

## **BAB II DASAR TEORI**

### **2.1 Distribusi Tenaga Listrik**

Definisi dari sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang membangkitkan, mentransmisikan dan mendistribusikan energi listrik dari pusat pembangkit menuju konsumen.

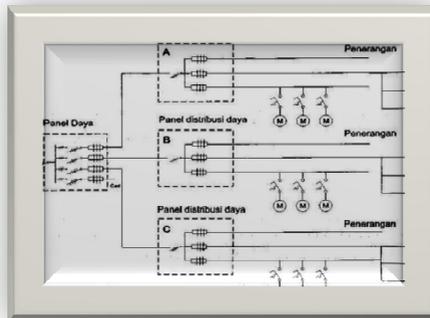
Pemanfaatan energi listrik oleh masyarakat dapat dibantu dengan sistem distribusi yang efektif. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pusat pembangkit tenaga listrik yang lokasinya pada umumnya jauh dari pusat beban, karena membutuhkan tempat yang cukup besar sehingga akan lebih menguntungkan untuk mentransmisikan pada tegangan tinggi.

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*.

Apabila saluran transmisi menyalurkan tenaga listrik bertegangan tinggi ke pusat beban dengan tegangan yang tinggi atau menengah maka saluran distribusi berfungsi membagikan energi listrik tersebut ke beban melalui saluran tegangan yang rendah.

Di Indonesia generator pembangkit biasanya menghasilkan tenaga listrik dengan tegangan antara 6 sampai dengan 20 kV yang kemudian dengan bantuan transformator step up tegangan tersebut dinaikkan menjadi 150 – 500 kV. Saluran transmisi tegangan tinggi (STTT) menyalurkan listrik menuju pusat penerima untuk mengantisipasi kerugian daya yang hilang (*power loss*) yang kemudian di beberapa tempat akan diturunkan tahap demi tahap. Pada gardu Induk ( GI ), tenaga listrik yang diterima kemudian dilepaskan menuju transformator distribusi ( TD ) dalam bentuk tegangan menengah 20 kV.

Melalui transformator distribusi yang merupakan transformator penurun tegangan *step down* diberbagai pusat beban, tegangan tersebut diturunkan menjadi tegangan rendah 220/380 V yang akhirnya diterima konsumen.



**Gambar 2.1 Diagram satu garis sistem penyaluran Tenaga Listrik.**

## 2.2 Komponen Distribusi Pada Gedung Bertingkat

### 2.2.1 Transformator Tenaga

Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan). Dalam operasi umumnya, trafo-trafo tenaga ditanahkan pada titik netralnya sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan/proteksi, sebagai contoh transformator 150/70 kV ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV, dan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan di sisi netral 20 kV nya. Transformator yang telah diproduksi terlebih dahulu melalui pengujian sesuai standar yang telah ditetapkan.

1. Untuk kebijakan pemilihan dan karakteristik, jika transformator 3 fasa dibandingkan dengan 3 buah transformator 1 fasa yang kapasitasnya sama, maka berat transformator 3 fasa kira kira 80 % dari berat transformator 1 fasa. Transformator 3 fasa juga lebih menguntungkan dalam hal pondasi, pengawatan wiring dan ruang yang diperlukan. Jika transformator cadangan diperlukan maka dalam hal ini transformator 1 fasa cukup di tambahkan satu ekonomis.

2. Oto transformator

Transformator yang lilitan primer dan sekundernya mempunyai bagian yang bersamaan maka disebut oto transformator. Ini dipakai bila kedua sisi primer dan sekundernya dihubungkan ke sistem yang ditanahkan langsung, jika pengetahuan sistemnya tidak

efektif, titik netralnya akan tergeser (terhadap tanah) pada saat ada gangguan 1 fasa ketanah, sehingga terminal transformator timbul tegangan abnormal yang tinggi. Hal ini akan membahayakan sistem tegangan rendahnya jika gangguan 1 fasa ketanah terjadi pada sistem tegangan tinggi (Arismunandar, 1991).

### 2.2.2 Panel Distribusi Utama

MDP adalah panel distribusi utama yang mempunyai fungsi utama menerima suplai listrik baik dari PLN maupun dari sumber listrik lainnya seperti genset kemudian membagi-bagikannya ke seluruh beban. MDP dicatu dari 2 sumber listrik dengan *genset* sebagai cadangan sehingga bila suplai listrik dari PLN mati, suplai listrik untuk beban essential tetap terpenuhi. MDP berisi komponen-komponen listrik dan non listrik, komponen-komponen yang terpenting adalah pertama busbar sebagai konduktor yang menghantar listrik dan harus tahan terhadap arus hubung singkat. Kedua *switchgear*, yaitu CB sebagai pengaman arus lebih dan arus hubung singkat, kontaktor, LBS (*load break switch*) dan fuse. Setiap saluran harus mempunyai pengaman arus lebih dan hubung singkat. Ketiga terminal kabel yaitu sepatu kabel, terminal block yang digunakan untuk sambungan kabel. Yang keempat adalah peralatan ukur dengan tujuan utama untuk keamanan peralatan, pengawasan dan mengetahui kapasitas produksi. Yang kelima adalah pertanahan yaitu saluran pengaman yang akan mengalirkan arus lebih ke dalam tanah bila terjadi hubung singkat.

