

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2 R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan system tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo *step-up*. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV,UHV,EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnnya harga perlengkapan-perlengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo *step-down*. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.

2.1.1 Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum, saluran tenaga Listrik atau saluran distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

2.1.1.1 Menurut Nilai Tegangannya:

1. Saluran Distribusi Primer

Terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik Sekunder trafo substation (Gardu Induk) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan, bisa disebut jaringan distribusi.

2. Saluran Distribusi Sekunder

Terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban

2.1.1.2 Menurut bentuk tegangannya:

1. Saluran Distribusi DC (*Direct Current*) menggunakan sistem tegangan searah.
2. Saluran Distribusi AC (*Alternating Current*) menggunakan sistem tegangan bolak-balik.

2.1.1.3 Menurut jenis/tipe konduktornya:**1) Saluran udara**

Dipasang pada udara terbuka dengan bantuan penyangga (tiang) dan perlengkapannya, dan dibedakan atas:

- a) Saluran kawat udara, bila konduktornya telanjang, tanpa isolasi pembungkus
- b) Saluran kabel udara, bila konduktornya terbungkus isolasi.

2) Saluran Bawah Tanah

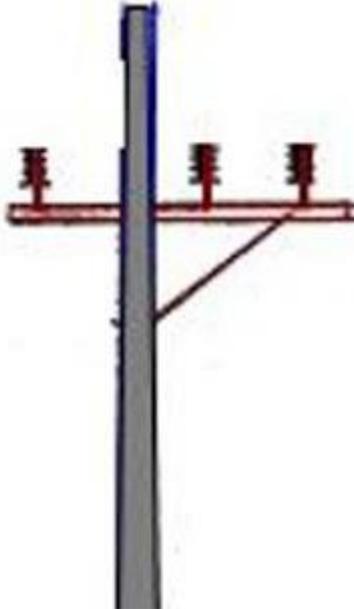
Dipasang di dalam tanah, dengan menggunakan kabel tanah (*ground cable*).

3) Saluran Bawah Laut

Dipasang di dasar laut dengan menggunakan kabel laut (*submarine cable*)

2.1.1.4 Menurut susunan (konfigurasi) salurannya:**a) Saluran Konfigurasi horizontal**

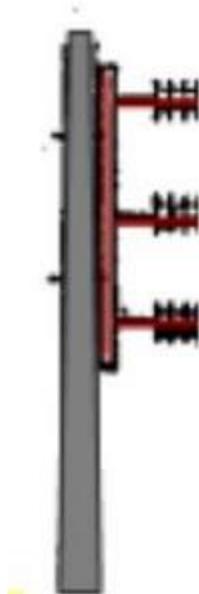
Bila saluran fasa terhadap fasa yang lain/terhadap netral, atau saluran positif terhadap negatif (pada sistem DC) membentuk garis horisontal.



Gambar 2.1 Saluran Konfigurasi horizontal

b) Saluran Konfigurasi Vertikal

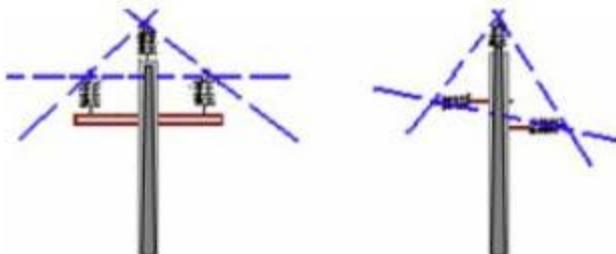
Bila saluran-saluran tersebut membentuk garis vertikal .



Gambar 2.2 Saluran Konfigurasi Vertikal

c) Saluran konfigurasi Delta

Bila kedudukan saluran satu sama lain membentuk suatu segitiga (delta).



Gambar 2.3 Saluran Konfigurasi Delta

2.1.1.5 Menurut Susunan Rangkaiannya

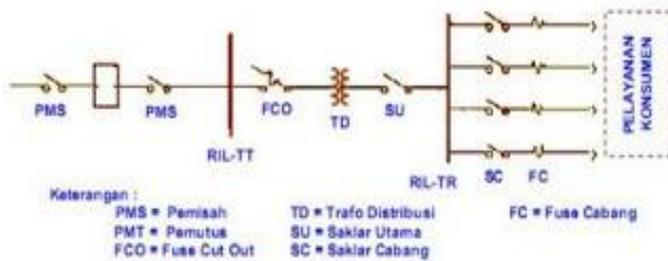
Dari uraian diatas telah disinggung bahwa sistem distribusi di bedakan menjadi dua yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.

1) Jaringan Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. System ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban.

2) Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sbb:



Gambar 2.4 Komponen Sistem Distribusi

2.1.2 Tegangan Sistem Distribusi Sekunder

Ada bermacam-macam sistem tegangan distribusi sekunder menurut standar; (1) EEI : Edison Electric Institut, (2) NEMA (*National Electrical Manufactures Association*). Pada dasarnya tidak berbeda dengan sistem distribusi DC, faktor utama yang perlu diperhatikan adalah besar tegangan yang diterima pada titik beban mendekati nilai nominal, sehingga peralatan/beban dapat dioperasikan secara optimal. Ditinjau dari cara pengawatannya, saluran distribusi AC dibedakan atas beberapa macam tipe dan cara pengawatan, ini bergantung pula pada jumlah fasanya, yaitu:

Di Indonesia dalam hal ini PT. PLN menggunakan sistem tegangan 220/380 Volt. Sedangkan pemakai listrik yang tidak menggunakan tenaga listrik dari PT. PLN, menggunakan salah satu sistem di atas sesuai dengan standar yang ada. Pemakai listrik yang dimaksud umumnya mereka bergantung kepada negara pemberi pinjaman atau dalam rangka kerja sama, dimana semua peralatan listrik mulai dari pembangkit (generator set) hingga peralatan kerja (motor-motor listrik) di suplai dari negara pemberi pinjaman kerja sama tersebut. Sebagai anggota, IEC (International Electrotechnical Commission), Indonesia telah mulai menyesuaikan sistem tegangan

menjadi 220/380 Volt saja, karena IEC sejak tahun 1967 sudah tidak mencantumkan lagi tegangan 127 Volt. (IEC *Standard Voltage* pada Publikasi nomor 38 tahun 1967 halaman 7 seri 1 tabel 1).

2.1.2.1. Sistem distribusi satu fasa dengan dua kawat

Tipe ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana, biasanya digunakan untuk melayani penyalur daya berkapasitas kecil dengan jarak pendek, yaitu daerah perumahan dan pedesaan.

2.1.2.2. Sistem distribusi satu fasa dengan tiga kawat

Pada tipe ini, prinsipnya sama dengan sistem distribusi DC dengan tiga kawat, yang dalam hal ini terdapat dua alternatif besar tegangan. Sebagai saluran “netral” disini dihubungkan pada tengah belitan (center-tap) sisi sekunder trafo, dan diketanahkan, untuk tujuan pengamanan personil. Tipe ini untuk melayani penyalur daya berkapasitas kecil dengan jarak pendek, yaitu daerah perumahan dan pedesaan.

2.1.2.3. Sistem distribusi tiga fasa empat kawat tegangan

2.1.2.4. Sistem distribusi tiga fasa empat kawat tegangan 120/240 Volt

Tipe ini untuk melayani penyalur daya berkapasitas sedang dengan jarak pendek, yaitu daerah perumahan pedesaan dan perdagangan ringan, dimana terdapat dengan beban 3 fasa.

2.1.2.5. Sistem distribusi tiga fasa empat kawat tegangan 120/208 Volt.

2.1.2.6. Sistem distribusi tiga fasa dengan tiga kawat

Tipe ini banyak dikembangkan secara ekstensif. Dalam hal ini rangkaian tiga fasa sisi sekunder trafo dapat diperoleh dalam bentuk rangkaian delta (segitiga) ataupun rangkaian wye (star/bintang). Diperoleh dua alternatif besar tegangan, yang dalam pelaksanaannya perlu diperhatikan adanya pembagian seimbang antara ketiga fasanya. Untuk rangkaian delta tegangannya bervariasi yaitu 240 Volt, dan 480 Volt. Tipe ini dipakai untuk melayani beban-beban industri atau perdagangan.

