harus diturunkan dengan faktor penurunan KHA sebagai berikut.

Penampang kabel	Dikelilingi	
	Keseluruhan	Sebagian
1 – 6 m ²	40 %	60 %
10 – 25 mm ²	50 %	63 %

Dalam instalasi rumah , ruang 150 mm di atas langit-langit di ruang atap harus

dianggap berisi termal dan KHA kabel yang dipasang di ruang tersebut harus ditentukan sesuai apakah dikelilingi keseluruhannya atau dikelilingi sebagian jika isolasi termal dipasang.

Sirkuit fase tunggal : Penghantar netral sirkit utama konsumen, sirkit cabang atau sirkit akhir harus mempunyai KHA tidak kurang dari penghantar aktif yang terkait atau jika terdapat lebih dari satu penghantar aktif dengan jumlah penghantar tersebut.

4.7.3. Penampang dan KHA Penghantar

Luas penampang penghantar sirkit yang digunakan terkait pada kebutuhan maksimum sirkit, dan ditentukan oleh KHA penghantar keadaan sekeliling seperti suhu dan isolasi termal dan susut tegangannya yang diperkenankan ialah 5 %. Selain itu harus dipertimbangkan pula kemungkinan perluasan instalasi dikemudian hari. Untuk instalasi permanen tinggal, luas penghantar minimum adalah $1,5 \text{ mm}^2$ dan penghantar sirkit utama konsumen serta sirkit cabang harus mempunyai penampang tidak kurang dari 4 mm^2 untuk penghantar berisolasi dan berpenyangga, hal ini terutama didasarkan atas kekuatan mekanis penghantar.

Pada umumnya KHA penghantar yang digunakan di setiap sirkit tidak boleh lebih rendah di bawah nilai pengenalan *gawai proteksi* sirkit, hal ini sejalan dengan PUIL 2000.

4.7.4 Penghantar Netral

Penghantar netral bersama dapat digunakan untuk sirkit utama pelanggan dan sirkit

cabang, tetapi tidak boleh digunakan untuk dua atau lebih sirkit akhir.

Pengantar netral bersama dapat digunakan untuk penyambungan pada perlengkapan di bawah ini :

- a. *Peranti* fase banyak integral dan luminer yang disambungkan pada sirkit akhir sistem fase dua, tiga kawat dan fase tiga, empat kawat.
- b. Unit penyuplai tersendiri, seperti pelat panas dan bagian tungku yang terpisah dari suatu dapur listrik yang disuplai dari sirkit akhir terpisah dari fase berbeda dan diperlakukan sebagai *piranti* tunggal.
- c. Kelompok *luminer* fase tunggal yang disusun untuk disambungkan pada *sirkit akhir* sistem dua fase tiga kawat, atau sistem tiga fase empat kawat, dengan ketentuan bahwa :
 1. Sirkit tersebut dikontrol dan diamankan dengan *pemutus sirkit* yang bekerja pada semua penghantar aktif.
 2. Kontinuitas dari penghantar sirkit netral tidak tergantung pada terminal di *luminer* atau sakelar kontrol.
- d. *Peranti* seperti pemanas air yang disuplai dari sumber suplai alternatif, asalkan :
 1. Hanya satu suplai dapat disambungkan pada suatu saat, dan
 2. Kedua suplai mempunyai sakelar pemisah bersama.

4.7.5. Susut Tegangan

Susut tegangan antara sisi masuk PHB konsumen dan sembarang titik dari instalasi tidak boleh melebihi 5 % dari tegangan pengenal (220 V) pada terminal

konsumen bila semua penghantar dari instalasi dialiri arus sesuai kebutuhan.

Untuk instalasi rumah, variasi berikut dapat digunakan untuk menentukan susut tegangan :

- a. Untuk sirkit dengan panjang saluran tidak melebihi 25 m susut tegangan di sirkit akhir dapat diabaikan.
- b. Untuk sirkit dengan panjang saluran melebihi 25 m, susut tegangan di sirkit akhir harus ditentukan dengan menggunakan arus 50 % dari nilai pengenalan arus gawai pengaman yang dipasang.

4.8. Penentuan Batas Susut Tegangan

- a. Susut tegangan ditentukan oleh parameter-parameter impedansi kabel, karakteristik beban dan besarnya beban maksimum.
- b. Besarnya susut tegangan antara terminal konsumen dan sebarang titik pada instalasi listrik maksimum 1 % dari tegangan pelayanan. Dan pada jaringan saluran tegangan rendah + 5%, - 10%, pada titik sambung terminal konsumen.
- c. Besarnya beban yang dihitung pada instalasi listrik adalah :
 - Pada sirkit utama dan sirkit cabang sesuai ketentuan/prosedur hitungan.
 - Pada sirkit akhir beban tersambung total atau nilai arus pengenalan gawai proteksi.(kecuali untuk perhitungan arus asut motor, kerja solenoid, atau operasi sejenis).
- d. Besarnya beban yang dihitung pada jaringan distribusi tegangan rendah, sesuai

prosedur hitungan standar.

- e. Catatan pada instalasi domestik dan non domestic :
- Jika pemilihan hantaran instalasi sesuai prosedur pada PUIL, maksimum panjang jalur 25 meter, susut tegangan bisa diabaikan.
 - Jika panjang jalur sirkit melebihi 25 meter, susut tegangan sirkit akhir cukup dihitung dengan arus beban 50% dari nilai pengenal arus gawai proteksi.

4.9. Contoh Perhitungan Kebutuhan Maksimum Dan Jumlah Titik Beban Pada Suatu Bangunan

Kebutuhan Maksimum dan Jumlah Titik Beban

Contoh 1 :

Soal : Tentukan kebutuhan maksimum dari instalasi rumah tunggal, disuplai oleh

Fase tunggal 240 volt dengan beban seperti berikut :

24 buah titik penerangan

10 meter penerangan rel

9 buah KKB tunggal

8 buah KKB ganda

1 x 50 W kipas sedot

1 x 1000 W pemanas kawat (*stip heater*)

1 x 15 A KKK

1 x 10 kW dapur listrik

1 x 4,8 kW pemanas air yang dikendalikan

1 x 3 kW penerangan lapangan tennis

Penyelesaian :

Penentuan kebutuhan sesuai dengan peraturan sebagai berikut.

- Kelompok beban A(i)

24 titik penerangan ditambah

10 meter penerangan rel ditambah

50 W kipas sedot

$$2 A + 5 A + 2 A = 9 A$$

- Kelompok beban A(ii)

$$3000 \text{ W penerangan lapangan tennis} = \frac{3000}{240} \times 0,75 = 9,4 A$$

- Kelompok beban B (i)

9 KKB tunggal ditambah

8 KKB ganda

1000 W pemanas kawat

$$5 A + 5 A = 10 A$$

- Kelompok beban B (ii)

$$15 A KKK = 10 A$$

- Kelompok C

$$10.000 \text{ W dapur titik} = 41,67 \text{ A} \times 0,5 = 20,8 \text{ A}$$

- Kelompok F

$$\text{Pemanas air dikendalikan } 4.800 \text{ W} = 20 \text{ A}$$

20 A ini lebih kecil dari jumlah beban dari kelompok beban lainnya, dengan demikian kebutuhan maksimum untuk beban ini adalah 0 (nol) A.

- Beban Total = jumlah dari semua kelompok beban
$$= A \text{ (i)} + A \text{ (ii)} + B \text{ (i)} + B \text{ (ii)} + C + F$$
$$= 9 + 9,4 + 10 + 10 + 20,8 + 0 = 59,2 \text{ A}$$

Contoh 2 :

Soal : Tentukan kebutuhan maksimum dari fase yang dibebani paling besar, dalam instalasi rumah, yang terdiri dari beban berikut :

- 26 buah titik penerangan
24 meter KKB
15 A buah KKK
16,6 kW dapur listrik
4 kW unit AC
12,96 kW pemanas air sesaat
3,6 kW pengering pakaian (cucian)

Penyelesaian :

Fase (R)	Fase (S)	Fase (T)
15 A KKK	-	-
5 kW Pelat panas	5 kW pelat panas	6,6 kW tungku
4 kW AC	-	-
4,32 kW Pemanas air sesaat	4,32 kW pemanas air sesaat	4,32 kW pemanas air sesaat
-	3,6 kW pengering pakaian	-

Cara penentuan kebutuhan di fase yang terbesar bebannya, dengan asumsi instalasi diusahakan seimbang mungkin antara ketiga fasanya, sebagai berikut :

	Kelompok Beban	Kolom	Fase (R) (A)	Fase (S) (A)	Fase (T) (A)
Penerangan	A (i)	2	-	-	4
KKB	B (i)	2	-	5	5
KK – 15 A	B (ii)	2	10	-	-
Dapur listrik	C	2	10,4	10,4	13,7
AC	D	2	12,5	-	-
Pemanas Air	E	2	6	6	6
Pengering pakaian	C	2	-	7,5	-
			38,9	28,9	28,7

Fase dengan beban terbesar adalah Fase (R) sebesar = 38,9 A

Contoh 3 :

Soal : Tentukan kebutuhan maksimum dari fase yang dibebani paling besar dari satu gedung rumah petak yang terdiri dari 80 unit petak, dengan beban berikut :

- Penerangan 80 unit petak
- KKB 80 unit petak
- Dapur listrik 17 unit petak
- 2,5 kW (= 10,4 A) pemanas 80 unit petak
kawat terpasang permanent
- Pemanas air cepat 80 unit petak

Penyelesaian :

Cara penentuan kebutuhan maksimum dari fase yang dibebani paling besar, berupa asumsi bahwa instalasi diatur seimbang, mungkin diantara ketiga fasenya adalah sebagai berikut :

- Jumlah unit petak per fase, fase 3 adalah $80/3 = 27$ di masing-masing dari 2 fasenya, dan 20 unit di fase lainnya. Ketentuan yang ada di kolom 5 dari [Tabel 4 – 3 – 1] dapat digunakan untuk kelompok beban kecuali untuk dapur listrik.

- Jumlah dapur listrik per fase = $17/3 = 6$ buah masing-masing di dua fase dan 5 buah di fase lainnya. Ketentuan dalam kolom 4 [Tabel 4- 3 – 1] dapat digunakan untuk kelompok C , dapur listrik dan peranti masak.