1. Besar pengaman terhadap arus lebih yang rencana akan digunakan pada sisi *Outgoing* panel distribusi dapat ditentukan dengan mencari arus nominalnya dahulu :

$$I_{RAT} = (I_{NTertinggi} \times 250\%) I_{N2} + I_{N3} \dots \dots \dots (2.1)$$

2. Busbar ini menghitung seluruh suplai daya dari penghantar ruang A sampai sampai ruang H atau jumlah seluruh ruang yang ada di lantai 5 dengan rencana menghitung kemampuan hantar arus terlebih dahulu yaiyu :

$$I_{B-akhir} = I_{NTertinggi} \times 125\% + I_{KHA2} + I_{KHA3} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dan untuk penganman nya diketahui seperti rumus dibawah ini

$$I_{B-akhir} = I_{NTertinggi} \times 250\% + I_{KHA2} + I_{KHA3} \dots \dots \dots (2.3)$$

### 2.2.3 Panel Distribusi Lantai

Panel distribusi lantai adalah panel yang menjadi pusat kelistrikan dari keseluruhan beban di lantai gedung, menjadi tempat

untuk perawatan gedung (*maintenance*) dan sebagai pengisolasi jika ada pemasalahan pada lantai yang berproteksi. Untuk aplikasi pada gedung bertingkat pada umumnya energi listrik akan dibagi lagi ke panel panel ruangan kantor (*office*) panel koridor ruangan, panel ruangan kelas maupun panel toilet. Letak panel distribusi umumnya berada pada jalan keluar masuk antara lantai, seperti dekat dengan lift atau tenaga darurat sehingga mudah dijangkau dan mudah dalam pemeliharannya.

#### 2.2.4 Kabel / Penghantar

Bagian utama dari kabel adalah inti atau konduktor, bahan isolasi, bahan pengisi, bahan pengikat, bahan pelindung mekanik dan selubung pelindung luar, semua bahan tersebut harus membentuk suatu kontruksi yang membuat kabel fleksibel dan meskipun fleksibel tetap memiliki kekuatan mekanis yang memadai.

Penghantar yang digunakan adalah berupa kabel yang memiliki bermacam-macam jenisnya.<sup>5</sup> Penghantar untuk instalasi listrik telah diatur dalam PUIL 2000. Menurut PUIL 2000 pasal 7.1.1 Persyaratan umum penghantar, bahwa “semua penghantar yang digunakan harus dibuat dari bahan yang memenuhi syarat, sesuai dengan tujuan penggunaannya, serta telah diperiksa dan diuji menurut standar penghantar yang dikeluarkan atau diakui oleh instansi yang berwenang.”

#### 2.2.5 Pemilihan Luas Penampang Penghantar

Pemilihan luas penampang penghantar harus mempertimbangkan hal-hal berikut ini:

##### 1. Kemampuan Hantar Arus (KHA)

###### a. Menentukan tarikan kabel

Besar luas penampang kabel tembaga yang digunakan untuk instalasi tarikan dapat dilakukan dengan mencari kemampuan arus hantar kabel seperti dibawah ini

Keterangan :

$IKHA$  = Nilai nominal kemampuan hantar arus penghantar (ampere)

$P$  fasa = Daya beban yang melewati kabel disalah satu fasa yang dihitung (watt)

$V_{FN}$  =Tegangan salah satu fasa yang dihitung ke netral

$$KHA = 125\% \times \frac{P \text{ fasa}}{V_{FN}} \dots\dots\dots(2.4)$$

### b. Perhitungan Pengaman Arus lebih (I)

Besar rencana yang digunakan untuk pengaman arus lebih intalasi dengan beban jenis penerangan ini, dapat ditentukan dengan mencari arus nominalnya terlebih dahulu yaitu :

Keterangan :

$I_{RAT}$  = Nilai rating pengaman arus lebih beban intalasi (ampere)

P fasa = Daya beban yang melewati kabel disalah satu fasa yang dihitung (watt)

$V_{FN}$  =Tegangan salah satu fasa yang dihitung ke netral (volt)

$$I_{RAT} = \frac{P \text{ fasa}}{V_{FN}} \times 250 \dots \dots \dots (2.5)$$

### c. Perhitungan Besar Penampang Busbar Panel

Keterangan :

$I_{b\_akhir}$  = Nilai kemampuan hantar arus busbar pada sirkit akhir (ampere)

$I_{NTertinggi}$  = Nilai nominal kemampuan hantar arus (KHA) yang tertinggi diantara cabang distribusi (ampere)

$I_{N2} + I_{N3}$  = Nilai rating pengaman yang lain yang lebih kecil daripada  $I_{NTertinggi}$ (ampere)

$$I_{B\_akhir} = I_{NTertinggi} \times 125\% + I_{N2} + I_{N3} \dots \dots \dots (2.6)$$

### d. Perhitungan Besar Pengaman Sirkit Akhir

Besar pengaman terhadap arus lebih yang rencana akan digunakan dalam sirkit akhir didalam panel, dapat ditentukan dengan mencari arus nominalnya terlebih dahulu :

Keterangan :v

$I_{PA}$  = Nilai maksimum pada pengaman sirkit akhir (ampere)

$I_{NTertinggi}$  = Nilai nominal kemampuan hantar arus (KHA) yang tertinggi diantara cabang distribusi (ampere)

$I_{N2} + I_{N3}$  = Nilai rating pengaman yang lain yang lebih kecil daripada  $I_{NTertinggi}$ (ampere)

$$I_{PA} = ( I_{NTertinggi} \times 250\% ) I_{N2} + I_{N3} \dots \dots \dots (2.7)$$

### e. Perhitungn Besar Luas Penghantar Sirkit Akhir

Besar luas penampang kabel tembaga yang digunakan sebagai penghantar sirkit akhir dapat ditentukan dengan mencari kemampuan hantar arus kabel terlebih dahulu yaitu:

$$I_N = ( I_{PH \text{ Tertinggi}} \times 125\% ) I_{N2} + I_{N3} \dots \dots \dots (2.8)$$

## 2. Drop Voltage

Menurut PUIL 2000 tentang persyaratan umum penghantar menerangkan bahwa semua penghantar yang digunakan dibuat sesuai syarat dan penggunaannya, serta sudah diperiksa dan telah diuji menurut standart penghantar yang dikeluarkan atau diakui oleh intansi yang berwenang.