2.1.2.7. Sistem distribusi tiga fasa dengan empat kawat

Pada tipe ini, sisi sekunder (output) trafo distribusi terhubung star, dimana saluran netral diambil dari titik bintangnya. Seperti halnya pada sistem tiga fasa yang lain, di sini perlu diperhatikan keseimbangan beban antara ketiga fasanya, dan disini terdapat dua alternatif besar tegangan.

2.2 Komponen distribusi gedung

Mengidentifikasi dan menganalisis kebutuhan komponen atau bahan instalasi listrik merupakan pekerjaan yang mengacu pada hasil dalam suatu perencanaan produk yang dihasilkan adalah gambar dan analisa. Gambar adalah teknik yang diwujudkan dalam kesepakatan simbol. Gambar dapat berupa gambar sket, gambar Perspektif, gambar proyeksi, gambar denah serta

gambar situasi. Sedangkan analisa adalah seperangkat perhitungan yang berangkat dari perbandingan teknis. Jenis analisa dapat berupa analisa daya listrik, analisa lingkungan/bangunan sipil, analisa kebutuhan bahan/komponen instalasi serta uraian sebagai pelengkap yang meliputi penjelasan tentang cara pemasangan peralatan/bahan. Mengidentifikasi dan menganalisis kebutuhan komponen atau bahan instalasi listrik merupakan pekerjaan yang mengacu pada hasil dalam suatu perencanaan produk yang dihasilkan adalah gambar dan analisa. Gambar adalah teknik yang diwujudkan dalam kesepakatan simbol. Gambar dapat berupa gambar sket, gambar Perspektif, gambar proyeksi, gambar denah serta gambar situasi. Sedangkan analisa adalah seperangkat perhitungan yang berangkat dari perbandingan teknis. Jenis analisa dapat berupa analisa daya listrik, analisa lingkungan/bangunan sipil, analisa kebutuhan bahan/komponen instalasi serta uraian sebagai pelengkap yang meliputi penjelasan tentang cara pemasangan peralatan/bahan.

Berikut adalah beberapa komponen dalam suatu distribusi listrik di dalam gedung bertingkat:

2.2.1 Gardu Transformator (*trafo stepdown*)

Transformator yang biasa diistilahkan dengan transformer atau 'trafo' adalah suatu alat untuk Transformator yang biasa diistilahkan dengan transformer atau 'trafo' adalah suatu alat untuk "memindahkan" daya listrik arus bolak-balik (*alternating current*) dari suatu rangkaian ke rangkaian lainnya berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik (*EMF Induction*) yang terjadi antara 2 induktor (kumparan) atau lebih.

Bagian-bagian terpenting dan mendasar dari sebuah trafo adalah :

- a) Kumparan primer (primary winding) yg dihubungkan dengan sumber listrik,
- b) Kumparan sekunder (secondary winding) yg dihubungkan dengan beban,
- c) Inti / teras / kernel (core) yang berfungsi menyalurkan GGL induksi

1) Prinsip teknis kerja trafo

Dalam praktek, dikenal 3 sistem pendeteksian dan pengendalian, yaitu :

Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan dengan arus bolak balik (AC), maka arus I₁ akan mengalir pada kumparan primer, dan menimbulkan flux magnet yang berubah-ubah sesuai frekuensi arus I₁ pada kernel trafo, dan menimbulkan GGL induksi e_p pada kumparan primer. Besarnya GGL induksi e_p adalah :

$$e_p = - N_p \frac{d\phi}{dt} \text{ volt} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- e_p = GGL Induksi primer
- N_p = Jumlah lilitan primer
- dφ = Jumlah GGM, dalam weber
- dt = Perubahan waktu, dalam detik

Perubahan flux magnetik yang menginduksi GGL e_p adalah flux bersama (mutual flux), sehingga GGL induksi muncul pada kumparan sekunder sebagai e_s yang besarnya adalah :

$$e_s = - N_s \left(\frac{d\phi}{dt} \right) \text{ volt} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan N_s = jumlah lilitan kumparan sekunder dari (1) dan (2), perbandingan lilitan dapat didapat dari perbandingan lilitan sebagai berikut :

$$a = e_p / e_s = N_p / N_s \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan 'a' = rasio perbandingan lilitan (turn ratio) transformator.

Karena rasio perbandingan tegangan berbanding lurus dengan rasio perbandingan lilitan, maka apabila $a < 1$ maka trafo berfungsi sebagai penurun tegangan (*step down transformer*), dan apabila nilai $a > 1$ maka fungsinya adalah untuk menaikkan tegangan (*step up transformer*). Flux pada saat dinyatakan dengan $f(t) = f_m \sin \omega t$ dengan ϕ_m = nilai flux maksimum (*webwer*), sehingga GGL pada kumparan primer adalah :

$$\begin{aligned} e_p &= - N_p d\phi / dt \\ e_p &= - N_p d \phi_m \sin \omega t / dt \\ e_p &= - N_p \omega \phi_m \cos \omega t \\ e_p &= - N_p \omega \phi_m \sin (\omega t - \pi/2) \end{aligned}$$

GGL induksi primer maksimum adalah $(e_p)_{\max} = - N_p \omega \phi_m$, melalui persamaan :

$$\begin{aligned} e_p &= (E_p)_{\max} / \sqrt{2} \\ &= N_p \omega \phi_m / \sqrt{2} \\ &= 2\pi \phi N_p \omega \phi_m \sqrt{2} / 2 \\ &= 3,14 \cdot 1,41 f N_p \phi_m \\ e_p &= 4,44 f N_p \phi_m \dots\dots\dots (2.4) \end{aligned}$$

dengan cara yang sama diperoleh

$$e_s = 4,44 f N_s \phi_m \dots\dots\dots (2.5)$$

Apabila transformer dianggap ideal, tanpa rugi-rugi daya, maka daya input P_i dianggap sama dengan daya output P_o . Sehingga dari (3) didapat:

$$U_1.I_1 = U_2.I_2$$

$$a = N_p/N_s = U_1/U_2 = I_1/I_2 \dots\dots\dots (2.6)$$

Persamaan (5) dan (6) inilah yang biasa digunakan sebagai pendekatan dalam praktek pengawasan di lapangan

2) Jenis / tipe dan klasifikasi trafo

Sesuai dengan penjelasan diatas,maka sebuah transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan transmisi menengah 20kV ke tegangan distribusi 220/380V sehingga dengan demikian, peralatan utamanya adalah unit trafo itu sendiri (umumnya jenis 3 phase).

a) Kumparan tersier

Selain kedua kumparan (*primer* dan *sekunder*) ada beberapa trafo yang dilengkapi dengan kumparan ketiga atau kumparan tersier (*tertiary winding*). Kumparan tersier diperlukan untuk memperoleh tegangan tersier atau untuk kebutuhan lain. Untuk kedua keperluan tersebut, kumparan tersier selalu dihubungkan delta.

Kumparan tersier sering dipergunakan juga untuk penyambungan peralatan bantu seperti *kondensator synchrone*, *kapasitor shunt* dan *reactor shunt*, namun demikian tidak semua trafo daya mempunyai kumparan tersier.

b) Media pendingin

Khusus jenis trafo tenaga tipe basah, kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak-trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas dan bersifat pula sebagai isolasi (tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan sbb. :

1. ketahanan isolasi harus tinggi ($>10\text{kV/mm}$)
2. Berat jenis harus kecil, sehingga partikel-partikel inert di dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
3. Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik.
4. Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yg dapat membahayakan
5. Tidak merusak bahan isolasi padat (sifat kimia 'y')

c) Bushing

Merupakan penghubung antara kumparan trafo ke jaringan luar. Bushing adalah sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.

d) Tangki dan konservator (khusus pada trafo tipe basah) :

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo yang ditempatkan di dalam tangki baja. Tangki trafo-trafo distribusi umumnya dilengkapi dengan sirip-sirip pendingin (cooling fin) yang berfungsi

memperluas permukaan dinding tangki, sehingga penyaluran panas minyak pada saat konveksi menjadi semakin baik dan efektif untuk menampung pemuain minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.

e) ***Tap changer*** (**perubah tap**) :

Tap Changer adalah perubah perbandingan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder sesuai yang diinginkan dari tegangan jaringan / primer yang berubah-ubah. Tap changer dapat dioperasikan baik dalam keadaan berbeban (on-load) atau dalam keadaan tak berbeban (off load), tergantung jenisnya.

f) ***Breather*** (**alat pernapasan**)

Karena pengaruh naik turunnya beban trafo maupun suhu udara luar, maka suhu minyakpun akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut. Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak keluar dari dalam tangki, sebaliknya bila suhu minyak turun dan volumenya menyusut maka udara luar akan masuk ke dalam tangki. Proses tersebut “pernapasan trafo”. Hal tersebut menyebabkan permukaan minyak trafo akan selalu bersinggungan dengan udara luar yg menurunkan nilai tegangan tembus minyak trafo. Untuk mencegah hal tersebut maka pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi tabung khusus yg berisi kristal yg bersifat hygroskopis.

g) Peralatan pengaman (*safety devices*)

Setiap unit trafo distribusi selalu dilengkapi dengan peralatan pengaman, yg mengamankan trafo khususnya fisis, listrik maupun kimiawi.