Tabel 1.7 Berikut memperlihatkan Data mengenai berbagai jenis lampu

Tabel 1.7 Data mengenai berbagai jenis lampu

gambar	penjelasan	Pemegang lampu	Tegangan	Konsumsi daya		Kuat cahaya lumen	Sudut penyinaran	Umur jam
				Tanpa trafo W	Dengan trafo W			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Flourens (TL) Kompak Tabular Standar	G 23	220-230	5 7 9 11	10 11 13 15	250 400 600 900		5000
	Flourens (TL) Kompak Tabular Standar	G 24 d-1	220-230	10 13 18 26	15 17 24 34	600 900 1200 1800		6000
	Flouresen Kompak Tabular panjang		220-230	18 24 26	30 35 46	1200 1800 2900		5000
	Flouresen Kompak Tabular lengkap dengan balas		220-230		7 11 15 20	450 650 900 1200		6000
	Tabular lengkap dengan ballast dan tabung gelas		220-230		9 13 18	400 600 900		5000

Tabel 1.7 lanjutan

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Dengan reflektor	E 27	220-230	160		2500		
	GLS (general servis lamp)	E 27	220-235	60		730		6000
				75		960		
				100		1380		
				150		2220		
				200		3150		
	Flame luster	E 14	220-235	40		400		1000
	Flame luster dengan reflector	E 14	220-235	40		320		
				60		330	1000	
				100		1100		
	Lampu globe	E 27	220-230	40		290		
				60		490		
				100		890		
				40		300		
		E 27	220-230	60		550		
				100		950		
		E 27	220-230	100		990		

Tabel 1.7 lanjutan •

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Lampu fluoresen tabular	G 13	220-230	18	30	1000 1450 1050 2350 3450 2500 3750 5400 4000		5000
	Metal halide tabular	G 12	220-230	39 75 150	48 88 170	240 5200 12000		6000
	Metal halide dengan ujung ganda	R 7 _s	220-230	75 150	88 170	5000 11250		
	Sodium bertegangan tinggi	PG 12	220-230	33 53 100	41 65 130	1300 2300 4800		15000
	Lampu Mercury Tekanan tinggi	E 27	220-230	50 70	62 83	3500 5600		
		E27	220-230	20 80	56 89	1600 4000		15000
		E27	220-230	125 80	137 89	6500 3000		

Tabel 1.7 lanjutan

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Lampu globe dengan reflektor	E 27	220-230	60	100	380		1000
		E 27	220-230	60		390		6000
		E 27	220-230	100		760		
	Lampu reflektor	E 27	220-230	40		340	35°/70°	
				60		650	80°	
		E 27	220-235	40		320		
				60		530		
				75		730		
				100		1080		
	Lampu reflektor dengan gelas cetakan	E 27	220-230	60	600	600	12°/30°	1000
				80	800	800		
				100	1200	1200		
		E 27	220-230	120	1200	1200	12°/30°	

4.10. Contoh Perhitungan Kuat Penerangan Listrik Pada Ruangan-ruangan

(Illuminasi)

4.10.1. Perhitungan penerangan (Illuminasi)

Persamaan yang digunakan untuk menentukan banyaknya jumlah lampu yang dibutuhkan oleh suatu ruangan tertentu adalah :

$$n = \frac{E \times A}{\phi_{Lampu} \times \eta \times d}$$

dimana :

n = jumlah lampu

E = Intensitas Penerangan pada bidang kerja (lux)

A = luas bidang kerja (m²)

ϕ_{Lampu} = flux cahaya lampu (lumen)

η = lampu yang digunakan, berdasarkan nilai ;

rp = faktor refleksi langit-langit

rw = faktor refleksi dinding

rm = faktor refleksi lantai

$$\text{indeks ruang } k = \frac{p \times l}{h(p + l)}$$

dimana ;

p = panjang ruang

l = lebar ruang

h = tinggi ruang dari bidang kerja

$$D = \text{efisiensi armatur} = \frac{\text{Flux cahaya yang dipancarkan armatur}}{\text{flux cahaya yang dipancarkan sumber cahaya}}$$

$$d = \text{faktor penyusutan (deprisasi)} = \frac{E \text{ dalam keadaan terpakai}}{E \text{ dalam keadaan baru}}$$

Contoh Soal

Sebuah kantin dengan ukuran 10 x 20 m, tinggi 5,35 m diberi penerangan dengan intensitas rata-rata 225 lux. Warna dindingnya kuning muda, langit-langitnya putih. Armatur yang digunakan NB 64 dengan lampu 300 W (15 lm/W). Pengotoran sedikit dan lampu dibersihkan tiap tahun. Armatur digantung 1,5 m di bawah langit-langit.

Faktor refleksi untuk langit-langit 0,7 dan untuk dinding 0,5

Tentukan jumlah armatur yang diperlukan.

Jawab :

$$p = 20 \text{ m}; l = 10 \text{ m}; h = 5,35 - 1,5 - 0,8 = 3,05 \text{ m}$$

$$r_p = 0,7; r_w = 0,5; r_m = 0,1$$

$$k = \frac{p \times l}{h(p + l)} = \frac{20 \times 10}{3,05(20 + 10)}$$

$$\text{Dari tabel efisiensi Penerangan : } \eta = 0,52 + 0,2 / 0,5 (0,56 - 0,52) = 0,536$$

$$E = 225 \text{ lux}; d = 0,85$$

$$n = \frac{E \times A}{\phi_{Lampu} \times \eta \times d} = \frac{225 (20 \times 10)}{300 \times 15 \times 0,536 \times 0,85} = 22$$

Dalam tabel 1.8 diberikan intensitas penerangan untuk berbagai jenis ruangan dan dalam Tabel 1.7. diberikan data berbagai jenis lampu.

Tabel 1.8 Intensitas penerangan untuk berbagai jenis ruangan

Peruntukan 1	Nama Ruangan 2	Penerangan Lux 3
Perumahan	Tangga	60
	Teras depan	60
	Ruang makan	120 - 250
	Ruang kerja	120 - 250
	Kamar tidur anak	120
	Kamar tidur orang tua	250
	Kamar mandi	250
	Dapur	250
	Gudang makanan	60
	Ruang samping	60
	Ruang dapur	250
Biro Kantor	Kantor dengan pekerjaan ringan	250
	Ruang Rapat	250
	Bagian pembukuan	250
	Stenografi	250
	Bagian gambar	500
	Ruang biro besar	1000

Peruntukan 1	Nama Ruangan 2	Penerangan Lux 3
Kerajinan dan pertukangan	Pengecatan dan pemasangan	
	Karpet + tembok	250
	Pekerjaan glas mosaic	500
	Salon	750
	Pekerjaan kayu, plastik, lem	
	Pemotong	250
	Pengecatan	500
Industri	Pekerjaan kayu dengan mesin	500
	Oven dan pengecoran besi dan lain-lain	120
	Machine hall	250
	Pekerjaan form dengan tangan & mesin	250
	Pekerjaan mesin	250
	Bagian control dan pengukuran	1000
	Reparasi arloji, grafik, kerjaan emas	2000
Industri makanan	Pembungkusan	250
	Pabrik rokok dan cigarette	500
	Pekerjaan dapur	500
	Dekorasi penyortiran	750
Sekolahan	Kontrol warna	1000
	Ruang kelas, aula, ruang masuk	250
	Laboratorium fisika, kimia	500
	Pekerjaan tangan	500
	Perpustakaan	500
	PPPK	500
	Ruang seminar	500
Ruang samping	Ganti pakaian, kamar mandi, toilet	
	Tangga, gang, hall dengan penunjang	
	Sedikit	60
	Hal dengan penunjang banyak	120
Ruang Penjualan Pameran	Pameran, museum, pameran lukisan	250
	Fair hall	500
	Gudang	120
	Ruang penjualan	250
	Supermarket	750
	Shopping center	500
	Etalase toko	1000
Hotel dan Masjid, gereja	Kamar hotel restoran	120
	Hall, self service restaurant	250
	Dapur hotel	500
	Masjid dan gereja	30 - 120

5. PERHITUNGAN DAYA LISTRIK YANG TERPAKAI PADA RUMAH SEDERHANA

5.1. Perbedaan antara Daya Kerja (W) Dengan Daya Semu (VA) pada Daya Listrik

Yang dimaksud daya listrik ialah Usaha listrik tiap detik.

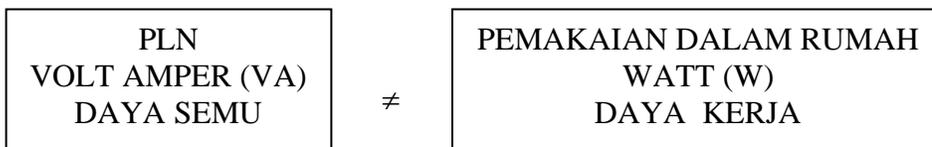
Daya listrik diberi symbol P, dengan rumus :

$$P = E \times I \text{ Joule / detik.}$$

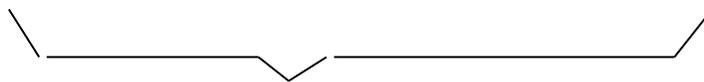
$$P = E \times I \text{ Watt.}$$

dimana :

$$1 \text{ Joule / detik} = 1 \text{ Watt atau } 1 \text{ Joule} = 1 \text{ Watt detik}$$



$$E \text{ (VOLT) } \times I \text{ (AMPER)} \qquad E \text{ (VOLT) } \times I \text{ (AMPER) } \times \text{COS } \varphi$$



$$E \text{ (Volt) } \times I \text{ (Amper) } \text{ atau } VA = \frac{W \text{ (daya kerja listrik)}}{\text{Cos } \varphi}$$

Dimana :

- a. E Adalah tegangan listrik dengan satuan VOLT
- b. I Adalah arus listrik yang mengalir pada peralatan dengan satuan Amper.

c. $\cos \varphi$ adalah factor kerja dari peralatan.