Dilihat dari jenisnya penghantar dibedakan menjadi kabel intalasi, kabel tanah dan kabel fleksibel. Kabel intalasi digunakan untuk intalasi penerangan, jenis kabel yang banyak digunakan untuk intalasi yang pemasangannya tetap yaitu NYA dan NYM. Untuk kabel tanah biasanya digunakan di area taman, kabel tanah biasanya berupa kabel termiplastik sedangkan untu kabel fleksibel adalah kabel yang biasa dipakai di bagian *lift*. Untuk kode kabel dapat di lihat seperti dibawah ini.

**2.1 Tabel kode kabel**

No	Huruf/ kode	Komponen
1	N	Kabel jenis standar dengan tembaga sebagai penghantar
2.	NA	Kabel jenis standar dengan alumunium sebagai penghantar
3	Y	Isolasi
4	Re	Penghantar pada bulat
5	M	Selubung
6	A	Kawat berisolasi
7	Rm	Penghantar bulat dengan berkawat banyak
8	Se	Penghantar kawat bentuk sektor
9	Sm	Penghantar diplin bentuk sektor
10	-1	Kabel warna urat dengan hijau kuning
11	-0	Kabel warna urat tanpa hijau kuning.

Pada gambar ditunjukkan penampang kontruksi suatu kabel 3 fasa. Bagian utama dari kabel adalah inti atau konduktor, bahan isolasi, bahan pengisi, bahan pengikat, bahan pelindung beban mekanik dan selubung pelindung luar, semua bahan tersebut harus membentuk suatu

kontruksi yang membuat kabel fleksibel dan meskipun fleksibel tetap memiliki kekuatan mekanis yang memadai.

Jenis bahan isolasi kabel yang lain adalah kertas yang diresapi dengan minyak bertekanan. Kabel digunakan untuk transmisi tegangan tinggi. Minyak bertekanan akan mencegah terbentuknya rongga rongga gas dalam kabel, karena aliran minyak kabel akan segera mengisi rongga tersebut dengan minyak.

Jenis Kabel Instalasi

Kabel instalasi yang dipakai dalam instalasi adalah jenis kawat tembaga, bukan kabel serabut.

Kabel kawat tembaga ini yaitu tipe kabel NYA, NYM dan NYY.

1. Kabel NYA



**Gambar 2.2** kabel NYA (Sumber: [Sbaskoro.Wordpress.Com](https://www.sbaskoro.wordpress.com), PUIL 2000)

Kabel ini berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, untuk instalasi luar/ kabel udara. Warna isolasi merah, kuning, biru dan hitam. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air dan mudah digigit tikus. Kabel NYA Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup.

## 2. Kabel NYM



**Gambar 2.3 Kabel NYM(Sumber: Sbaskoro.Wordpress.Com, PUIL 2000)**

Memiliki lapisan isolasi PVC, dengan lapisan 2 lapis. Warna putih atau abu-abu, ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam.

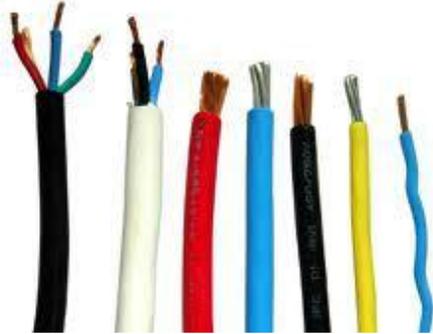
## 3. Kabel NYY



**Gambar 2.4 Kabel NYY (Sumber: Sbaskoro.Wordpress.Com, PUIL 2000)**

Memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna hitam ), ada yang berinti 2, 3.

4. Kabel NYY dieprgunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah). Solasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.



**Gambar 2.5**Kabel Instalasi Listrik (Sumber: Sbakoro.Wordpress.Com, PUIL 2000)

#### **Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000**

Merah = fase R

Kuning = fase S

Hitam = fase

Biru = netral

Kuning strip hijau = ground

Jadi jika hanya ada kuning, hitam dan biru tidak ada aturan yang khusus. Namun dalam prakteknya biasa hitam (*fase*), biru (*netral*), kuning (*ground*). Untuk instalasi rumah tinggal, mungkin warna bungkus kabel tidak menjadi masalah. Yang penting si pemasang mengerti mana fase, netral dan ground. Namun dalam dunia industri, standarisasi warna sangat diperlukan untuk memudahkan maintenance.

##### a. Diameter Kabel

Ukuran diameter kabelpun harus sesuai dengan SNI dan PUIL.

Besarnya kapasitas hantaran kabel dinamakan Kuat Hantar Arus disingkat KHA. Satuan KHA= Ampere.

Ampere x Volt = Watt

Arus listrik yang melebihi KHA dari kabel akan panas dan terbakar, sangat beresiko menjadi penyebab kebakaran rumah .

Diameter 4mm untuk jalur kabel dari meteran ke MCB.

Diameter 2,5mm untuk jalur utama instalasi listrik.

Diameter 1,5mm untuk percabangan ke saklar dan lampu.

Ganti kabel yang sudah rusak dan lapuk.