Untuk mengawasi kondisi trafo selama beroperasi, maka setiap unit trafo umumnya dilengkapi dengan indikator-indikator berikut :

1. Indikator suhu minyak
2. Indikator permukaan minyak
3. Indikator sistem pendingin
4. Indikator kedudukan tap



Gambar.2.5 Power Trafo

2.2.2 MVDB (*Medium Voltage Distribution Board*)

MVDB atau *Medium Voltage Distribution Board* (kadang kadang digunakan istilah MVDP/*Medium Voltage Distribution Panel*) atau PTM (*Panel Tegangan Menengah*)

adalah unit switching tegangan menengah yang berfungsi mendistribusikan beban ke panel-panel yang lebih kecil kapasitasnya, yang berada di sisi down-stream-nya. Pada pelaksanaannya di lapangan banyak digunakan istilah yang berbeda-beda, kadang ada yang menyebut Distribution Board, Switchgear, MCC Panel dsb. MVMDDB umumnya terdiri dari 2 atau 3 kompartemen, yaitu kompartemen incoming dan kompartemen outgoing saja atau dilengkapi dengan kompartemen *bus block* atau metering.

1) Peralatan Utama dan Fungsi

a) MV Cubical

Konstruksi cubical MVMDDB umumnya ditentukan berdasarkan :

1. cara pengoperasian panel, antisipasi perluasan panel
2. cara perawatan
3. kekuatan rangka dan dinding panel
4. kemungkinan kesalahan hubungan singkat

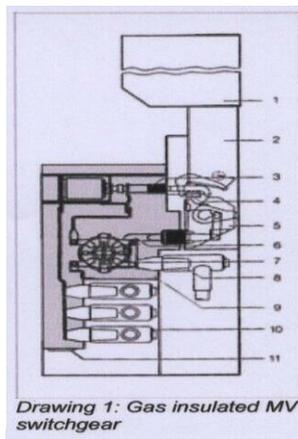
Tipe yang paling umum ditemukan dalam pelaksanaan adalah air insulated metal cladding type.

Badan cubical terbuat dari lembaran baja yang diamankan dengan pentanahan khusus. Pada panel tipe ini, faktor kelembaban, kontaminasi, masuknya gas eksplosif, uap korosif, debu dan binatang-binatang kecil masih merupakan masalah.

Susunan *bus bar* yang memanjang di keseluruhan panel membentuk panel dengan dimensi panjang dan jumlah panel yang tetap. Untuk mengatasinya maka digunakan gas SF₆ (*sulfur hexafluoride*) sebagai isolasi komponen utama di dalam setiap panel baja kedap udara,

sehingga semua komponennya terlindung dari faktor-faktor di atas. Bus bar panel diletakkan dalam selubung isolasi per-fasa, sambungan panel dengan panel atau blok panel diberikan dengan menggunakan busbar sumbat CU berisolasi semi konduktif. Fleksibilitas sambungan untuk perluasan panel bisa diletakkan di kanan atau kiri panel asal. Tipe ini dikenal dengan istilah full enclosed atau gas insulated metal cladding MV switchgear.

Perhatikan sketsa berikut :



Gambar 2.6 Gas insulated MV Switchgear

Keterangan :

1. Laci tegangan rendah
2. Mekanisme pengoperasi CB
3. Bushing tipe pipa hembus
4. Kinematik diujung kutub
5. Mekanisme dibantu per
6. Mekanisme toggle
7. Saklar 3 posisi
8. Terminal kabel utama (insulator kerucut udara)
9. Rumah RMU di las kedap udara

10. Bus-bar 630A (konduktor diisolasi + adapter/penyesuaian silikon.
11. Ventilasi jalan asap

b) MV Circuit Breaker

MV *Circuit Breaker* (pemutus daya) umumnya merupakan pemutus 3 pole (kutub) yang dipasang di unit panel CB atau panel hubung bus.

Pemutus 3 kutub ini diakomodasikan dalam rumah baja anti karat diséal kedap udara, dengan mekanisme operasi yang disusun di luar rumah RMU di belakang pelat depan panel. Operasi mekanis menggerakkan kutub-kutub pemutus dengan batang penggerak yang terbuat tanpa seal dalam ruang gas SF₆; barang tersebut berupa pipa hembus metal yang dilas.

Mekanisme kerja CB ini berdasarkan energi yang disimpan per. Sewaktu penutupan CB per penutup dibuka dengan alat lokal, tombol atau remote, sehingga energi per lepas ke kontak dan ke per pembuka. Per penutup yang kendor diisi energi lagi dengan motor atau tangan, sehingga punya simpanan energi untuk urutan operasi *OPEN-CLOSE-OPEN*, misalnya untuk operasi penutupan ulang otomatis yang gagal.

Seperti umumnya pemilihan material cicuit breaker, faktor yang diperhitungkan sebagai parameter antara lain :

1. Kapasitas daya
2. Tegangan dan frekuensi kerja
3. Arus pemutusan hubung singkat
4. Arus hubung singkat
5. Arus waktu pendek 3 detik

6. Tipe breaker dan pengaman breaker :

Berdasarkan faktor-faktor di atas, dapat digunakan MCB (Moulded CB), LBS, vacuum CB atau gas insulated CB (menggunakan media SF₆).



Gambar 2.7 Unit SF₆ LBS



Gambar 2.8 Vacum LBS indoor mounted

c) *Change Over Switch (COS)*

Sesuai dengan namanya, alat ini berfungsi sebagai ‘pemindah’ sambungan (bukan pemutus arus) yang memindahkan sambungan busbar dari titik bertegangan ke titik pentanahan (earthed point) yang harus dioperasikan pada saat dilakukan perawatan terhadap PTM. Sama seperti CB, COS juga dilengkapi dengan sistem proteksi terhadap lompatan listrik pada saat pemindahan kontak, mengingat adanya muatan sisa pada jaringan instalasi di sisi downstream-nya. Saklar ini berupa saklar putar multi ruang yang mengkombinasikan saklar pemutus daya dan saklar ke pentanahan, dimana proses dengan kontak bergerak di dalam ruang yang berisi kontak-kontak tetap.

Kemudian ada lempengan yang menempel kontak gerak (sudu-sudu) dan berputar dengan poros saklar

membagi ruang ke dalam 2 sub-ruang yang berubah dengan putaran.

Pada COS dengan tipe isolasi gas SF₆, pergerakan saklar mengakibatkan beda tekanan antara sub-ruang. Gas akan mengalir melalui celah atau nosel ke atas percikan yg terjadi karena pemisahan kontak & gas SF₆ tersebut mendinginkan & memadamkan dalam waktu singkat.

Saklar ini adalah saklar multi fungsi (mengikuti standard DIN VDE & IEC), di mana dapat mengalihkan arus hubung singkat paling tidak 10x tanpa rusak & dapat digunakan sbg. pemutus arus 100x ukuran arus normal. Posisi saklar adalah “*closed*”, “*open*” dan “*earthed*”, tidak diperlukan *interlocking* karena *closed* dan *earthed* tidak mungkin terjadi bersamaan.

d) Aparatus Pendukung

Aparatus pendukung yang merupakan kelengkapan standard MVMDDB yang harus diperiksa pada saat pemilihan material maupun pada saat instalasi dilapangan, antara lain :

1. DHV HRC Fuse

Sisi MVDP yang berhubungan dengan transformer HV HRC fuse (*sikring*) digunakan untuk melindungi transformer dari kesalahan hubung singkat. Fuse dipasang dengan insulator fasa tunggal x3 di dalam tempat ber-insulator yang diletakkan di atas rumah RMU.