Contoh . Konversi Antara Watt (W) dengan Volt Amper (VA)

No	Pemakaian (Beban)	Pemakaian Dalam Watt (W)	Pemakaian Dalam Volt Amper (VA)
1	1 buah Lampu TL 20 Watt, $\cos \varphi = 0,5$	20 Watt	$1 \times 20 \times 10/5 = 40 \text{ VA}$
2	3 buah lampu pijar @ 25 Watt, $\cos \varphi = 1,0$	75 Watt	$3 \times 25 \times 1 = 75 \text{ VA}$
3.	1 buah TV 100 Watt, $\cos \varphi = 0,5$.	100 Watt	$1 \times 100 \times 10/5 = 200 \text{ VA}$
4.	1 buah lemari es 100 Watt, $\cos \varphi = 0,6$	100 Watt	$1 \times 100 \times 10/6 = 166 \text{ VA}$
Jumlah pemakaian daya		295 Watt	481 VA

Usaha Mekanik

Jika suatu gaya K kg dipindahkan melewati jarak S m maka digunakan usaha sebesar $K \times S$ kg m.

Usaha Listrik (Energi Listrik)

Bilamana suatu tegangan listrik E sebesar 110 V mengeluarkan arus I sebesar 5 Amper selama 2 detik maka jaringan itu mengeluarkan usaha.

Besarnya usaha yang dikeluarkan :

$$A \text{ listrik} = E \times I \times t$$

$$A \text{ listrik} = 110 \times 5 \times 2 = 1100 \text{ Volt Amper detik.}$$

1 Volt Amper detik disebut juga 1 Joule.

$$\boxed{A = E \times I \times t \text{ Joule}}$$

Satuan usaha listrik yang lebih besar dari 1 Joule ialah 1 kVA Jam.

$$1 \text{ kVA jam} = 1000 \times 3600 \text{ Joule} = 36. 10^5 \text{ Joule.}$$

Apabila Dayanya dalam satuan Watt (W), maka :

$$\boxed{A = W \times t \text{ Joule}}$$

$$1 \text{ kW. jam} = 1000 \times 3600 \text{ Joule} = 36. 10^5 \text{ Joule.}$$

$$1 \text{ kW. jam} = 1 \text{ kWh}$$

5.2. Menghitung Besarnya Energi Listrik (Usaha Listrik) Yang Terpakai.

Contoh 1. :

Sebuah Lemari Es (Kulkas) mempunyai daya kerja 200 Watt, dipakai selama sehari semalam (24 jam), maka usaha listrik yang dipakai adalah :

$$A = 200 \text{ Watt} \times 24 \text{ Jam}$$

$$A = 4800 \text{ Watt. Jam (WH) atau } 4,8 \text{ kWh}$$

Jika lemari es (Kulkas) tersebut dipakai selama satu bulan (30 hari), usaha listrik yang dipakai adalah : **$30 \times 4,8 = \underline{144 \text{ kWh}}$** .

Contoh 2.

Sebuah rumah tangga kecil menggunakan peralatan listrik sebagai berikut :

- a. Lampu pijar berkekuatan masing-masing 25 Watt sebanyak 2 bh dengan $\text{Cos } \varphi = 1$
- b. Lampu TL berkekuatan 20 Watt sebanyak 4 buah, dengan $\text{Cos } \varphi = 0,5$
- c. Lemari Es berkekuatan 100 Watt sebanyak 1 buah, dengan $\text{Cos } \varphi = 0,6$

Peralatan tersebut dipakai setiap hari rata-rata 10 jam, Hitunglah pemakaian usaha listrik selama 1 bulan (30 hari).

Jawab :

$$\text{Jumlah daya kerja} = 50 \text{ Watt} + 80 \text{ Watt} + 100 \text{ Watt} = 230 \text{ Watt}$$

$$\text{Usaha listrik dalam 1 bulan (30 hari)} = \frac{230 \times 10 \times 30}{1000} = 69 \text{ kWh.}$$

Jadi yang dijadikan ukuran atau patokan untuk menentukan besarnya biaya berlangganan per-bulan oleh PLN adalah berdasarkan penggunaan dengan ukuran kWh.

5.3. Menghitung Rekening Listrik

Untuk menghitung rekening listrik yang ada di rumah kita, ada dua ketentuan yang kita pakai, yaitu sesuai dengan jumlah kWh yang terpakai dan menggunakan patokan Tarif Dasar Listrik (TDL) yang berlaku.

Selanjutnya dapat diperhatikan gambar 1 terlampir. Dengan pemakaian listrik sebesar 270 watt, dipakai setiap hari rata-rata 12 jam, selama 1 bulan dan daya listrik dari PLN sebesar 450 VA golongan tarif R1. Hitunglah : berapa besarnya rekening listrik yang akan dibayar ?

Jawab :

Usaha listrik yang dipakai selama 1 bulan (30 hari) adalah : $270 \times 12 \times 30 : 1000 = 97,2$ kWh.

Jadi rekening listrik yang akan di bayar ke PLN berdasarkan ketentuan TDL. 2001, adalah :

- Biaya beban 450 VA / R1 = $450 / 1000 \times \text{Rp } 11.000,-$ = Rp 4.950,-
- Pemakaian Blok I (0 – 30 kWh) = $30 \times \text{Rp } 169$ = Rp 5.070,-
- Pemakaian Blok II (31 – 60 kWh) = $30 \times \text{Rp } 360,-$ = Rp 10.800,-
- Pemakaian Blok III (61 kWh keatas) = $37,2 \times \text{Rp } 495,-$ = Rp 18.414,-

Jumlah rekening listrik yang dibayar = Rp 39.234,-

(Biaya tersebut belum termasuk Pajak Penerangan Jalan (PPJ)).

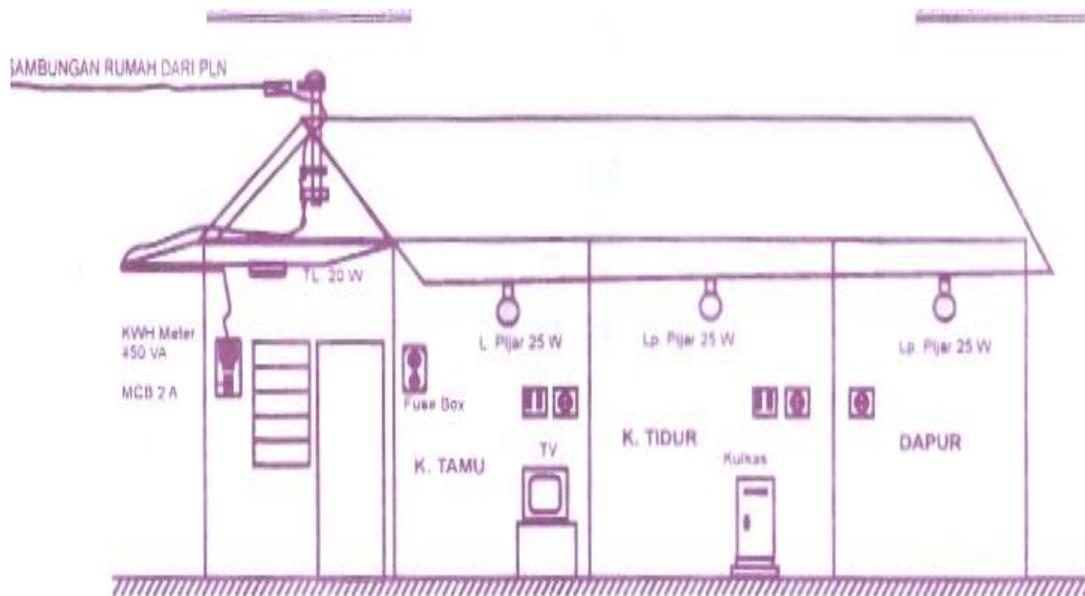
Jika kita berlangganan ke PLN dengan daya tetap 450 VA, tetapi rumah kita dipakai untuk bisnis/usaha, misalnya Toko, Warungnasi, usaha menjahit dan lainsebagainya. Maka golongan tarifnya berubah menjadi 450 VA / B1 (450 VA

dengan tarif Bisnis 1). Sehingga besarnya rekening listrik yang harus kita bayar ke PLN adalah :

- Biaya Beban 450 VA/B1 = $450 / 1000 \times \text{Rp. } 23.500$ = Rp 10.575,-
- Pemakaian Blok I (0 – 30 kWh) = $30 \times \text{Rp } 254,-$ = Rp 7.620,-
- Pemakaian Blok II (31 keatas) = $67,2 \times \text{Rp } 420,-$ = Rp 28.224,-

Jumlah rekening listrik yang dibayar = Rp 46.419,-

(Biaya tersebut belum termasuk Pajak Penerangan Jalan (PPJ)).



Gambar 1. Pelanggan Listrik PLN dengan Daya 450 VA / R1

Gambar 2. Memperlihatkan Sebuah Rumah Dengan Pemakaian Daya

sebagai berikut :

1. Pemakaian Listrik Dalam Watt

3 bh lampu TL 20 Watt 60 Watt

5 bh lampu pijar @ 25 Watt 125 Watt

1 bh AC 1 PK 736 Watt

1 bh lemari Es 200 Watt

1 bh Mesin cuci 750 Watt

1 bh TV 150 Watt

1 bh Pompa Air 125 Watt

Jumlah = 2.146 Watt

2. Pemakaian Listrik Dalam VA

3 bh lampu TL 20 W : $0,5 \times 3 = 120$ VA

5 bh lampu Pijar @ 25 Watt = 125 VA

1 bh AC 1 PK = $736 \times \frac{10}{5,65} = 1300$ VA

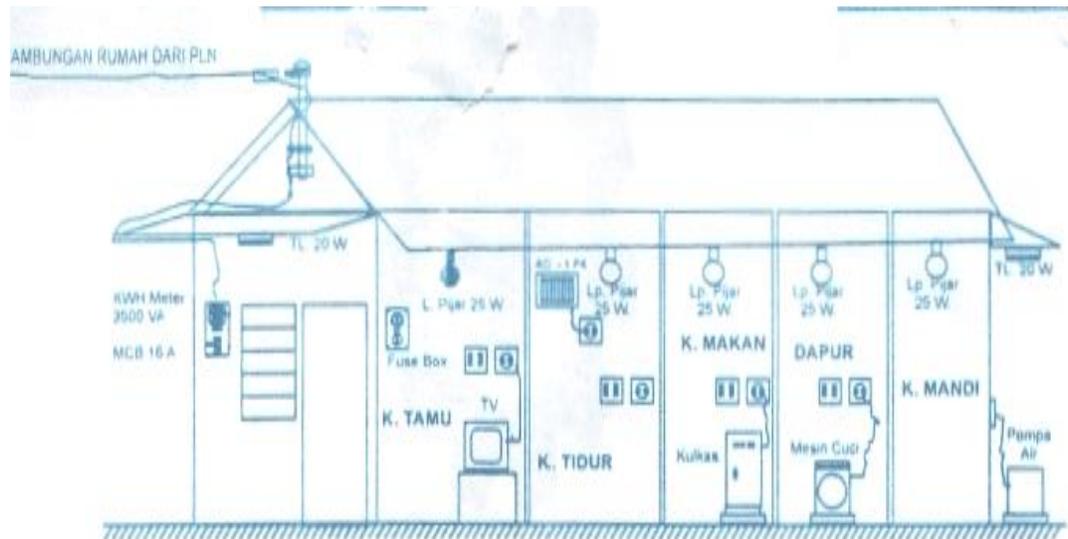
1 bh lemari es = $200 \times 10/6 = 333$ VA