### **2.2.6 Sumber Daya Listrik Darurat**

Standar ini meliputi persyaratan kinerja untuk sistem daya yang menyediakan sumber pengganti daya listrik untuk beban dalam bangunan dan fasilitasnya dalam peristiwa kegagalan sumber daya utama. Sistem daya yang tercakup dalam standar ini termasuk sumber daya, peralatan pemindah, kontrol, peralatan pengawas, dan keseluruhan peralatan tambahan dan asesoris yang diperlukan memasok daya listrik menuju terminal beban dari peralatan pemindah tersebut. Standar ini mencakup ketentuan instalasi, pemeliharaan, pengoperasian, dan pengujian menyangkut kinerja sistem pasokan daya darurat (SPDD). Standar ini tidak mencakup hal-hal berikut :

- a. Penerapan SPDD
- b. Peralatan unit percahayaan darurat
- c. Perkabelan distribusi
- d. Layanan utilitas, bilamana layanan tersebut diijinkan sebagai suatu SPDD
- e. Parameter untuk alat penyimpan energi Standar ini tidak menetapkan kriteria untuk sistem penyimpanan energi, dan pemilihan dari setiap hal.

berikut di bawah ini tidak termasuk dalam lingkup standar, yaitu :

1. Bangunan atau fasilitas khusus, atau keduanya, yang membutuhkan SPDD
2. Beban tertentu untuk dilayani oleh SPDD
3. Penetapan jenis, kelas, atau level setiap beban yang tertentu

### **2.2.7 Analisa Sistem Tenaga Listrik di Gedung**

Gedung At Tauhid Universitas Muhammadiyah Surabaya adalah gedung yang akan dibangun beberapa bulan lagi, untuk operasionalnya memerlukan tenaga listrik yang benar benar kontinyu baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya.

Untuk mengetahui apakah sistem jaringan distribusi yang digunakan di gedung At Tauhid tersebut sesuai dengan tuntutan dan kebutuhan kampus yang berada di kawasan Surabaya, maka perlu di analisa satu persatu faktor yang diterapkan di gedung tersebut.

Beban listrik di gedung At Tauhid akan terus mengalami perubahan, maka dari itu sangat perlu dibutuhkan adanya suatu sumber tenaga listrik yang dapat memberikan supply tenaga listrik dengan mudah, murah kontinyu serta cukup memadai kapasitasnya. Mengingat beban yang berupa peralatan yang menyangkut belajar mengajar mahasiswa, misalnya seperti komputer, laboratorium merupakan beban yang harus dipunyai.

### **2.2.8 Sistem Jaringan Distribusi pada Gedung**

Seperti telah dikemukakan bahwa gedung AT Tauhid menggunakan jaringan distribusi type loop (ring) untuk jaringan distribusi primer, sedangkan jaringan distribusi sekundernya menggunakan sistem radial. pada saluran masuk digunakan circuit breaker yang dilengkapi dengan disconnecting switch (DS), dan pada saluran keluar ke beban menggunakan load break switch (LSB) yang dilengkapi dengan sekring (fuse).

Pada jaringan distribusi type loop (ring) tiap gardu distribusi akan disupply oleh dua feeder, ini dimaksudkan apabila ada salah satu feeder mengalami gangguan dan pemutusan beban, maka feeder yang lain akan menggantikannya untuk menyalurkan energi listrik ke beban. Perlu diperhatikan disini bahwa apabila ada satu saluran feeder yang lepas, maka feeder yang lain penggantinya dan diharapkan tidak mengalami over load (kelebihan beban).

### **2.2.9 Sistem Tegangan pada Gedung**

#### **1. Jaringan Distribusi Primer**

Jaringan distribusi primer di gedung AT Tauhid Universitas Muhammadiyah Surabaya adalah semua bagian dari power house (gardu induk lokal) sampai ke gardu gardu distribusi yang tersebar diseluruh area Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Pada jaringan distribusi primer digunakan sistem tegangan , 20 KV, hal ini sesuai tegangan yang ditentukan oleh PLN untuk tegangan menengah yang jika disesuaikan rekomendasi IEC yaitu 6 KV, 10 KV dan 20 KV.

## 2. Jaringan Distribusi Sekunder

Untuk jaringan distribusi sekunder digunakan tegangan rendah 220/380 Volt. Hal ini sesuai dengan standart tegangan peralatan medis maupun non medis yang sistem tegangannya 220/380 Volt.

### 2.2.10 Sistem Penyaluran Tenaga listrik di Gedung

Pada gedung AT Tauhid ini sistem penyalurannya menggunakan sistem penyaluran bawah tanah (under ground line) untuk distribusi primernya, dan untuk distribusi sekundernya menggunakan sistem saluran udara (over head).

Pada under ground line dilakukan dengan cara menaruh langsung dalam tanah (direct laying) sedalam 0.75 m. Digunakan sistem bawah tanah ini karena sistem ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan saluran udara (over head line).

Kelebihan sistem ini diantaranya :

1. Biaya pemeliharaan lebih murah
2. Tidak mengganggu keindahan pemandangan
3. Kabel tidak begitu mudah terganggu oleh pengaruh pengaruh cuaca seperti hujan, angin dan petir.

Kelebihan diatas juga terdapat kekurangan (kerugian) diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Biaya awal pembangunan sangat mahal
2. Letak gangguan dan cara perbaikannya sulit ditentukan dan perbaikannya cukup sulit.

Dan sifat sifat tersebut diatas saluran bawah tanah ini lebih aman dan jarang terjadi gangguan bila dibandingkan dengan saluran udara.

### 2.2.11 Pemilihan Sumber Tenaga Listrik Yang Digunakan

Dalam kaitannya dengan sistem tenaga listrik yang akan digunakan, maka untuk menentukan sumber tenaga listrik yang akan dipilih adalah yang sangat penting. Berbagai pertimbangan perlu dikaji untuk menentukan jenis mana yang hendak digunakan. Berbagai sumber tenaga listrik yang bisa digunakan antara lain tenaga listrik dari PLN, dan pembangkit sendiri, dimana untuk pembangkitan sendiri terdapat berbagai alternatif.