Jika fuse HV HRC terbakar putus, saklar dibuka mekanisme toggle yang dipasang ditutup ruang fuse. Suatu thermostat melindungi fuse dari kejadian fuse terbuka (

tripping) karena kesalahan beban lebih thermal, misalnya fuse terpasang salah dimana terjadi tekanan berlebih membuka saklar lewat membran silikon tertutup ruang fuse dengan suatu saklar togle. Dengan demikian arus terputus sebelum fuse menderita kerusakan yang tidak dapat diperbaiki.

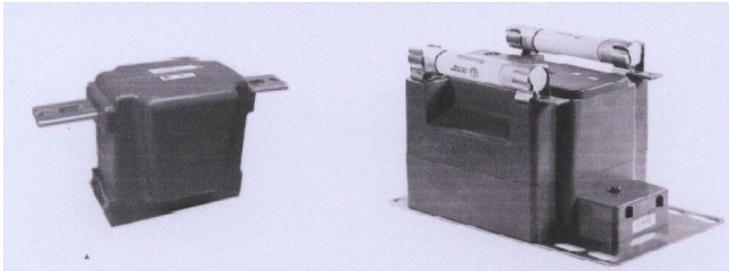
Perangkat tersebut bebas rawat & tidak terpengaruh iklim luar, sedangkan untuk mengganti skring, transformer & jalan masuk ke skring harus diisolasi & ditanahkan, lalu sikring diganti secara manual.

2. Indikator dan Metering

Metering atau perlengkapan pengukuran daya, tegangan atau arus dan indikator-indikator lainnya merupakan kelengkapan / aksesoris yang biasanya dipasang pada panel metering (terpisah dari kompartemen switchgear). Meter2 yang dikenal saat ini harus sudah memenuhi standarisasi berikut :

- a. IEC, BS, DIN dan ANSI untuk standard manufacturing
- b. ISO 9001-200; ISO 14001, untuk standard sertifikasi quality assurance
- c. KEMA, PTB dll untuk standar sertifikasi test

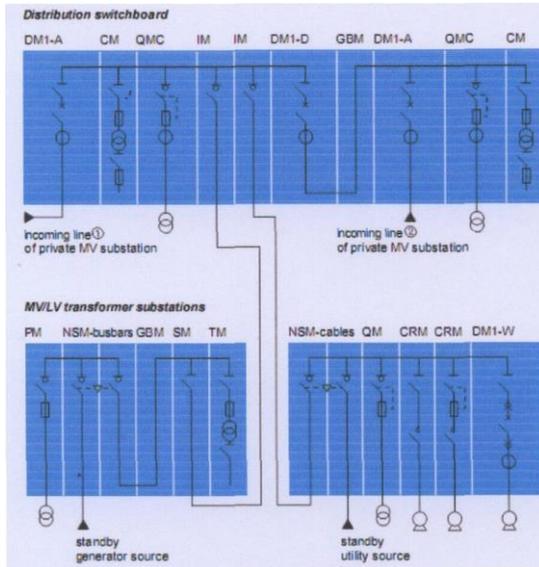
Besaran-besaran elektrik (kuat arus dan tegangan) diperoleh melalui trafo-trafo ukur tegangan dan arus (current & potential transformer), seperti contoh-contoh berikut :



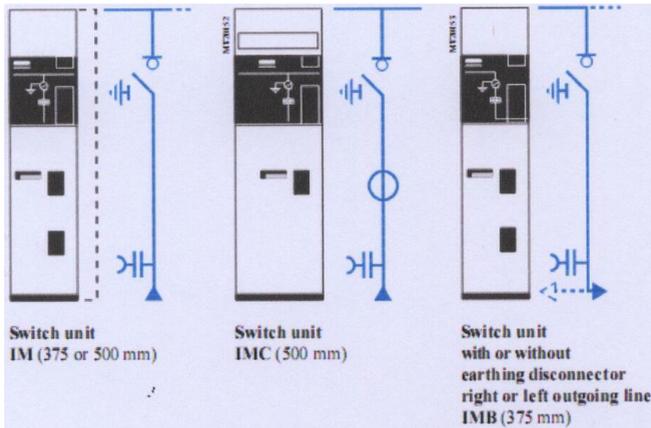
Gambar 2.9 Current transformer & Potential Transformer



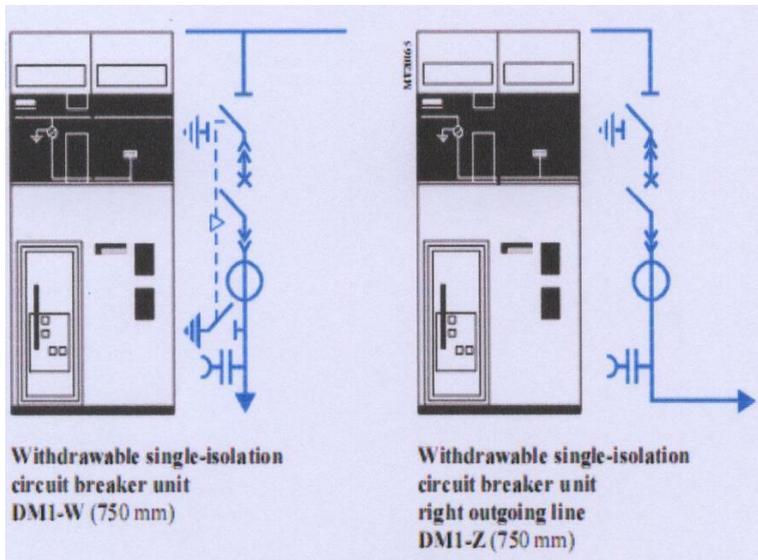
Gambar 2.10 MV digital power meter



Gambar 2.11 kombinasi antara MV *distribution switchboard* dengan trafo subntation (SM6 Series MG-Sneider)



Gambar 2.12 I/O MV Switch Board (SM6 Series ; MG Schneider)



Gambar 2.13 I/O Switchboar dengan CB protection (SM6 Series : MG-Sneider)

2.2.3 Sistem Distribusi Elektrikal

Yang dimaksud dengan sistem distribusi elektrikal adalah suatu sistem yang didesain dan dibangun untuk memasok daya listrik bagi sekelompok beban, dan hal tersebut merupakan suatu sistem yang cukup kompleks, dimulai dari instalasi sumber / source sampai instalasi beban/load). Sesuai dengan batasan, sistem distribusi elektrikal yang dibahas adalah instalasi listrik dalam gedung, dengan pasokan tegangan menengah (TM) dari sumber PLN dengan sumber cadangan dari genset

2.2.3.1 Peralatan utama sistem distribusi elektrikal terdiri dari :

1) Instalasi penyulang TM (20 kV)

Merupakan jaringan (kabel/busduct) penyalur tegangan menengah dari gardu distribusi PLN ke peralatan TM di gardu pengguna.

2) MVMDB (*Medium Voltage Main Distribution Board*)

Medium Voltage Main Distribution Board adalah panel switching tegangan menengah yang berfungsi sebagai switcher dan pengendali daya TM di sisi pengguna. Komponen utama yang perlu diperhatikan pada MVMDB antara lain :

- a) Main CB/LBSMV
- b) Fuse
- c) Peralatan proteksi/safety devices

3) Transformator Distribusi

Transformator merupakan alat pengubah tegangan (up/down) yang bekerja berdasarkan prinsip GGL induksi dan mutual *inductance*. Dalam bahan ini dibahas tentang step-down transformer, untuk menurunkan tegangan jaringan 20kV ke tegangan distribusi 220/380 V.

4) LVMDB (*Low Voltage Main Distribution Board*)

Low Voltage Main Distribution Board sebagai switcher tegangan rendah ke masing-masing sub-panel di sisi beban.

5) Instalasi Penyulang TR

Instalasi ini berfungsi menyalurkan daya listrik tegangan rendah dari LVMDB ke sub panel atau dari sub panel ke beban. Pemilihan jenis saluran (kabel/busduct) tergantung dari posisi penempatan dan kapasitas penyalurannya.