1 bh Mesin Cuci = $750 \times 10/6 = 1250$ VA

1 bh TV = $150 \times 10/5 = 300$ VA

1 bh Pompa Air = $125 \times 10/5 = 250$ VA

Jumlah = 3.678 VA



Gambar 2. Pelanggan Listrik PLN dengan Daya 3.500 VA / R2

Dalam Gambar 2. di atas dijelaskan bahwa pemakaian daya pada peralatan listrik sebesar 2.146 Watt, sedangkan daya semunya sebesar 3.678 VA. Maka daya listrik yang harus disambung ke PLN, minimal 3.500 VA. Jika daya kerja sebesar 2.146 Watt, dalam 1 hari dipakai rata-rata 10 jam, maka pemakaian listrik selama 1 bulan (30 hari) adalah : $(2.146 \times 10 \times 30) : 1000 = 643,8$ kWh.

6. SISTEM PROTEKSI

6.1. Menentukan Rancangan Pemilihan Gawai Proteksi

a. Rancangan gawai proteksi dipilih berdasarkan :

- Sistem dengan pentanahan atau tanpa pentanahan.
- Jenis gawai, gawai arus lebih, gawai arus hubung singkat, gawai arus bocor tanah.
- Arus pengenalan gawai

b. Setiap sirkit harus dilindungi terhadap kegagalan operasi dengan gawai proteksi yang sesuai. Instalasi gawai proteksi ditempatkan pada PHB.

c. Instalasi gawai Proteksi ditempatkan pada PHB.

6.2. Pengendalian dan Proteksi Sirkit

6.2.1. Pengendalian dengan Sakelar Utama

Suplai ke suatu instalasi harus dapat dikendalikan dari PHB utama dengan sebuah atau beberapa sakelar utama atau sakelar pemisah utama yang mengendalikan seluruh instalasi [PUIL 2000].

Bagian instalasi berikut tidak perlu dikendalikan oleh satu atau beberapa pemisah utama.

- a. *Sirkit utama konsumen*
- b. Perlengkapan penunjang, *gawai* ukur dan perkawatan terkait yang perlu disambungkan pada sisi sumber dari satu atau beberapa sakelar utama, asalkan

pengawatan dan perlengkapan tersebut berada di dalam atau pada papan hubung.

- c. Perlengkapan yang perlu disambung pada sisi sumber dari satu atau lebih sakelar utama.
- d. Perlengkapan yang terkait dengan sumber alternatif dari pembangkit asalkan sesuai dengan standar nasional yang bersangkutan.
- e. Pembatasan arus gangguan.

Sakelar utama yang disusun lebih dari satu kelompok dan berada dalam ruangan yang khusus terpisah sebagai ruangan sakelar dapat dianggap dipasang pada papan hubung utama asalkan susunan perlengkapan hubung telah mendapat persetujuan dari instalasi berwenang.

Catatan :

Dilarang menggunakan *pemutus-sirkuit mini* jenis tusuk (*plug-in*) sebagai sakelar utama.

Sesuai PUIL 2000 pasal [4.8.1.2] jumlah sakelar utama yang dipasang pada suatu PHB utama sebaiknya dibatasi sampai enam buah. Jika terdapat lebih dari enam sakelar utama penempatannya disusun dalam kelompok enam dengan suatu penghalang antar kelompok.

6.2.2. Pencapaian ke Sakelar Utama

Sakelar utama harus dapat dicapai dengan mudah, sesuai ketentuan berikut :

- a. Sakelar utama harus mudah dicapai dan sarana untuk mengoperasikan sakelar harus tidak lebih dari 2 meter di atas tanah, atau landasan.

- b. Gedung dengan lebih dari satu penghuni. Sakelar utama harus dapat dicapai oleh tiap penghuni.

Suatu atau lebih sakelar utama tidak harus dapat dicapai oleh tiap penghuni, yang dapat mencapai suatu atau lebih sakelar yang memisahkan bagian instalasi penghuni tersebut. Sakelar seperti ini tidak perlu pengontrol sirkit yang menyuplai bagian instalasi tersebut.

6.2.3. Pemberian Tanda pada Sakelar Utama

Sakelar utama harus diberi nama sebagai berikut :

- a. Setiap sakelar utama harus diberi tanda“SAKELAR UTAMA’, dan harus dapat dibedakan dengan mudah dari sakelar lain dengan cara pengelompokan, pemberian warna atau dengan cara-cara yang sesuai sehingga dapat dioperasikan dengan cepat dalam keadaan darurat.
- b. Bila ada lebih dari satu sakelar utama dalam suatu gedung, setiap sakelar utama harus diberi tanda yang menunjukkan instalasi atau bagian instalasi mana yang dikontrolnya.
- c. Bila dengan membuka suatu sakelar utama mengakibatkan beroperasinya atau dipisahkannya suatu suplai alternatif, maka harus diberi tanda yang menunjukkan posisi utama yang mengontrol suplai alternatif itu.
- d. Bila suplai untuk suatu gedung diizinkan diberikan pada lebih dari satu titik, maka harus diberi suatu tanda jelas pada setiap papan hubung bagi utama, yang menunjukkan adanya suplai lain dan lokasi papan hubung bagi utama lainnya.

6.2.4. Instalasi Ganda

Mengenai instalasi ganda PUIL 2000 menentukannya sebagai berikut :

Mengendalikan instalasi rumah. Setiap unit instalasi rumah tunggal yang merupakan bagian dari instalasi ganda harus dilengkapi dengan satu atau lebih sakelar pemisah yang mudah dicapai untuk mengendalikan seluruh instalasi rumah ; satu atau lebih sakelar itu tidak perlu mengendalikan setiap sirkit cabang yang menyuplai instalasi rumah akan tetapi :

1. harus dipasang pada suatu PHB, yang ditempatkan di masing-masing flat atau unit hunian yang bersangkutan atau mudah dicapai dari pintu masuk, dan harus ditempatkan tidak lebih dari satu tingkat di atas atau di bawah pintu masuk tersebut, dan
2. harus ditandai dengan jelas bagian dari instalasi yang dikontrolnya dan dapat ditandai dengan cara pengelompokan, pewarnaan atau cara yang cocok lainnya sehingga sakelar-sakelar tersebut dapat mudah ditemukan dalam keadaan darurat.

Tentang suplai alternatif, dapat ditentukan sebagai berikut :

Bila suatu instalasi atau bagian dari instalasi dilengkapi dengan suplai alternatif seperti pembangkit darurat atau baterai aki, maka suplai alternatif harus dikendalikan di sumber atau di papan hubung bagi.

6.2.5. Penyambung Sakelar Utama

Tentang penyambungan sakelar utama PUIL 2000 menentukan bahwa setiap sakelar utama harus dipasang sedemikian hingga pengaman lebur atau pemutus sirkit yang terkait, tidak bertegangan bila sakelar tersebut dalam keadaan terbuka.

6.2.6. Sirkit Cabang dan Sirkit Akhir

Setiap sirkit cabang atau sirkit akhir yang keluar dari papan hubung bagi masing-masing harus diamankan di papan hubung bagi dengan pengaman sirkit yang bekerja pada setiap penghantar aktif.

- a. *Pengaman lebur* disetiap penghantar aktif
- b. Suatu *pemutus sirkit* dengan alat trip di setiap penghantar aktif, kecuali bila diperkenankan menggunakan *pemutus sirkit* satu fase untuk pengamanan sirkit penghantar aktif dari suatu sirkit akhir yang melayani satu *peranti*, yang pengawatan internalnya terdiri dari atas sambungan antara setiap fase dengan netral.
- c. Suatu *pemutus sirkit* yang terdiri atas satu sampai dengan tiga trip guna pengamanan penghantar aktif dari sejumlah sirkit cabang atau sirkit akhir yang keluar dari papan hubung bagi dari instalasi tersebut.

6.3. Arus Pengenal Gawai Proteksi

- b. Arus pengenal gawai proteksi tidak boleh kurang dari arus beban maksimum, harus lebih kecil dari kuat hantar arus penghantar dan arus nominal gawai kendali.

- c. Nilai arus pengenal gawai proteksi tidak boleh lebih besar dari besar arus yang mengakibatkan susut tegangan sebesar 5%.
- d. Jika memakai gawai proteksi dari jenis semi tertutup (rewireable), arus pengenal elemen tidak boleh lebih dari 0,8 KHA penghantar yang diproteksi pada perilaku beban terus menerus [PUIL 2000].
- e. Jika modus operasi beban menyebabkan arus beban lebih besar dari KHA penghantar dalam waktu singkat, dapat dipakai arus pengenal gawai proteksi lebih besar dari KHA penghantar. Namun harus dilengkapi gawai proteksi hubung singkat. Contoh pemakaian pada mesin-mesin las dan motor-motor listrik.

6.4. Proteksi Sirkuit Pada Sistem Penumbumian Netral Langsung

- a. Setiap sakelar utama harus dipasang sedemikian rupa hingga apabila sakelar tersebut terbuka, gawai proteksi benar-benar tidak bertegangan.
- b. Penempatan gawai proteksi pada rangkaian aktif dalam bentuk :
 - Pengaman lebur
 - Pengaman arus lebih
 - Pengaman arus bocor
- c. Penghantar netral tidak boleh dilengkapi gawai proteksi.