Ada tiga kemungkinan yang dapat dipakai sebagai sumber tenaga listrik untuk mendukung suatu sitem dalam gedung ,seperti hotel,perusahaan, perguruan tinggi ataupun intansi.

1. Dipakainya sumber tenaga listrik dari PLN sebagai sumber utama dan sumber pembangkitan sendiri sebagai sumber tenaga cadangan.

2. Dipakainya sumber pembangkitan sendiri sebagai sumber utama dan sumber tenaga dari PLN sebagai sistem cadangan
3. Dipakainya sumber tenaga listrik untuk supply tenaga listrik utama tanpa adanya sumber cadangan.

Pada gedung AT Taudid menggunakan sumber tenaga listrik dari PLN sebagai alternatif utama sebagai pilihannya

Adapun pertimbangan pertimbangan pengambilan supply tenaga listrik utama dari PLN adalah berdasarkan alasan alasan sebagai berikut

1. Dengan membeli supply dari PLN, maka akan menghemat tempat bila dibandingkan dengan membangun pembangkit sendiri
2. Tidak menimbulkan polusi lingkungan, karena tidak mengeluarkan asap, tidak menimbulkan suara dan juga tidak meninggalkan sampah.
3. Lokasi gedung At Tauhid berada di pinggir kota, walaupun jarak agak jauh akan tetapi jaringan primer dari PLN bisa dijangkau dengan baik.

Selanjutnya dibawah ini akan dikemukakan keuntungan keuntungan yang sangat menentukan serta mengapa kerugiannya dipilih dari PLN.

Keuntungan :

1. Umur ekonominya panjang
2. Biaya relatif murah
3. Biaya konstruksinya lebih murah daripada membangun pembangkit sendiri
4. Tidak memerlukan operator dan penanganan khusus

Kerugian

1. Dalam pemakaian tenaga listrik dari PLN, maka kontinuitas dan stabilitas sangat tergantung pada keadaan operasional dari PLN, tidak seperti kalau menggunakan pembangkit tenaga listrik sendiri
2. Ditinjau dari segi keuangan apabila membeli tenaga listrik dari PLN, walaupun tenaga listrik tersebut tidak digunakan untuk keperluan operasi misalnya suatu sebab sehingga dihentikan untuk beberapa lama, maka pihak universitas harus mengeluarkan biaya guna pembayaran beban dari PLN ini sangat tepat sekali karena dilihat dari segi biaya sangat menguntungkan.

### **2.2.12 Jenis Pembangkit Untuk Sumber Tenaga Listrik Cadangan**

Pemilihan sumber tenaga listrik untuk tenaga cadangan atau pembangkit sendiri didasarkan pada beberapa faktor yaitu :

1. Menentukan generator set

Dalam Menentukan Luas atau jumlah beban yang akan ditanggung

2. Menentukan tegangan yang disupply

Untuk suplai gedung dengan beban yang besar perlu untuk menjaga dari kerugian hantaran, tegangan yang dipakai sebaiknya tegangan menengah dan akan masuk melalui in coming panel tegangan menengah

3. Menentukan transformator step upnya

4. Sifat beban

5. Ekonomis

Untuk pusat pembangkit tenaga listrik yang mungkin biasa digunakan adalah :

1. Pembangkit tenaga diesel

Pembangkit tenaga diesel ini menggunakan bahan bakar minyak atau bahan bakar gas sebagai sumber energi primer. Untuk prinsipnya adalah motor (engine) sebagai mover dan generator sebagai pembangkit tenaga listrik. Mesin diesel dan generator umumnya dirangkai dalam satu unit dan dinamakan generating set (genset). PLTD mempunyai ukuran mulai dari 40 kW sampai puluhan MW. Untuk menyalakan listrik di gedung atau didaerah baru umumnya menggunakan PLTD oleh PLN. Dilain pihak jika perkembangan pemakaian tenaga listrik telah melebihi 100 MW, penyediaan tenaga listrik yang menggunakan PLTD tidak ekonomis.

### **2.2.13 Pembangkit Listrik Cadangan**

Apabila supply tenaga listrik utama PLN ada gangguan yang disebabkan sesuatu hal, maka pembangkit listrik cadangan akan menggantikan supply dari PLN yang padam tadi.

Untuk tenaga listrik cadangan gedung AT Tauhid di UM Surabaya menggunakan generator yang digerakkan oleh tenaga diesel, yang umumnya disebut emergensi generator set. Jumlah genset yang digunakan ada 3 unit, yang masing masing kapasitasnya berbeda yaitu 250 KVA, 550 KVA, dan 630 KVA.

Genset genset ini digunakan untuk men supply beban yang dianggap penting. Supply dari genset akan berjalan terus sampai suatu saat tenaga listrik dari PLN normal kembali dan tersambung lagi ke jala

jala. Untuk itu mesin mesin genset tidak boleh dimatikan dahulu sebelum suply dari PLN menutup kembali kontak kontaknya agar aliran listrik dapat memasuki rangkaian jala jala dengan keadaan yang sudah normal.

Emergency generating set apabila dilihat dari waktunya dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. No-break Generating set

Yaitu satu set peralatan pembangkit tenaga listrik yang bisa bekerja atau beroperasi tanpa waktu pemutusan.

2. Short Break Generating Set

Yaitu untuk unit pembangkit tenaga listrik yang bekerjanya memerlukan waktu 5 sampai 10 detik.

3. Fully Generating Set

Yaitu satu unit pembangkit tenaga listrik yang bekerjanya memerlukan waktu 10 sampai 30 detik.