6) Sub Panel TR

Sub panel TR adalah panel-panel downstream yang langsung berfungsi sebagai switcher, dan pengaman beban. Ada sub panel yang hanya berfungsi sebagai switcher, tapi ada juga yang dilengkapi dengan aparat pengaturan dan instrumentasi.

7) Beban / Load

Beban terhadap distribusi daya listrik dalam suatu bangunan gedung umumnya dikelompokkan kedalam 2 kategori besar, yaitu :

- a) Kelompok beban elektrikal / elektronik, yang antara lain terdiri dari
- b) Kelompok beban Mekanikal

2.3 INSTALASI LISTRIK

Dalam melaksanakan pemasangan instalasi gedung bertingkat banyak menggunakan komponen seperti kabel, saklar, stop kontak, lampu, pipa dan lain sebagainya, begitu juga untuk instalasi tenaga komponen yang digunakan seperti kontaktor, panel, on delay, overload, puss button, dan lain sebagainya. Untuk

itu dalam melakukan pemasangan suatu instalasi listrik agar dapat beroperasi dengan baik maka perlu diperhatikan beberapa hal yaitu sebagai berikut:

2.3.1 Macam-Macam Instalasi

2.3.1.1 Instalasi Daya

Instalasi daya merupakan instalasi listrik yang menggunakan tenaga listrik untuk melayani mesin-mesin listrik seperti pada motor-motor listrik, pendingin ruangan, lift dan lain-lain. Adapun peralatan-peralatan yang digunakan pada instalasi daya antara lain

2.3.1.2 Instalasi Penerangan

Instalasi penerangan adalah instalasi listrik yang khusus dipergunakan untuk melayani beban penerangan. Untuk pencahayaan suatu ruangan didasarkan pada fungsi daripada ruangan tersebut. Kebutuhan peralatan instalasi penerangan antara lain sebagai berikut :

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pemasangan instalasi gedung bertingkat sebagai berikut :

1) Penghantar

Penghantar adalah bahan yang digunakan untuk menghubungkan suatu titik ketitik yang lain. Penghantar yang digunakan untuk instalasi listrik adalah berupa kawat berisolasi atau kabel. Jenis penghantar yang lazim digunakan adalah tembaga dan aluminium.

2) Kabel Tembaga

Tembaga yang digunakan untuk penghantar pada umumnya tembaga elektrostatis dengan kemurnian 99,5 %. Tahanan jenis (ρ) yang telah dijadikan standar internasional sama dengan $0,017241 \text{ Ohm mm}^2/\text{m}$ pada suhu 200 C .

3) Kabel Aluminium

Aluminium untuk beban penghantar harus pula aluminium murni, yaitu dengan kemurnian sekurang – kurangnya 99,5 %, juga dengan tahanan jenis tidak boleh melebihi $0,028264 \text{ Ohm mm}^2/\text{m}$ pada suhu 20o C . berat aluminium jauh lebih ringan dibanding berat tembaga.

4) Rel (busbar)

Rel mempunyai sifat kaku dan merupakan penghantar pejal yang dibuat dari berbagai bentuk seperti segi empat, batang, pipa persegi maupun berongga. Rel dapat dipasang sebagai penghantar tunggal (satu rel perfasa) atau berbagai penghantar ganda yakni dua rel atau lebih perfasa.

Aluminium lebih ringan dibanding tembaga, namun kekuatan tarik aluminium lebih kecil dibanding kekuatan tarik tembaga. Untuk itu penghantar aluminium yang ukurannya besar dan pemasangannya direntangkan memerlukan penguat baja atau paduan aluminium pada bagian tengahnya.

2.3.2 Pemilihan Jenis dan Ukuran Penghantar

Ukuran luas penampang penghantar dan jenis penghantar yang dipasang dalam suatu instalasi penerangan maupun instalasi daya ditentukan berdasarkan :

- a) Kemampuan Hantar Arus (KHA) dari penghantar.
- b) Jatuh tegangan yang diperbolehkan.
- c) Temperatur Sekitar dan Sifat Lingkungan.
- d) Kekuatan Mekanis Penghantar.
- e) Kemungkinan perluasan.

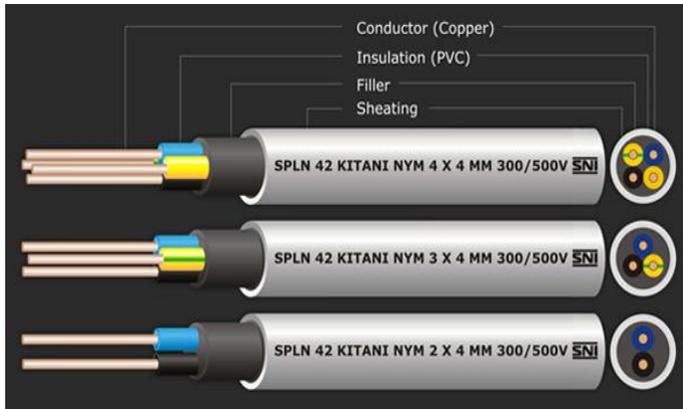
Dalam suatu instalasi baik instalasi daya maupun instalasi penerangan digunakan berbagai jenis kabel, antara lain :

2.3.2.1 Kabel NYM

Kabel NYM adalah penghantar yang terbuat dari tembaga polos berisolasi PVC, yang uratnya satu hingga lima. Kalau lebih dari satu, urat-uratnya dibelit menjadi satu dan kemudian diberi lapisan pembungkus inti dari karet atau plastik lunak supaya bentuknya menjadi bulat. Lapisan pembungkus inti harus lunak, supaya mudah dikupas pada waktu pemasangan. Sesudah itu baru diberi selubung PVC berwarna putih. Untuk pemasangan kabel NYM berlaku ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- a) NYM boleh dipasang langsung menempel pada plesteran atau kayu atau ditanam langsung pada plesteran, juga diruang lembab atau basah, ditempat kerja atau gudang dengan bahaya ledakan atau kebakaran.

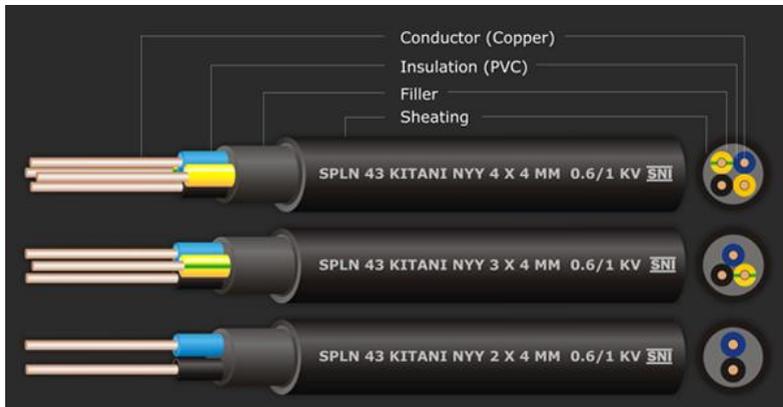
- b) NYM boleh juga dipasang langsung pada bagian-bagian lain dari ruangan konstruksi, rangka dan sebagainya, asalkan cara pemasangannya tidak merusak selubung luar kabelnya.
- c) NYM tidak boleh dipasang langsung dalam tanah.



Gambar 2.14 Kabel NYM

2.3.2.2 Kabel NYY

Pada prinsipnya susunan kabel NYY sama dengan susunan kabel NYM. Hanya saja tebal isolasi dan tebal luarnya serta jenis kompon PVC yang digunakan berbeda. Warna selubung luarnya hitam, uratnya juga dapat berjumlah satu sampai lima. Kabel NYY banyak digunakan untuk instalasi industri didalam gedung maupun dialam terbuka, disalurkan kabel dan didalam lemari hubung bagi, apabila diperkirakan tidak ada gangguan mekanis. NYY juga dapat ditanam dalam tanah, asalkan diberi pelindung secukupnya terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis.