6.5. Proteksi Sirkuit Pada Sistem Penumbumian Netral Tidak Langsung

Bila penghantar netral sistem dibutuhkan melalui suatu gawai atau tanpa

pembumian pemakaian gawai proteksinya mengikuti ketentuan pada sistem dengan pembumian langsung dan dengan catatan :

- a. Setiap saklar utama harus membuka rangkaian yang dilindungi
- b. Setiap sirkit yang keluar dari PHB harus diamankan pada setiap penghantar.

6.6. Gawai Proteksi Arus Lebih Dan Arus Hubung Singkat

- a. Jenis-jenis gawai ini adalah :
 - Pengaman lebur
 - Pengaman semi tertutup (rewireable)
 - MCB/MCCB
 - Gawai lain yang setara
- b. Gawai proteksi arus lebih tidak dipakai sebagai gawai proteksi arus pendek.

7. KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

7.1. Pendahuluan

- Listrik yang memiliki peranan penting untuk menunjang aktifitas manusia , juga mengandung potensi bahaya yang perlu mendapatkan perhatian dan antisipasi.
- Tentunya dalam melaksanakan pekerjaan, kita menghendaki pekerjaan dapat diselesaikan dengan baik dan tidak ingin terjadi kecelakaan.

- Jika dalam melaksanakan pekerjaan terjadi kecelakaan, maka akan memunculkan dampak negatif dan akan timbul kerugian, baik kerugian secara fisik (luka, cacat, bahkan mungkin meninggal dunia), kerugian secara psikis (stress, gangguan jiwa, melemahnya daya ingat), dan terjadinya kerusakan pada peralatan/material, serta tertundanya pekerjaan.
- Agar dalam melaksanakan pekerjaan dapat berlangsung dan berjalan baik dan lancar dengan hasil yang memuaskan, maka keselamatan dan kesehatan kerja perlu mendapatkan perhatian sebaik-baiknya.

Bagi konsumen yang sering menggunakan alat-alat listrik rumah tangga, juga harus memperhatikan masalah keselamatan kerja.

7.2. Sasaran Keselamatan Kerja

Unsur Manusia :

- Merupakan upaya preventif agar tidak terjadi kecelakaan, atau paling tidak untuk menekan timbulnya kecelakaan menjadi seminimal mungkin (mengurangi terjadinya kecelakaan).
- Mencegah atau paling tidak mengurangi timbulnya cedera, penyakit, cacat, bahkan mungkin kematian yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja.
- Menyediakan tempat kerja dan fasilitas kerja yang aman, nyaman dan terjamin, sehingga etos kerja tinggi, produktifitas kerja meningkat.

- Penerapan metode kerja dan metode keselamatan kerja yang baik, sehingga dapat bekerja efektif dan efisien.
- Untuk meningkatkan kesejahteraan umat manusia.

Unsur Pekerjaan :

- Mengamankan tempat kerja, material (bahan-bahan), konstruksi/instalasi pekerjaan, dan berbagai sumber daya lainnya yang ada.
- Meningkatkan produktifitas pekerjaan dan menjamin kelangsungan produksinya.
- Terwujudnya tempat kerja yang aman, nyaman dan terjamin kelangsungannya.
- Terwujudnya pelaksanaan pekerjaan yang tepat waktu, dengan hasil yang baik dan memuaskan.

7.3. Penyebab Terjadinya Kecelakaan Oleh Manusia

- Keadaan yang tidak sempurna, antara lain : Cacat mata, tangan, pendengaran atau cacat fisik yang lain, sehingga tidak mampu mengerjakan pekerjaan yang bersangkutan, atau dalam melaksanakan pekerjaan terganggu.
- Keadaan rohani yang kurang sempurna, antara lain : gangguan pada pikiran, pelupa, gugup, bertabiat keras dan lain sebagainya.

- Bekerja tidak sebagaimana mestinya, antara lain : terburu-buru, bersenda gurau atau alat-alat yang digunakan kurang sesuai.
- Kurang konsentrasi karena bingung, memikirkan hal-hal lain atau kurang perhatian.
- Meremehkan keselamatan kerja, antara lain : sengaja mengabaikan peraturan keselamatan kerja, misalnya bekerja tanpa pelindung/pengaman, tanpa sarung tangan, tidak menggunakan tang berisolasi, tidak memutus rangkaian listrik yang akan dikerjakan, dan sebagainya.
- Kurang cakap, antara lain : berfikir lambat, sehingga tidak dapat memutuskan sesuatu dengan cepat, kurang pengalaman sehingga kurang dapat menguasai alat-alat/perlengkapan yang digunakan.
- Lalai. Sesungguhnya lalai ini tidak dapat dijadikan sebagai penyebab timbulnya kecelakaan, meskipun menurut laporan jumlah kecelakaan yang terjadi banyak juga disebabkan karena adanya unsur kelalaian.

7.4. Hasil Penelitian Penyebab Kecelakaan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Arbous dan Kerrich (1953), yang kemudian dievaluasi kembali oleh Suchman dan Scherzer, penyebab kecelakaan yang disebabkan faktor individual secara umum adalah :

No.	JENIS PENYEBAB KECELAKAAN	PROSEN TASE
1.	Sikap kerja yang tidak tepat	14 %
2.	Kegagalan mengenal bahaya potensial	12 %
3.	Kegagalan perkiraan jarak dan kecepatan	12 %
4.	Sikap selalu menggampangkan	10 %
5.	Sikap tidak bertanggung jawab	8 %
6.	Kegagalan perhatian yang konstan	8 %
7.	Rasa takut gagal	6 %
8.	Penglihatan tidak sempurna	4 %
9.	Gangguan-gangguan organis	4 %
10.	Reaksi lambat	4 %
11.	Tekanan darah tinggi	2 %
12.	Rasa rendah diri	2 %
13.	Tekanan mental dan rasa selalu Was-was	2 %
14.	Kelelahan phisik	2 %
15.	Tidak berpengalaman	2 %
16.	Perhatian terhadap lingkungan yang tidak sempurna	2 %
17.	Lain-lain	6 %

7.5. Penyebab Kecelakaan Oleh Faktor Lingkungan

- Mengoperasikan/menggunakan alat listrik rumah tangga yang diluar batas kemampuannya.
- Peralatan kerja yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya atau mengalami kerusakan.

- Tempat kerja yang membahayakan (berair, berdebu, licin, becek, berminyak, panas, berbau menyengat, terlalu dingin, dan lain-lain).
- Konstruksi/instalasi pekerjaan yang tidak memenuhi syarat.
- Jenis pekerjaan yang ditangani mempunyai resiko kecelakaan cukup tinggi (rawan kecelakaan).
- Prasarana dan sarana kerja yang tidak memadai.

7.6. Mencegah Terjadinya Kecelakaan

Kesiapan Manusia :

- Pastikan bahwa sebelum melaksanakan pekerjaan, kita dalam keadaan sehat jasmani dan rohani (pendengaran baik, penglihatan baik, gerak reflek tangan dan kaki baik, pikiran tenang).
- Bekerja sesuai dengan ketentuan keselamatan kerja.
- Mengetahui dasar keselamatan kerja
- Mengetahui dengan baik tentang pekerjaan yang akan dikerjakan, beserta cara-cara penggunaan alat kerjanya.

Kondisi Prasarana dan Sarana Kerja :

- Pastikan bahwa alat listrik yang akan dipergunakan, benar-benar dalam keadaan baik dan tidak rusak/tidak ada gangguan.
- Tempat kerja harus benar-benar aman dan memadai.
- Penerangan dan ventilasi harus cukup.

- Hindari tempat yang berair, karena air bersifat konduktif (mudah mengalirkan arus listrik).
- Mengamankan benda-benda lain yang berada disekitar tempat kita bekerja, yang memungkinkan terjadinya bahaya/kecelakaan.

7.7. Pencegahan Kecelakaan Pada Saat Mengoperasikan Alat-alat Listrik Rumah Tangga.

- Perhatikan dengan seksama peralatan listrik yang akan dipakai dan pastikan dalam keadaan bisa bekerja dengan baik, tidak mengalami kerusakan pada isolasinya atau bagian lainnya (kumparan, filament, dan lain-lain). Sehingga peralatan listrik tersebut benar-benar aman dan tidak membahayakan pada saat dipakai/dipegang/disentuh.
- Akan lebih baik jika kita mengetahui dan memahami karakteristik atau sifat-sifat dari peralatan yang kita pergunakan tersebut.
- Kita juga harus memahami tentang cara-cara pemakaian alat kerja listrik tersebut, dan ini bisa diketahui dari petunjuk pengoperasiannya yang disertakan pada saat kita membeli peralatan listrik tersebut.
- Sebelum mengoperasikan/memegang/menyentuh peralatan listrik, gunakan alas kaki (sandal, sepatu) yang terbuat dari karet, dan harus dalam keadaan kering.

- Jika masih ada keraguan dan untuk memastikan bahwa peralatan listrik yang akan kita pegang/sentuh benar-benar aman dan benar-benar tidak mengalami kegagalan isolasi yang menyebabkan badan/body peralatan teraliri arus listrik, lakukan test terlebih dahulu dengan menempelkan alat test yang berupa “Tespen” pada alat yang akan kita gunakan. Jika terjadi kegagalan isolasi yang disebabkan adanya kerusakan pada kabel atau bagian/komponen alat tersebut, maka Tespen akan menyala. Jika ini yang terjadi, maka alat tersebut jangan dipakai dan harus dilakukan perbaikan terlebih dahulu.
- Siapkan diri kita sebaik-baiknya dalam melaksanakan pekerjaan tersebut. Kondisi prasarana dan sarana kerja yang harus memenuhi syarat.