Dari jenis set ini yang digunakan di gedung At Tauhid di Universitas muhammadiyah Surabaya adalah jenis No break dan Fully emergency generati set.

#### **2.2.14 Pengoperasian Tenaga Listrik Cadangan**

Telah dikemukakan diatas bahwa pengoperasian listrik cadangan di lakukan setelah tenaga listrik dari PLN mengalami pemadaman. Adapun untuk pengoperasiannya dapat dilakukan dengan cara manual dan otomatis.

Untuk start secara otomatis dapat dilakukan karena dibantu suatu peralatan yang diletakkan pada almari kontrol yang disebut automatic Main Failure (AMF) yang terdapat dekat dengan Genset itu sendiri.

Dan sekian banyak tombol tekan yang ada pada almari kontrol tersebut diantaranya berfungsi untuk keperluan start, ada 5 tombol yaitu

1. Generator
2. Pelayanan percobaan
3. Pelayanan dengan tangan
4. Otomatis
5. Stop

Apabila dikehendaki servis starting secara otomatis, maka yang harus dilakukan adalah menekan tombol otomatis dan tombol generator. Setelah kedua tombol ini ditekan maka apabila suply tenaga listrik dari PLN padam bersamaan itu pula genset akan start secara otomatis.

### 2.2.15 Suply Tenaga listrik di Gedung At Tauhid Universitas Muhammadiyah Surabaya

Suply tenaga listrik di edung At Tauhid Universitas Muhammadiyah Surabaya berasal dari PLN sebagai sumber utamanya genset NO-Break Powes Suppy (CONVERTER) sebagai cadangannnya. Kerja No- break power suppy ini adalah secara otomatis. Maksudnya apabila PLN padam, maka NO-break ini akan langsung mengambil alih beban beban prioritas sampai genset di start dan menghasilkan tegangan normal, yaitu 220/380 v.

### 2.2.16 Pemindahan Suppy

Proses pemindahan suppy tenaga listrik ada yang sangat cepat dan juga ada waktu yang kurang dari sepuluh detik, karena dijalankan secara manual. Proses yang cepat yaitu dengan menggunakan generating set yang digerakkan (diputar) oleh motor DC. Dari motor arus searah tersebut mendapatkan sippy dari batrerey karena penguatan motor arus searah dan batteray yang hanya bisa bertahan 2,5 jam, maka tidak dapat dijamin kontinyuitasnya.

## 2.3 Komponen Panel Distribusi

### 2.3.1 ACB MCBB dan MCB

ACB (*Air Circuir Breaker*) adalah salah satu komponen yang berada dalam sistem distribusi daya yang menghubungkan sumber power listrik dengan *aquepment*atau yang bisa kita sebut dengan *LOAD*. *Air Circuit Breaker* dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. *Rating* standar *Air Circuit Breaker* (ACB) yang dapat dijumpai dipasaran sebagai berikut.

a. LV-ACB:

$$U_e = 250 \text{ V dan } 660 \text{ V}$$

$$I_e = 800 \text{ A} - 6.300 \text{ A}$$

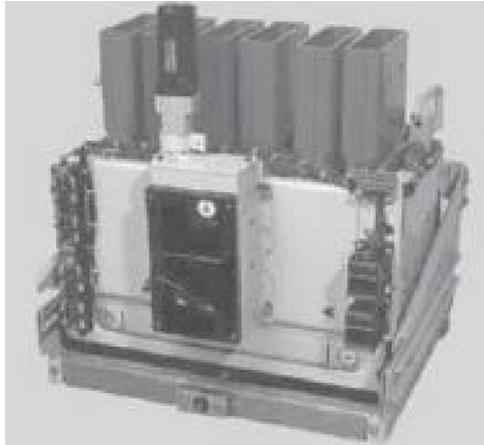
$$I_{cn} = 45 \text{ kA} - 170 \text{ kA}$$

b. LV-ACB:

$$U_e = 7,2 \text{ kV dan } 24\text{kV}$$

$$000 \text{ A}$$

$$I_{cn} = 12,5 \text{ kA} - 72 \text{ kA}$$



**Gambar 2.6 ACB (*Air Circuit Breaker*)**

Untuk MCCB atau moulded *case circuit breaker* adalah alat pengaman yang berfungsi juga sebagai pengamanan terhadap arus hubung singkat dan arus beban lebih. MCCB mempunyai rating yang cukup tinggi dan dapat diseting sesuai kebutuhan. Spesifikasi MCCB pada umumnya dibagi dalam 3 parameter yang terdiri dari :

- a.  $U_e$  (tegangan kerja), spesifikasi standart MCCB digambarkan sebagai berikut  $U_e = 250 \text{ V}$  dan  $660 \text{ V}$ .
- b.  $I_e$  (arus kerja) spesifikasi standart MCCB digambarkan sebagai berikut  $I_e = 40 \text{ A}$  dan  $2500 \text{ A}$



**Gambar 2.7 MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*)**

Sedangkan MCB disebut pengaman otomatis, untuk penerapan digedung bertingkat pengaman lebih sering ditinggalkan, karena pengaman ini tidak efisien dibandingkan pengaman MCB, pengaman ini secara otomatis bisa memutuskan sirkit secara otomatis dan dapat langsung dioperasikan kembali setelah mengalami pemutusan akibat adanya gangguan hubung singkat dan beban lebih.

Keuntungan menggunakan MCB sebagai berikut.

- a. Dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu phasanya.
- b. Dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih.
- c. Mempunyai tanggapan yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih.

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara thermis dan elektromagnetis, pengaman termis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat. Pengaman thermis pada MCB memiliki prinsip yang sama dengan *thermal overload* yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan (bimetal), pengamanan secara thermis memiliki kelambatan, ini bergantung pada besarnya arus yang harus diamankan, sedangkan pengaman elektromagnetik menggunakan sebuah kumparan yang dapat menarik sebuah angker dari besi lunak. MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus.