Gambar 2.15 Kabel NYY

2.3.2.3 Kabel NYFGbY

Penghantar ini adalah jenis penghantar/kabel tanah thermoplastic berperisai yang paling banyak digunakan di Indonesia. Uratnya terdiri dari penghantar tembaga tanpa lapisan timah putih, dengan isolasi PVC. Jumlah uratnya kebanyakan tiga atau empat dan kadang-kadang dua. Urat-uratnya ini dibelit menjadi satu, kemudian diberi lapisan pembungkus inti dari karet atau plastik lunak, dan perisai kawat baja pipih berlapis seng. Perisai kawat baja ini didikat dengan spiral pita baja berlapis seng.

Untuk melindungi perisai dari korosi, kabelnya diberi selubung luar PVC berwarna hitam. Perisai dan kawat baja itu juga berfungsi sebagai pelindung elektrostatis yang baik, karena kabel ini kurang fleksibel, kawat baja pipih ini tidak dapat digunakan perisai kabel ukuran kecil



Gambar 2.16 Macam-macam kabel

2.3.3 Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Yang dimaksud dengan kemampuan hantar arus adalah kemampuan dari suatu penghantar untuk mengalirkan nilai arus secara terus menerus pada kondisi

tertentu, tanpa menimbulkan perubahan suhu yang melebihi ketentuan.

Berdasarkan PUIL 2000 nomor 7.3 mengenai pembebanan penghantar, setiap penghantar harus mempunyai kemampuan hantar arus tidak kurang sama dengan arus yang akan mengalir melaluinya, yaitu yang ditentukan dengan arus maksimum yang dihitung atau ditaksir. Dengan kata lain KHA maksimum lebih besar atau sama dengan daripada arus maksimum.

$$\begin{aligned}
 \text{KHA (maks)} &= I (\text{maks}) \\
 \text{KHA (maks)} &= \text{FK} \times \text{KHA sebenarnya} \\
 I \text{ maks} &= 1,25 \times I_n \\
 \dots\dots\dots(2,7) \\
 I_n &= S/V \\
 \text{FK} &= \text{FKt} \times \text{FKp} \\
 \dots\dots\dots(2,8)
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 I_n &= \text{Arus nominal} \\
 S &= \text{Daya aktif} \\
 V &= \text{Tegangan} \\
 I \text{ maks} &= I \text{ sebenarnya} \\
 \text{FK} &= \text{Faktor Koreksi} \\
 \text{FKt} &= \text{Faktor koreksi temperatur} \\
 \text{FKp} &= \text{Faktor koreksi penempatan}
 \end{aligned}$$

Sedang perhitungan arus nominal (I_n) dapat dirumuskan sebagai berikut :

Kuat arus listrik instalasi fasa satu :

$$I = \frac{P}{E \times \cos \phi} \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk kuat arus

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times E \times \cos \phi} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$A = \frac{1,732 \times \text{Cos} \phi}{\gamma u} \times I \times l \dots\dots\dots(2.11)$$

Diketahui :

- I : arus beban listrik dalam ampere
 P : beban yang dibutuhkan dalam watt
 E : tegangan antar fasa dalam volt
 Cos ϕ : faktor daya
 γ : daya hantar jenis penghantar, untuk Cu = $(58 \times 10^6)(\text{Ohm.m})^{-1}$
 U : rugi-rugi tegangan dalam volt
 l : panjang penghantar dalam meter
 I : kuat arus dalam penghantar dalam ampere

Untuk menentukan besarnya kawat penghantar yang akan digunakan mula-mula yang harus dihitung secara teoritis dahulu, kemudian hasil dari perhitungan tersebut diatas diselaraskan dengan ukuran baku teknis dari hantaran atau kabel yang ada dipasaran yang mempunyai kemampuan mendekati hasil dari perhitungan tetapi tidak boleh lebih kecil dari hasil perhitungan.

2.3.4 Perhitungan susut tegangan

Susut tegangan atau rugi tegangan terjadi karena adanya gesekan arus listrik dengan saluran yang dialiri arus listrik tersebut. Karena saluran utama terdiri dari hantaran dan hantara tersebut mempunyai hambatan serta induktansi maka secara matematis susut tegangan atau rugi tegangan dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot L (R_L'' \cos \phi + X_L'' \sin \phi)$$

.....(2.12)

Diketahui :

- ΔV : susut tegangan (volt)
 I : arus beban penuh pada saluran (ampere)

- L : panjang saluran / kabel (meter/m)
 R'_L : resistansi saluran (O/m)
 X'_L : reaktansi saluran (O/m)
 $\text{Cos } \phi$: faktor daya

Sesuai peraturan yang tercantum dalam PUIL 2000, total rugi tegangan antara terminal dan sembarang titik instalasi tidak boleh lebih dari 5% dari tegangan pengenal pada terminal konsumen.

Dalam rangkaian antara saluran listrik susut tegangan atau rugi tegangan tidak dapat dihindarkan, tetapi hanya dapat dibatasi, usaha pembatasan ini dimaksud untuk mendapatkan mutu listrik yang baik.

System penerangan lampu dalam ruangan tergantung dari keperluan penerangan tersebut juga ukuran ruangan yang digunakan dan tergantung juga pada factor-factor lainnya dimana perhitungan untuk kebutuhan sebuah ruangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$n = \frac{E_m \cdot p \cdot l}{\phi_1 \cdot \eta_r \cdot d} \dots\dots\dots(2.13)$$

Diketahui :

- n : jumlah titik lampu
 E_m : kuat penerangan yang dibutuhkan dalam suatu ruangan
 Φ_1 : iluminasi cahaya (lumen)
 P : panjang ruangan (m)
 l : lebar ruangan (m)
 η_r : factor penggunaan ruangan (utility)
 d : factor depresi.

Level kuat penerangan (E_m) memiliki kelas-kelas atau kategori yang berbeda tergantung pada jenis aktifitas yang dilakukan untuk menentuka harga η harus dicari

terlebih dahulu harga K yaitu room indek yang tergantung pada tinggi rendahnya suatu lampu terhadap lantai kerja dimana untuk penyiraman langsung, semi langsung dan merata dapat digunakan rumus :

$$K = \frac{p \cdot l}{h (p+l)} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

K : room indek

H : tinggi sumber cahaya diatas bidang kerja (m)

P : panjang ruangan (m)

l : lebar ruangan (m)

2.3.5 Menentukan kebutuhan daya lampu

Menentukan kebutuhan daya lampu

Untuk menghitung daya listrik dari lampu maka digunakan rumus

$$W_{total} = N \text{ lampu} \times X$$

Dimana :

W_{total} : total daya lampu

N lampu : jumlah titik (lampu)

W1 : daya setiap lampu

2.3.5.1 Rancangan Kebutuhan Daya Listrik Hotel Ciputra World Sumber daya listrik

- 1) Sumber daya listrik utama akan diambil dari jala-jala tegangan 20kv PLN dengan system 3 phasa 50 Hz.
- 2) Tegangan system distribusi tenaga listrik ke titik beban adalah 380/220 volt, 3 phasa + netral 50 Hz.
- 3) Sumber daya listrik cadangan akan diambil dari Diesel Generator Set.

2.3.5.2 Matrial Instalasi Listrik Hotel Ciputra World

1) Sakelar

Sakelar digunakan untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik. Macam dan jenis saklar ini bermacam-macam dimana masing-masing disesuaikan dengan penggunaannya artinya saklar yang biasa dipakai sehari-hari seperti yang terdapat pada perumahan, sekolah, gedung, dan sebagainya. Setiap saklar yang melayani setiap sirkit utama atau sirkit cabang mempunyai arus nominal tidak kurang dari kebutuhan maksimum dari bagian instalasi yang dilayani sirkit yang bersangkutan, disamping itu arus nominal saklar, masuk arus mempunyai syarat tidak kurang dari 10 A dan tidak kurang dari kebutuhan maksimum dari sirkit.

Adapun cara pengoperasiannya adalah dengan menghubungkan dan memutuskan rangkaian listrik tersebut ada kalanya saklar tersebut sebagai saklar beban karena memiliki pemutus sesaat. Pada saat saklar membuka untuk memutuskan rangkaian sebuah pegas akan diregangkan. Pegas ini akan menggerakkan

kontak-kontak sakelar sehingga dapat memutuskan rangkaian dalam waktu yang sangat pendek, jadi kecepatan pemutusannya tidak tergantung pada pegasnya. Pada umumnya, sakelar dibuat dari bahan-bahan semacam ebonite atau PVC keras dengan warna hitam, coklat tua, atau putih.