DAFTAR PUSTAKA

- AKLI. 1993. *Standar Konstruksi Jaringan dan Distribusi*. PT.PLN Wil. VIII SULSELRA : Makassar.
- AKLI. 1998. *Penataran Teknis Konstruksi*. Asahan Associates : Surabaya.
- E.Setiawan. 1997. *Instalasi Listrik Arus Kuat*. Bina Cipta : Jakarta.
- Fuji Electric. 1995. *Control Catalogue*. Fuji Electric Co. Jakarta.
- Panitia Revisi PUIL. 2000. *Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000*. Yayasan PUIL : Jakarta.
- Panitia PUK2P APEI . 2004. *Materi Pembekalan Uji Keahlian Bidang Teknik Tenaga Listrik*. APEI Pusat : Jakarta.
- Stevenson . 1990. *Analisis Sistim Tenaga Listrik*. Erlangga : Jakarta.
- T.S. Hutahuruk. 1997. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Peralatan*. Erlangg : Jakarta.
- Yunus Tjandi. 2009. *Instalasi Listrik Dalam Praktek*. Fakultas Teknik Elektro UNM : Makassar.

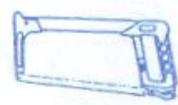
**LAMPIRAN 1. ALAT UKUR LISTRIK YANG DIGUNAKAN PADA
PEKERJAAN LISTRIK**

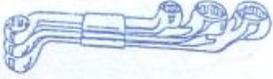
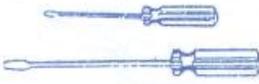
<p>✓ AMPERE METER</p>  <p>Untuk mengukur arus listrik</p>	<p>✓ LUX METER (ILLUMINO METER)</p>  <p>Untuk mengukur kuat cahaya</p>
<p>✓ MEGGER (INSULATION TESTER)</p>  <p>Untuk mengukur tegangan tembus atau tahanan isolasi</p>	<p>✓ MULTIMETER (MULTY METER)</p>  <p>Alat untuk mengukur macam-macam keperluan a.l. :</p> <ul style="list-style-type: none">a. Besarnya tegangan (AC & DC)b. Besarnya tahananc. Besar arus (biasanya dalam ukuran arus yang kecil (MA)) <p>137</p>



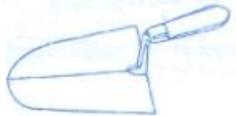
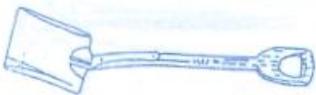
**LAMPIRAN 2. PERKAKAS KERJA YANG DIGUNAKAN PADA
PEKERJAAN LISTRIK**

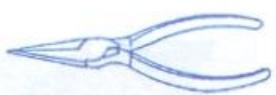
<p>✓ BELINCONG (PICK)</p>  <p>Untuk menggali tanah keras/ beton</p>	<p>✓ BOR LISTRIK (ELECTRIC DRILL)</p>  <p>Untuk membuat lobang jalan pipa atau kabel</p>
<p>✓ BOR NAGEL</p>  <p>Untuk membuat lobang jalan pipa atau kabel</p>	<p>✓ BOR TANGAN (HAND DRILL)</p>  <p>Untuk membuat lobang jalan pipa atau kabel</p>

<p>✓ CANGKUL (SHOVEL)</p>  <p>Untuk mencangkul/ menggali tanah</p>	<p>✓ GERGAJI BESI (STANG)</p>  <p>Untuk memotong besi</p>
<p>✓ GERGAJI KAYU</p>  <p>Untuk memotong kayu</p>	<p>✓ KAKATUA</p>  <p>Untuk mencabut paku</p>

<p>✓ KUNCI PAS (SPANNER)</p>  <p>Untuk pengencangan baut</p>	<p>✓ KUNCI RING (OFFSET WRECH)</p>  <p>Untuk pengencangan baut</p>
<p>✓ LINGGIS (DIGGING BAR)</p>  <p>Untuk menggali tanah keras pada saat pemasangan ground rod</p>	<p>✓ OBENG (SCREW DRIVER)</p>  <p>Untuk membuka dan mengencangkan baut kecil</p>

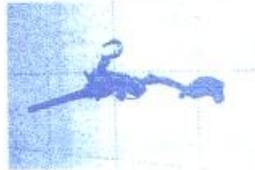
<p>✓ PAHAT BETON (CONCRETE CHISEL)</p>  <p>Untuk membuat jalan pemasangan pipa kabel</p>	<p>✓ PAHAT KAYU (WOOD CHISEL)</p>  <p>Untuk membuat jalan pemasangan pipa kabel</p>
<p>✓ PALU (HAMMER)</p>  <p>Alat pukul untuk pahat atau yang lain</p>	<p>✓ PEMBENGGOK PIPA (PIPE BENDER)</p>  <p>Alat untuk membengkokkan pipa</p>

<p>✓ PENJEPIT SEPATU KABEL</p>  <p>Untuk pemasangan cable schoon</p>	<p>✓ PISAU KUPAS KABEL (LINE'S MEN KNIVE)</p>  <p>Untuk mengupas kabel sebelum di instal/ dipasang</p>
<p>✓ SENDOK ADUK (TROWEL)</p>  <p>Untuk mengembalikan plesteran tembok bekas bobolan</p>	<p>✓ SKOP (SPADE)</p>  <p>Untuk mengaduk campuran (spesi) beton</p>

<p>✓ TANG KOMBINASI (MASTER PLIER)</p>  <p>Untuk beberapa keperluan</p>	<p>✓ TANG LANCIP (RADIO LONG NOSE PLIER)</p>  <p>Untuk membuat ring pada kabel sebelum dipasang pada baut</p>
<p>✓ TANG PENGUPAS KABEL (WIRE STRIPER)</p>  <p>Untuk mengupas kabel ukuran kecil</p>	<p>✓ TANG POTONG (DIAGONAL CUTTING PLIER)</p>  <p>Untuk memotong kabel kecil</p>

Semua peralatan untuk Badan Usaha golongan A wajib dimiliki oleh Badan Usaha golongan B ditambah dengan :

✓ STRINGING VICE FOR GUY WIRE



Untuk penarikan steel kawat penegang (guy wire)

✓ STRINGING VICE FOR CONDUCTOR



Untuk menarik/ mengencangkan kawat konduktor

✓ ROLL KABEL UNTUK CABLE TC



Untuk penarikan kabel TC

✓ HAND COMPRESSION TOOL

Untuk pemasangan line tap connector atau penyambungan kabel

✓ BANDED



Untuk pemasangan stainless steel strip, pengencangan dan pemotongan stainless steel strip

✓ CABLE JACK



Untuk mengangkat drum cable ketika penarikan conductor dilaksanakan

✓ TENTION METER



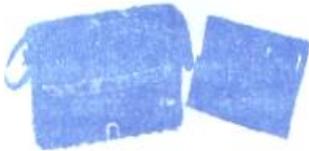
Untuk mengukur ketegangan tarikan conductor

✓ SWIPEL

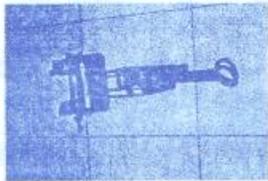
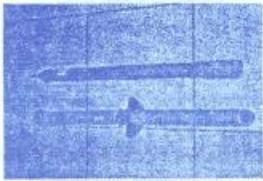
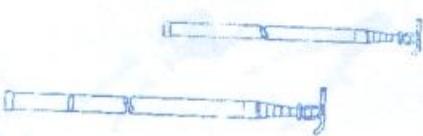
Agar tarikan tidak terjadi pemilinan, sebab swipel mampu berputar 360 derajat

<p>✓ PULLING GRIP</p>  <p>Untuk pegangan cable sewaktu penarikan</p>	<p>✓ SAFETY BELT</p>  <p>Sabuk keselamatan, untuk bekerja di tiang (mengerjakan konstruksi)</p>
<p>✓ TANGGA GESER</p>  <p>Peralatan untuk pekerjaan memanjat di atas tiang</p>	<p>✓ SHORT CIRCUIT GROUNDING</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untuk pengamanan pada akan melaksanakan pekerjaan. - Untuk jaringan yang sudah dioperasikan.

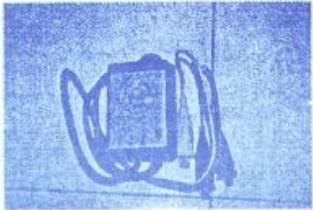
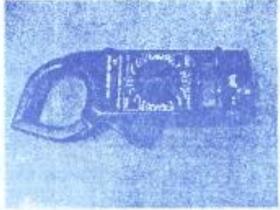
149

<p>✓ WORKING SACK</p>  <p>Tas kerja untuk tempat alat kerja atau untuk menaikkan material yang akan dipasang</p>	<p>✓ SKEP 1 TON (KEREKAN)</p>  <p>Alat bantu menaikkan/ menurunkan alat kerja</p>
<p>✓ TAMPAR NILON</p>  <p>Alat bantu menaikkan dan menurunkan peralatan kerja/ material dan untuk alat bantu penarikan kabel</p>	<p>✓ KOTAK PPPK (KOTAK OBAT)</p> <p>Untuk pertolongan pertama dalam kecelakaan</p>

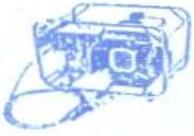
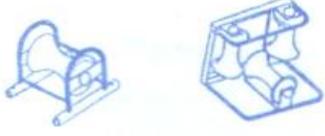
150

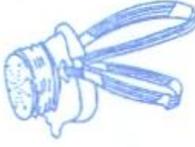
<p>✎ ROLLER UNTUK A3C</p>  <p>Perkakas untuk penarikan kabel agar kabel terlindung saat ditarik</p>	<p>✎ VOLTAGE TESTER 20 KV</p>  <p>Perkakas test untuk mengetahui ada tidaknya tegangan (20KV)</p>
<p>✎ VOLTAGE TESTER 500 V</p>  <p>Perkakas test untuk mengetahui ada tidaknya tegangan.</p>	<p>✎ STIK 20 KV</p>  <p>Perkakas untuk membuka/ memasukkan cut out</p>

151

<p>✎ CIRCLE TEST</p>  <p>Untuk mengetahui urutan phase</p>	<p>✎ AMPERE TANG</p>  <p>Untuk mengukur besaran arus listrik</p>
<p>✎ TRANSFORMER HOIST</p>  <p>Perkakas untuk menaikkan dan menurunkan trafo tabung</p>	<p>✎ TAKEL MAJEMUK 5 TON</p>  <p>Untuk menaikkan / menurunkan trafo portal</p>