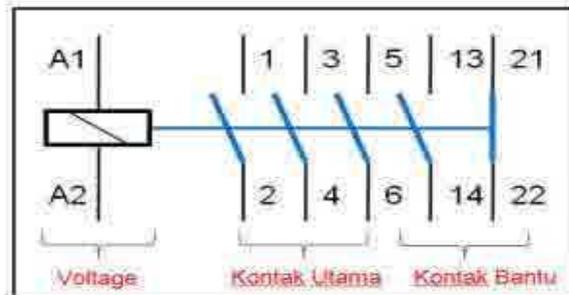
**Gambar 2.8 MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)**

### 2.3.2 Magnetic Contactor

*Magnetic Contactor* (MC) adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung/kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Dapat dibayangkan MC adalah *relay* dengan kapasitas yang besar. Umumnya MC terdiri dari 3 *pole* kontak utama dan kontak bantu (*aux. contact*). Untuk menghubungkan kontak utama hanya dengan cara memberikan tegangan pada koil MC sesuai spesifikasinya. Komponen utama sebuah MC adalah koil dan kontak utama. Koil dipergunakan untuk menghasilkan medan magnet yang akan menarik kontak utama sehingga terhubung pada masing masing *pole*. *Magnetic Contactor* atau Kontaktor AC, perangkat pengendalian otomatis, sangat cocok untuk menggunakan di sirkuit sampai tegangan maksimal 690v 50Hz atau 60Hz dan arus sampai 780A dari 6A dalam penggunaannya kontaktor dengan struktur lebih simple / kompak, ukuran kecil dan ringan, secara luas diaplikasikan dalam rangkaian pengendalian, terutama mengendalikan motor atau perangkat listrik lainnya. Untuk aplikasi yang lebih, MC mempunyai beberapa *accessories*. Dan yang paling banyak dipergunakan adalah kontak bantu. Jika kontak bantu yang telah tersedia kurang bisa dilakukan penambahan di samping atau depan. Pneumatic Timer juga sering dipakai dalam *wiring* sebuah *system*, misalnya pada *Star Delta Starter*.

#### a. Prinsip Kerja

Sebuah kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak *Normally Open* ( NO ) dan beberapa *Normally Close* ( NC ). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan pada saat kontaktor bekerja, NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal kontak NC akan menutup dan dalam keadaan bekerja kontak NC akan membuka. Koil adalah lilitan yang apabila diberi tegangan akan terjadi magnetisasi dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan atau bekerja. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik maka gambar prinsip kerja kontaktor magnet dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 2.9 Simbol-simbol kontaktor magnet**

Kontaktor termasuk jenis saklar motor yang digerakkan oleh magnet seperti yang telah dijelaskan di atas. Bila pada jepitan a dan b kumparan magnet diberi tegangan, maka magnet akan menarik jangkar sehingga kontak-kontak bergerak yang berhubungan dengan jangkar tersebut ikut tertarik. Tegangan yang harus dipasangkan dapat tegangan bolak balik ( AC ) maupun tegangan searah ( DC ), tergantung dari bagaimana magnet tersebut dirancangkan. Untuk beberapa keperluan digunakan juga kumparan arus ( bukan tegangan ), akan tetapi dari segi produksi lebih disukai kumparan tegangan karena besarnya tegangan umumnya sudah dinormalisasi dan tidak tergantung dari keperluan alat pemakai tertentu.

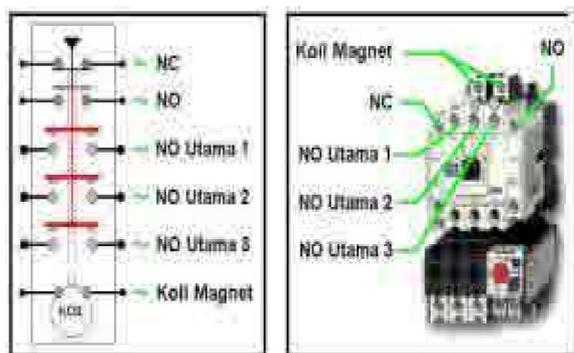
b. Karakteristik

Spesifikasi kontaktor magnet yang harus diperhatikan adalah kemampuan daya kontaktor ditulis dalam ukuran Watt / KW, yang disesuaikan dengan beban yang dipikul, kemampuan menghantarkan arus dari kontak – kontaknya, ditulis dalam satuan ampere, kemampuan tegangan dari kumparan magnet, apakah untuk tegangan 127 Volt atau 220 Volt, begitupun frekuensinya, kemampuan melindungi terhadap tegangan rendah, misalnya ditulis  $\pm 20\%$  dari tegangan kerja. Dengan demikian dari segi keamanan dan kepraktisan, penggunaan kontaktor magnet jauh lebih baik dari pada saklar biasa.