Dalam pemasangannya, sakelar ada yang diletakkan pada posisi didalam tembok dan ada juga diluar tembok. Menurut penggunaannya, sakelar terbagi dalam beberapa jenis yaitu: saklar deret, system tunggal, system dua kutub, system tukar, system silang, dan sebagainya, akan tetapi dalam praktek bengkel sakelar yang digunakan adalah :

a) **Sakelar Tunggal**



Gambar 2.17 Saklar Tunggal

Saklar tunggal yang fungsi utamanya sebagai saklar ON-OFF (memadamkan menyalakan). Jenis saklar ini hanya memiliki dua titik hubung yang menghubungkan

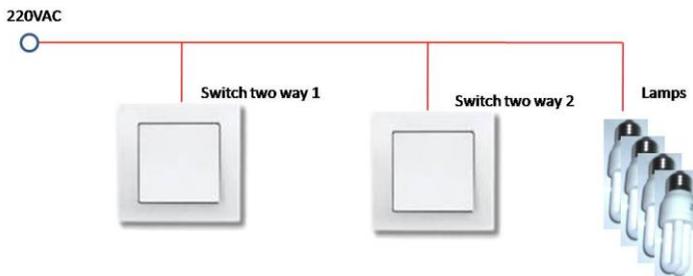
saluran fasa dengan lampu atau alat lainnya. Biasanya hantaran yang diputuskan untuk menghubungkan pada saklar adalah jalur positif. Jenis ini yang paling umum dari saklar tunggal dan yang paling banyak digunakan adalah jenis saklar tarik (saklar geser) yang biasa diterapkan diruangan kamar atau saklar bel(saklar tekan) yang biasa digunakan untuk bel listrik atau saklar baik sebagai saklar ON-OFF.

Saklar mempunyai beberapa persyaratan yaitu harus dapat dilayani secara aman tanpa menggunakan alat bantu, jumlahnya harus sedemikian rupa sehingga jumlah pekerjaan pelayanan, pemeliharaan dan perbaikan pada instalasi dapat dilakukan dengan aman. Kemampuan saklar sekurang-kurangnya sesuai dengan daya yang dihubungkannya tetapi tidak boleh kurang dari 5 A. Pada praktek bengkel ini saklar yang digunakan pada pemasangan instalasi penerangan adalah saklar tunggal, dan saklar tukar, saklar tunggal digunakan untuk rangkaian penerangan dengan daya satu arah walaupun dalam rangkaian tersebut dipasang berbagailampu penerangan yang berbeda tetapi hanya diatur dalam satu saklar.

Pengaturan satu arah merupakan suatu hubungan seri dari saklar tunggal dengan arah lampu penerangan dengan satu jaringan sumber tegangan sumber 220 V. Sedangkan saklar tunggal disebutjuga saklar dua arah karena mempunyai pengoperasian sebanyak dua arah, maksudnya saklar ini bisa menghidupkan dan mematikan dari saklar itu juga. Dalam praktek bengkel kali ini menggunakan dua buah saklar tunggal dimana saklar tersebut bisa menghidupkan dan mematikan lampu dari dua tempat, biasanya pemasangan saklar ini dipasang dijenjang atau dijalan gang dan lain-lain.

b) Sakelar Tukar

Selain disebut sakelar tukar umumnya disebut juga saklar dua arah atau saklar hotel atau system pengaturan saklar dua arah yang memastikan untuk menghidupkan dan mematikan rangkaian dari satu pemakai atau dapat dilakukan didua tempat terpisah, dalam system ini pengaturan saklar tukar lampu penerangan dihubungkan seri dengan kedua saklar tukar dimana kawat penghubungnya bisa disebut dengan kawat penghantar penghubung. Terminal "P" dari salah satu saklar dua arah dihubungkan padaterminal aktif. "P" pada dari saklar lainnya dihubungkan kelampu penerangan oleh penghantar saklar.



Gambar 2.18 sakelar tukar

Saklar tukar adalah saklar yang yang dapat digunakan untuk menghidupkan dan mematikan lampu dari tempat yang berbeda. Instalasi saklar tukar adalah penggunaan dua buah saklar untuk meyalakan dan menghidupkan satu buah lampu dengan cara bergantian. Rangkaian instalasi penerangan yang menggunakan saklar tukar banyak dijumpai di hotel-hotel atau di rumah penginapan maupun di loronglorong yang panjang. Sehingga saklar tukar ini dikenal juga sebagai saklar hotel maupun saklar lorong.

Tujuan dari penggunaan ini ialah untuk efisiensi waktu dan tenaga karena penggunaan saklar ini sangat praktis.

Prinsip kerja rangkaian di atas adalah, lampu akan menyala jika kedua saklar berada pada posisi yang sama, misal posisi saklar berada dibagian kontak atas semua atau kontak bawah semua. Dapat dilihat dari rangkaian diatas. Sedangkan lampu akan padam jika posisi saklar berbeda tempat, misal satu saklar berada di kontak atas dan satu lainnya di kontak bawah atau sebaliknya. Konsep inilah yang menyebabkan saklar bisa dihidupkan maupun dimatikan dari arah bergantian.

c) **Sakelar Tuas**

TPDT atau saklar engkol merupakan komponen saklar yang banyak digunakan pada instalasi tenaga. Biasanya digunakan untuk pengoperasian dua saluran listrik yaitu dari supplay PLN dan dari supplay Generator atau pembangkit sendiri. Saklar ini digunakan pada system 3 fase karena memiliki tiga terminal pada setiap partisinya, saklar ini memiliki dua arah yaitu pada posisi I,0,II. Supplay untuk penerangan dipasang pada posisi tengah (0) dan yang lainnya (Idan II) dari sumber tegangan.

2) Stop Kontak



Gambar 2.20 Kotak Kontak

Stop kontak merupakan salah satu komponen instalasi listrik yang berfungsi sebagai terminal penghubung antara steker dengan PLN, tipe dan jenis stop kontak bermacam-macam antara lain ada yang ditanam dalam tembok (IB) dan di luar tembok (OB). Bentuknya bermacam-macam ada yang bulat dan ada juga yang berbentuk persegi.

Terminal pada stop kontak ada tiga jalur yaitu untuk jalur positif, untuk jalur negative dan untuk jalur pentanahan. ((grounding). dengan perkembangan zaman stop kontak ada yang dilengkapi dengan lampu tanda sekering.

3) Fiting

Fiting adalah suatu alat untuk menghubungkan lampu dengan kawat-kawat jaringan listrik secara aman. Sambungan lampu dengan kawat-kawat jaringan listrik harus dilakukan secara aman dan untuk menciptakan

keamanan pada pemasangan lampu dapat menggunakan fitting.

Berdasarkan pemakaiannya bentuk fitting terdapat beberapa macam, yaitu fitting tempel, fitting gantung, fitting bayonet, kombinasi fitting dengan stop kontak dan lain-lain.



Gambar 2.21 Fitting

Ada dua jenis pemasangan bola lampu pada fitting yaitu

- a) Sistem ulir (puntikr) yang biasanya digunakan pada lampu-lampu rumah dan penerangan jalan.
- b) Sistem tekan yang biasanya digunakan untuk lampu hias, lampu mobil dan sebagainya yang umumnya berukuran kecil / berdaya kecil.

4) Lampu

Lampu merupakan komponen yang mengeluarkan dan memberikan sumber cahaya untuk

penerangan. Jenis lampu yang digunakan untuk praktek bengkel adalah lampu pijar, lampu TL dan lampu tanda.

a) **Lampu Pijar**

Lampu pijar merupakan lampu yang menghasilkan cahaya dengan cara memanaskan serabut pijar (filamen). Serabut pijar adalah kawat logam halus yang mempunyai hambatan terhadap arus yang mengalir. Didalam serabut pijar inilah tenaga listrik diubah menjadi panas dan cahaya.

Bola lampu dibuat dari kaca yang jernih, udaranya telah diambil dari bola sedemikian rupa hingga tinggal menghabiskan bola lampu hampa udara tanpa terdapat zat asam lagi. Keadaan seperti ini akan mencegah filamen terbakar habis.