152

<p>✓ KOMPOR GAS, POMPA AIR, TENDA</p>  <p>Perkakas untuk penyambungan kabel tanah</p>	<p>✓ ROLLER KABEL TANAH</p>  <p>Untuk penarikan kabel tanah</p>
<p>✓ CABLE CUTTER</p>  <p>Perkakas untuk memotong kabel</p>	<p>✓ GENSET (PORTABLE)</p>  <p>Untuk perkakas bantu apabila di proyek ada kebutuhan listrik</p>

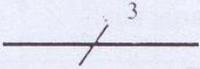
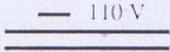
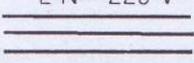
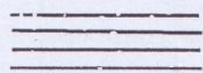
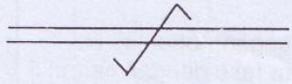
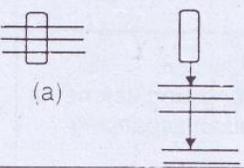
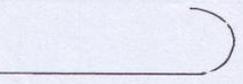
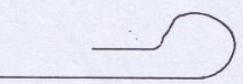
<p>✓ KACAMATA PENGAMAN (SAFETY GOOGLE)</p>  <p>Perkakas untuk keselamatan mata dari sinar ketika sedang mengerjakan las listrik</p>	<p>✓ PELINDUNG PENDENGARAN (HEARING PROTECTOR)</p>  <p>Untuk melindungi pendengaran dari kebisingan akibat suatu pekerjaan</p>
<p>✓ PELINDUNG PERNAFASAN (DUST/ MIST PROTECTOR)</p>  <p>Perlindungan terhadap kotoran udara baik debu maupun lainnya</p>	<p>✓ SABUK PENGAMAN (SAFETY BELT)</p>  <p>Untuk pengaman pada saat memanjat tiang</p>

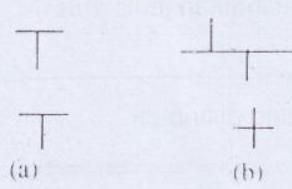
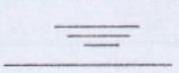
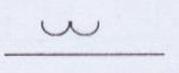
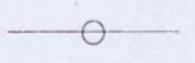
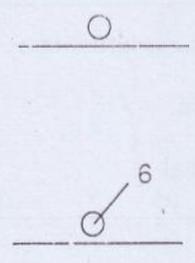
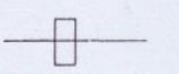
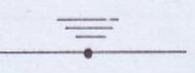
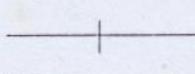
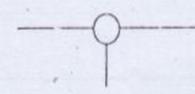
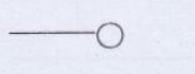
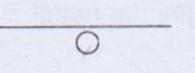
<p>⚡ SARUNG TANGAN 20 KV (20 KV GLOVE)</p>  <p>Pelindung tangan dari sentuhan tegangan bocor</p>	<p>⚡ SEPATU PENGAMAN (SAFETY SHOE)</p>  <p>Sepatu untuk pengaman dari tegangan bocor</p>
<p>⚡ TOPI PENGAMAN (SAFETY HELMET/ CAP)</p>  <p>Pengaman kepala dari bahaya benturan</p>	

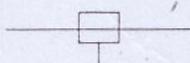
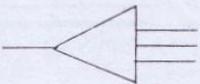
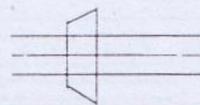
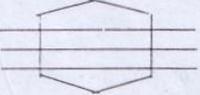
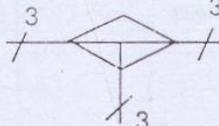
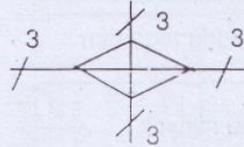
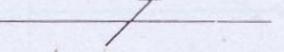
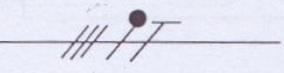
LAMPIRAN 3.1. LAMBANG GAMBAR UNTUK DIAGRAM SALURAN

ARUS KUAT

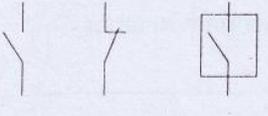
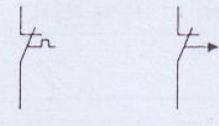
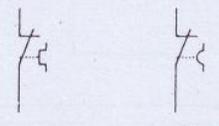
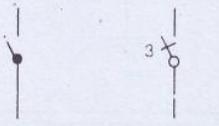
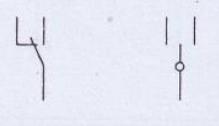
No.	Lambang	Keterangan
1	— atau — — —	Arus searah CATATAN: Tegangan dapat ditunjukkan di sebelah kanan lambang dan jenis sistem di sebelah kiri.
2	2 M — 220/110 V	CONTOH : Arus searah, tiga penghantar termasuk kawat tengah, 220V (110 V antara setiap penghantar sisi dan kawat tengah). 2 M dapat diganti dengan 2 + M.
3	~	Arus bolak balik CATATAN: a) Nilai frekuensi dapat ditambahkan di sebelah kanan lambang. b) Tegangan dapat juga ditunjukkan di sebelah kanan lambang. c) Jumlah fase dan adanya netral dapat ditunjukkan di sebelah kiri lambang.
4	~ 50 Hz	CONTOH : Arus bolak balik, 50 Hz.
5	3 N ~ 50 Hz 400/230 V	Arus bolak balik, fase tiga, dengan netral, 50 Hz, 400 V (230 V tegangan antara fase dengan netral) 3 N dapat diganti dengan 3 + N.
6	3 N ~ 50 Hz / TN - S	Arus bolak balik, fase tiga, 50 Hz, sistem mempunyai satu titik dibumikan langsung dan netral serta penghantar pengaman terpisah sepanjang jaringan.
7	—	Penghantar Kelompok penghantar Saluran Kabel Sirkuit
8	— ///	CATATAN: a) Jika sebuah garis melambungkan sekelompok penghantar, maka jumlah penghantarnya ditunjukkan dengan menambah garis-garis pendek atau dengan satu garis pendek dan sebuah bilangan. CONTOH: Tiga penghantar (No. 8 dan No. 9)

No.	Lambang	Keterangan
9		<p>b) Penjelasan tambahan dapat ditunjukkan sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) di atas garis: jenis arus, sistem distribusi, frekuensi dan tegangan. 2) di bawah garis: jumlah penghantar, sirkuit diikuti dengan tanda kali dan luas penampang setiap penghantar.
10	<p>— 110 V</p>  <p>2 x 120 mm² Al</p>	<p>CONTOH : Sirkuit arus searah, 110 V, dua penghantar aluminium berpenampang 120 mm².</p>
11	<p>2 N— 220 V</p>  <p>2 x 50 mm² + 1 x 25 mm²</p>	<p>Sirkuit arus searah, 220 V (antara penghantar sisi dan kawat tengah 110V), dua penghantar sisi berpenampang 50 mm² dan kawat tengah 25 mm².</p>
12	<p>3 N ~ 50 Hz 400 V</p>  <p>3 x 120 mm² + 1 x 50 mm²</p>	<p>Sirkuit fase-tiga, 50 Hz, 400 V, tiga penghantar berpenampang 120 mm², dengan netral berpenampang 50 mm².</p>
13		<p>Penghantar fleksibel</p>
14		<p>Penghantar pilin diperlihatkan dua penghantar.</p>
15	 <p>(a)</p>	<p>Penghantar dalam suatu kabel: a) Tiga penghantar dalam suatu kabel. b) Dua dari lima penghantar dalam suatu kabel.</p>
16	<p>(a)</p>  <p>(b)</p> 	<p>a) Ujung penghantar atau kabel tidak dihubungkan. b) Ujung penghantar atau kabel tidak dihubungkan dan diisolasi khusus.</p>

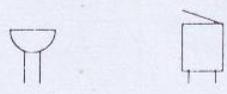
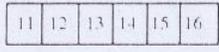
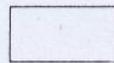
No.	Lambang	Keterangan
17	 <p>(a) (b)</p>	<p>a) Percabangan penghantar.</p> <p>b) Dua percabangan penghantar.</p>
18		Saluran bawah tanah.
19		Saluran dalam laut.
20		Saluran udara
21		<p>Saluran dalam jalur atau pipa.</p> <p>CATATAN: Jumlah pipa, luas penampang dan keterangan lainnya dapat diperlihatkan di atas saluran yang menggambarkan lintas pipa.</p> <p>CONTOH: Saluran dalam jalur dengan enam jurusan</p>
22		Saluran masuk orang (<i>manhole</i>)
23		Saluran dengan titik sambung/hubung tertanam
24		Saluran dengan penahan gas atau minyak
25		Titik sadap pada saluran sebagai penyulang konsumen.
26		Sadap sistem
27		Sadapan hubungan seri

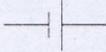
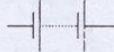
No.	Lambang	Keterangan
28		Unit daya saluran, yang diperlihatkan jenis arus bolak balik.
29		Penahan daya pada penyulang distribusi.
30		Titik injeksi penyulang daya
31	<p>a) </p> <p>b) </p>	<p>Kotak ujung kabel; mof ujung</p> <p>a) satu kabel berinti tiga</p> <p>b) tiga kabel berinti satu</p>
32	<p>a) </p> <p>b) </p>	<p>Kotak sambung lurus, mof sambung lurus; tiga penghantar.</p> <p>a) dinyatakan dengan garis ganda.</p> <p>b) dinyatakan dengan garis tunggal.</p>
33.		Kotak sambung cabang tiga
34		Kotak sambung cabang empat
35		Penghantar netral
36		Penghantar pengaman
37	<p></p> <p></p>	<p>Penghantar pengaman dan penghantar netral digabung</p> <p>CONTOH: Saluran fase tiga dengan penghantar pengaman dan penghantar netral</p>