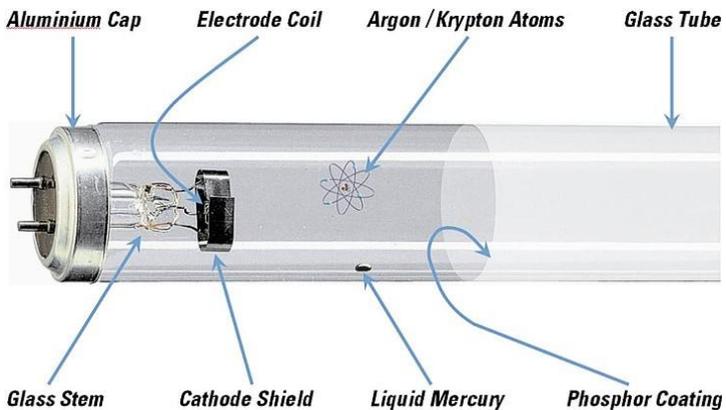


Gambar 2.21 Lampu Pijar

Jika bola lampu diisi dengan gas argon, maka gas argon itu akan mencegah filamen menguap. Filamen

yang menyala didalam tempat yang diisi gas argon suhunya menjadi lebih tinggi, sehingga akan lebih banyak menghasilkan cahaya. Untuk membaurkan cahaya yang kuat dan berpusat pada serabut pijar, banyak lampulampu yang dibuat dari kaca buram seperti kaca putih susu atau kaca berwarna. Jenis lampu ini biasanya dipilih dengan alasan untuk hiasan, misalnya untuk lampu lantai, lampu meja, lampu taman, atau lampu dinding.

b) Lampu TL



Gambar 2.22 Armaturne Lampu TL

Lampu TL memiliki cahaya yang sejuk dibandingkan lampu pijar sehingga digunakan disebut juga lampu fluorescent atau lampu neon, dari segi cahaya lampu TL sebagai penerangan untuk kebun hidroponik. Lampu TL terbuat dari kaca dengan bentuk bulat memanjang serta didalamnya terdapat filament dan gas argon atau air raksa dan elektroda. Lampu TL dilengkapi dengan Trafo ballast dan Starter. Akan tetapi pada praktikum kali ini hanya menggunakan lampu pijar saja.

5) **Pipa Instalasi**



Gambar 2.23 Pipa instalasi

Pipa instalasi mempunyai fungsi sebagai pelindung terhadap kawat hantar, dengan jalan memasukan kabel kedalam pipa agar terlindungi. Pipa yang sering digunakan berupa pipa paralon yang terbuat dari plastic PVC. Pemasangannya bisa didalam tembok dan diluar tembok. Hal ini dimaksudkan agar isolasi hantaran terlindungi dengan baik dan lebih mempunyai daya tahan (awet). Selain itu jenis pipa union sering digunakan pipa in I terbuat dari pelat besi yang cukup ringan dan mudah untuk dibengkokkan.

Pipa union lebih kuat dari pipa PVC, tetapi pipa union lebih kuat atau jarang digunakan dari pada pipa PVC, selain itu harganya murah juga ringan serta tahan terhadap udara lembab, bahkan terlepas dari kemungkinan terjadinya hubung singkat. Setiap pipa akhirnya memiliki panjang sekitar 4m, jumlah kabel yang boleh dimasukkan kedalam pipa tergantung pada diameter kabel.

Penggunaan pipa PVC memiliki keuntungan yakni daya isolasinya baik sehingga mengurangi kemungkinan gangguan tanah, tahan hamper semua bahan kimia, tidak menyalakan nyala api dan mudah penggunaannya. Kelemahan pipa ini adalah tidak dapat digunakan pada suhu kerja normal diatas 60° C. Selain itu ditempat yang diperlukan pipa PVC harus diberi perlindungan dari kerusakan mekanis, misalnya pada tempat-tempat penembusan lantai. Syarat umum pipa instalasi adalah harus cukup tahan terhadap tekanan mekanis, tahanan panas dan lembab serta tidak menjelas kan panas api, selain itu permukaan luar dan dalam pip harus licin dan rapi.

Keuntungan pipa adalah boleh dihubungkan dengan tanah yang sangat penting untuk keamanan seperti halnya dalam bengkel konstruksi. Tetapi ada juga, oleh karena sambungan tidak tepat untuk mengangap suatu pipa sekrup yang dihubungkan dengan tanah sebagai pengaman yang sempurna untuk mencegah bahaya penyinggungan.

Klem, digunakan sebagai penahan pipa agar melekat kedinding atau langitlangit dan juga sebagai penahan kontak sambungan , saklar, stop kontak , dan lain lain. yang ditetapkan antara klem dengan komponen yang lain adalah 10 cm, jarak klem dengan klem adalah 80-100 cm sedangkan untuk meninggikan pipa maka digunakan pelana yang dipasang serangkai dengan klem pipa. Ukuran klem yang digunakan disesuaikan dengan ukuran pipa yang dipakai.

Elbow, digunakan untuk pemasangan pipa pada belokan-belokan dinding, ukurannya disesuaikan dengan

ukuran pipa yang dipakai bahan elbow terbuat dari besi atau union dan ada juga yang terbuat dari plastic PVC.

6) Kotak Sambungan

Penyambungan atau percabangan hantaran listrik pada instalasi dengan pipa harus dilakukan dalam kontak sambungan, hal ini dimaksudkan untuk melindungi sambungan atau percabangan hantaran dari gangguan yang membahayakan. Pada umumnya bentuk sambungan yang digunakan pada kontak sambungan ekor babi (pig tail), kemudian setiap sambungan ditutup dengan lasdop setelah diisolasi. Selain itu pada hantaran lurus memanjang perlu dipasang kontak sambung lurus setiap panjang tertentu penarik kabel unyuk memudahkan penarikan hantaran. Pada kontak tarik ini apabila tidak terpaksa hantaran tidak boleh dipotong untuk kemudian disambungkan lagi.

7) Pengaman

Pengaman adalah suatu peralatan yang digunakan pada instalasi listrik yang berfungsi untuk melindungi manusia atau peralatan yang tersambung pada instalasi itu jika terjadi arus gangguan akibat dari keadaan yang tidak normal.

Pemilihan pengaman yang baik adalah apabila dalam suatu instalasi listrik terjadi suatu gangguan, maka hanya pengaman yang paling dekat dengan gangguan itu saja yang bereaksi. Arus nominal dari pengaman tidak boleh melebihi kemampuan hantar arus dari penghantar dari tempat yang dilindungi, kecuali bila tidak terdapat pengaman yang mempunyai arus nominal sama dengan

kemampuan hantar arus penghantar, maka dapat digunakan pengaman yang lebih besar atau setingkat. Adapun pengaman yang digunakan dalam suatu sistem kelistrikan antara lain :

- a) Pengaman Lebur (Fuse)
- b) Miniatur Circuit Breaker (MCB)
- c) Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)
- d) No Fuse Breaker (NFB)
- e) Thermal Overlay Relay (TOR)

2.3.6 Macam-Macam Peralatan Listrik

Selain komponen diatas, adapun peralatan yang digunakan untuk mengerjakan suatu instalasi listrik, antara lain :

2.3.6.1 Tang Pengupas

Berfungsi untuk mengupas kabel atau kawat penghantar yang akan digunakan untuk penyambungan.

2.3.6.2 Tang Buaya

Berfungsi untuk menjepit dan memotong kabel saja.

2.3.6.3 Tang Pemotong

Berfungsi untuk memotong kabel atau kawat penghantar dengan ukuran sesuai dengan benda kerja.

2.3.6.4 Tang Kombinasi

Berfungsi untuk menjepit, memotong dan memuntir benda yang akan dikerjakan seperti kabel atau kawat yang digunakan pada instalasi penerangan.

2.3.6.5 Tang Pembulat

Berfungsi untuk membulatkan kabel atau kawat penghantar misalkan pembuatan mata itik

2.3.6.6 Obeng minus dan Obeng Plus

Berfungsi untuk memutar atau mengencangkan dan mengendurkan skrup / baut yang digunakan untuk menempelkan benda pada papan kerja.

2.3.6.7 Ragum

Digunakan untuk menjepit benda kerja agar lebih mudah dalam melaksanakan kerja terhadap benda kerja, kalau pada instalasi digunakan untuk meluruskan kabel.