**LAMPIRAN 3.2. LAMBANG GAMBAR UNTUK DIAGRAM INSTALASI
PUSAT DAN GARDU LISTRIK**

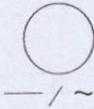
No.	Lambang	Keterangan
1	 <p>a) b) c)</p>	a) Sakelar penghubung b) Sakelar pemutus c) Sakelar berselungkup; sakelar bersekat pelindung
2	 <p>a) b)</p>	Sakelar dengan pemutusan : a) Secara termis b) Secara elektromagnetis
3	 <p>a) b)</p>	Sakelar dengan pelayanan a) Relai termal b) Relai elektromagnetik
4	 <p>a) b)</p>	a) Sakelar, lambang umum b) Sakelar kutub tiga
5		a) Sakelar pengubah aliran b) Sakelar pengubah aliran dengan kedudukan netral
6		Pemutus sirkit
7		Pemisah

8	<p>a) b)</p>	<p>a) Pengaman lebur b) Sakelar pemisah dengan pengaman lebur</p>
9		<p>Pengaman lebur dengan sirkit alarm terpisah</p>
10		<p>Kotak kontak</p>
11		<p>Tusuk kontak</p>
12		<p>Kontak tusuk</p>
13	<p>a) b)</p>	<p>a) Lampu; lambang umum lampu isyarat b) Lampu kedip; indikator</p>
14	<p>a) b) c)</p>	<p>a) Klakson b) Sirene c) Peluit yang bekerja secara listrik</p>
15		<p>Bel</p>

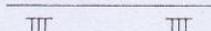
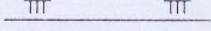
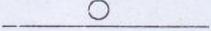
16		Pendengung
17		Jalur terminal; blok terminal
18		Perangkat Hubung Bagi dan Kendali
19		Bumi; pembumian
20		Hubungan rangka atau badan
21		Pembumian rangka
22		Penyekatan atau dielektrik
23		Sekat pelindung; selungkup CATATAN - Penjelasan macam selungkup dapat ditambahkan dengan catatan atau dengan lambang kimiawi logam

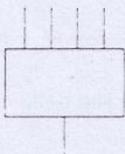
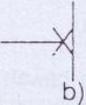
24		Garis batas; garis pemisah; sumbu
25	  a) b)	a) Generator - G b) Motor - M
26	 	Transformator
27	 	Auto transformator satu fase
28		Sel atau akumulator
29	 	Baterai sel atau baterai akumulator
30	      a) b) c)	Lambang umum dari : a) instrumen penunjuk langsung atau pesawat ukur b) instrumen pencatat c) instrumen penjumlah CONTOH : a) Voltmeter b) Wattmeter c) Wh-meter (lihat Lampiran A)

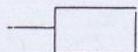
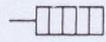
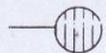
31		Pusat tenaga listrik
32		Gardu listrik
33		Pusat listrik tenaga air
34		Pusat listrik tenaga termal (batubara, minyak bumi, gas, dsb)
35		Pusat listrik tenaga nuklir
36		Pusat listrik panas bumi
37		Pusat listrik tenaga matahari
38		Pusat listrik tenaga angin

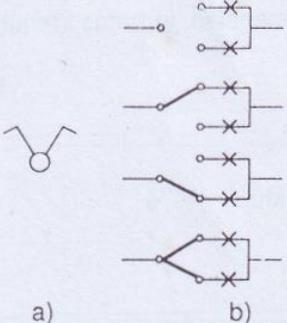
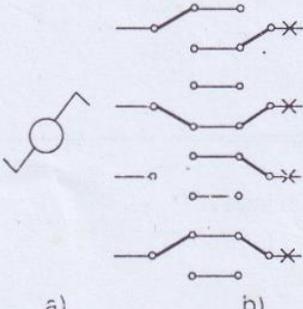
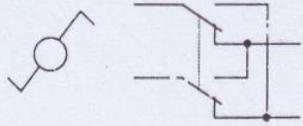
39		Pusat listrik plasma MHD (magneto-hydrodynamic)
40		Gardu listrik konversi arus searah ke a.b.b.

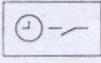
**LAMPIRAN 3.3. LAMBANG GAMBAR UNTUK DIAGRAM INSTALASI
BANGUNAN**

No.	Lambang	Keterangan
1		Pengawatan (lambang) CATATAN - Untuk maksud tertentu, "garis" dapat diganti dengan "garis putus-putus"
2		Pengawatan tampak (di permukaan)
3		Pengawatan tidak tampak (di bawah permukaan)
4		Pengawatan dalam pipa CATATAN - Jenis pipa dapat dinyatakan, jika perlu
5		a) Pengawatan menuju ke atas b) Pengawatan menuju ke bawah CATATAN : Lambang 5 dan 6 1) Pernyataan "ke atas" dan "ke bawah" hanya berlaku jika gambar dibaca dalam posisi yang benar 2) Panah pada garis miring menyatakan arah aliran daya 3) Pengawatan berpangkal pada lingkaran atau titik hitam
6		Pengawatan melalui ruangan secara tegak lurus
7		Kotak, lambang umum

8		Kotak sambung atau kotak hubung
9		Kotak cabang tiga
10		Kotak-saluran masuk utama
11		Perangkat Hubung Bagi dan Kendali dengan lima pipa
12	  a)  b) 	a) Lampu; titik sadap lampu dengan pengawatannya b) Lampu dipasang tetap pada dinding dengan pengawatannya
13		Kelompok dari tiga buah lampu 40 W
14		Perangkat lampu dengan sakelar sendiri
15	  a)  b) 	a) Lampu darurat b) Armatur penerangan darurat

16		<p>a) Lampu floresen, lambang umum b) Kelompok dari tiga buah lampu floresen 40 W</p>
17		<p>Projektor, lambang umum</p>
18		<p>Lampu sorot</p>
19		<p>Lampu sebar</p>
20		<p>Lengkapan tambahan untuk lampu luah CATATAN - Hanya digunakan jika perlengkapan tambahan tidak termasuk dalam armatur penerangan</p>
21		<p>Peranti listrik CATATAN - Jika perlu untuk lebih jelas dapat diberikan nama</p>
22	 	<p>Alat pemanas listrik Pemanas air listrik</p>
23		<p>Kipas dengan pengawatannya</p>

32	 <p>a) b)</p>	<p>a) Sakelar dengan posisi ganda untuk bermacam-macam tingkat penerangan</p> <p>b) Fungsi dari sakelar a)</p>
33	 <p>a) b)</p>	<p>a) Sakelar dua arah</p> <p>b) Fungsi dari dua buah sakelar a) yang digabung</p>
34		<p>a) Sakelar silang</p> <p>b) Fungsi dari sakeiar a)</p>
35		Sakelar dim
36		Tombol tekan
37		Tombol tekan dengan lampu indikator

38		Tombol tekan dengan pencapaian terbatas (tertutup gelas, dsb)
39		Perlengkapan pembatas waktu
40		Sakelar waktu
41		Sakelar berkunci gawai sistem jaga
42		Kotak kontak
43		Kotak kontak ganda, misalnya untuk 3 buah tusuk kontak
44		Kotak kontak dengan kontak pengaman, misalnya kontak pembumian
45		Kotak kontak bertutup

46		Kotak kontak dengan sakelar tunggal
47		Kotak kontak dengan sakelar interlok
48		Kotak kontak dengan transformator pemisah misalnya untuk alat cukur
49		Kotak kontak untuk peranti elektronik misalnya untuk telepon, teleks, dsb.

LAMPIRAN 4.1. LAMBANG HURUF UNTUK INSTRUMEN UKUR

No.	Lambang	Keterangan
1	A	ampere
2	V	volt
3	VA	voltampere
4	var	var
5	W	watt
6	Wh	watt-jam
7	VAh	voltampere - jam
8	varh	var - jam
9	Ω	ohm
10	Hz	hertz
11	h	jam
12	min	menit
13	s	detik
14	n	jumlah putaran per menit
15	$\cos \varphi$	faktor daya
16	φ	sudut fase
17	λ	panjang gelombang
18	f	frekuensi
19	t	waktu
20	t°	suhu
21	z	impedans

LAMPIRAN 4.2. AWALAN PADA SATUAN SI

No.	Lambang	Keterangan
1	T	tera = 10^{12}
2	G	giga = 10^9
3	M	mega = 10^6
4	k	kilo = 10^3
5	m	mili = 10^{-3}
6	μ	mikro = 10^{-6}
7	n	nano = 10^{-9}
8	p	piko = 10^{-12}

LAMPIRAN 4.3. CONTOH PENGGUNAAN AWALAN PADA SATUAN SI

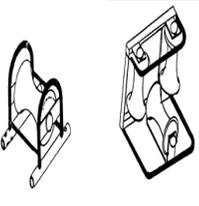
No.	Lambang	Keterangan
1	TΩ	1 teraohm = 10^{12} ohm
2	GW	1 gigawatt = 10^9 W
3	MW	1 megawatt = 10^6 W
4	kW	1 kilowatt = 10^3 W
5	mV	1 milivolt = 10^{-3} V
6	μA	1 mikroampere = 10^{-6} A
7	nF	1 nanofarad = 10^{-9} farad
8	pF	1 pikofarad = 10^{-12} farad

LAMPIRAN 4.4. PERKAKAS KERJA KONSTRUKSI JARING DISTRIBUSI



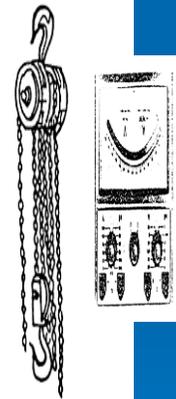
⚡ Pekerjaan stringing :

- Drum Jack, Cable Roller, Stringing Vice, Pulling Grip, Compression Tool, Chain Block, Wich Machine/ Engine, Dynamo Meter, Sikat Baja, dan lain-lain.



⚡ Pemasangan Trafo :

- Winch machine/ Engine, Compressor Tool, Megger, Multi Meter, Bor Tanah, Sikat Baja, Earth Resistance Meter, dan lain-lain.



⚡ Penggelaran Kabel Tanah :

- Chain Block, Compression Tool, Megger, Multi Meter, Drum Jack, Cable Roller, Pulling Grip, dan lain-lain.

⚡ Handling :

- Kabel dan Konduktor : Chain Block dan Manila Rope.
- Trafo : Chain Block dan Manila Rope.
- Isolator/Arrester/FCO : Karung Goni dan Kain Lap.