**Gambar 2.10 Cara Kerja Kontak**

Relay dianalogikan sebagai pemutus dan penghubung seperti halnya fungsi pada tombol (*Push Button*) dan saklar (*Switch*), yang hanya bekerja pada arus kecil 1A s/d 5A. Sedangkan Kontaktor dapat di analogikan juga sebagai sebagai *Breaker* untuk sirkuit pemutus dan penghubung tenaga listrik pada beban. Karena pada Kontaktor, selain terdapat kontak NO dan NC juga terdapat 3 buah kontak NO utama yang dapat menghubungkan arus listrik sesuai ukuran yang telah ditetapkan pada kontaktor tersebut. Misalnya 10A, 15A, 20A, 30A, 50Amper dan seterusnya. Seperti pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.11 Gambar Kontak MC**

### 2.3.3 Busbar( penghantar Rel)

*Busbar* merupakan suatu peralatan jaringan distribusi yang dipakai untuk membagi daya listrik ke beban. Didalam busbar sebuah generator dalam pusat listrik menyalurkan energinya ke rel pusat listrik, demikian juga semua saluran yang mengambil maupun yang mengirim energi dihubungkan ke rel ini

#### a. Rel tunggal

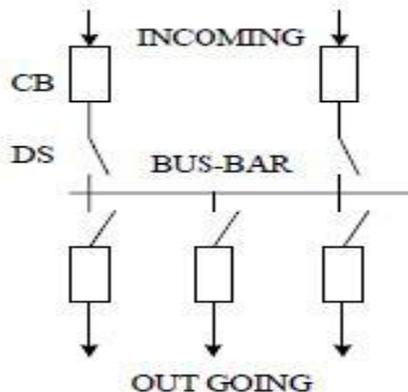
Rel tunggal adalah susunan rel yang paling sederhana dan paling murah. Keandalan dan fleksibilitas operasinya sangat terbatas, apabila ada kerusakan di rel, maka seluruh pusat listrik harus dipadamkan untuk dapat melakukan perbaikan.

#### b. Rel ganda dengan satu PMT

Rel ganda yang diperlihatkan pada gambar adalah rel ganda dengan satu PMT, selanjutnya hubungan ke rel 1 dan 2 dilakukan melalui PMS. Rel ganda pada umumnya dilengkapi dengan PMT beserta PMS nya yang berfungsi untuk menghubungkan rel 1 dan rel seperti ditunjukkan pada gambar.

#### c. Rel ganda dua PMT

Rel ganda dengan dua PMT ini sama seperti dengan rel satu PMT hanya saja disini semua unsur dapat dihubungkan ke rel 1 atau rel 2 atau dua duanya melalui PMT sehingga fleksibilitas *manuver* menjadi lebih baik (lihat gambar).



Gambar 2.12 Rel Daya Tunggal

### 2.3.4 Peralatan Pengukuran

Pengukuran suatu alat ukur dalam suatu rangkaian dapat mengubah nilai resistansi rangkaian yang akibatnya terjadi kesalahan dalam pengukuran, contohnya dalam daya tertentu akan ditarik oleh rangkaian yang sedang diuji untuk menggerakkan alat ukur. Untungnya, dalam teknik tenaga listrik termasuk juga instalasi listrik, daya yang relatif jauh lebih besar dibandingkan daya yang diperlukan alat ukur.

Alat ukur listrik jika digunakan untuk mengukur kuat arus dan beda potensial listrik yang relatif kecil. Galvanometer tidak dapat digunakan untuk mengukur kuat arus maupun beda potensial listrik yang relatif besar, karena komponen-komponen internalnya.

Alat ukur listrik adalah alat yang digunakan untuk mengukur besaran-besaran listrik seperti kuat arus listrik ( $I$ ), beda potensial listrik ( $V$ ), hambatan listrik ( $R$ ), daya listrik ( $P$ ), dll. Alat ukur listrik ini ada yang berupa alat ukur analog dan ada juga yang berupa alat ukur digital. Berikut adalah gambar alat-alat ukur listrik yang dibedakan berdasarkan fungsinya.



**Gambar 2.13 Macam Macam Peralatan Ukur**

a. Galvanometer

Galvanometer bisa digunakan untuk mengukur kuat arus maupun beda potensial listrik yang besar, jika pada galvanometer tersebut dipasang hambatan eksternal (pada voltmeter disebut hambatan depan, sedangkan pada ampermeter disebut hambatan *shunt*).



**Gambar 2.14 Galvanometer analog**

b. Ampermeter

Ampermeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik dalam suatu rangkaian tertutup. Dalam pemasangannya, ampermeter ini harus dihubungkan paralel dengan sebuah hambatan *shunt*. Pemasangan hambatan *shunt* ini tidak lain bertujuan untuk meningkatkan batas ukur galvanometer agar dapat mengukur kuat arus listrik yang lebih besar dari nilai standarnya.

c. Voltmeter

Voltmeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur beda potensial atau tegangan pada ujung-ujung komponen elektronika yang sedang aktif, seperti kapasitor aktif, resistor aktif, dll. Selain itu, alat ini juga bisa digunakan untuk mengukur beda potensial suatu sumber tegangan, seperti batere, catu daya, aki, dll. Voltmeter dapat dibuat dari sebuah galvanometer dan sebuah hambatan eksternal  $R_x$  yang dipasang seri. Adapun tujuan pemasangan hambatan  $R_x$  ini tidak lain adalah untuk meningkatkan batas ukur galvanometer, sehingga dapat digunakan untuk mengukur tegangan yang lebih besar dari nilai standarnya.

d. Ohmmeter

Ohmmeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur hambatan suatu komponen, seperti resistor, dan hambatan kawat penghantar. Tidak seperti ampermeter dan voltmeter, ohmmeter dapat

bekerja sesuai dengan fungsinya jika pada alat tersebut terdapat sumber tegangan, misalnya baterai.



**Gambar 2.15 Ohmmeter**

## **2.4 Sistem Instalasi Tenaga dan Penerangan di Gedung Bertingkat**

### **2.4.1 Pengertian Instalasi Listrik**

Instalasi listrik adalah suatu bagian penting yang terdapat dalam sebuah bangunan gedung, yang berfungsi sebagai penunjang kenyamanan penghuninya. Di Indonesia dalam dunia teknik listrik aturan yang ada antar lain PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik). Dalam suatu perancangan, produk yang dihasilkan adalah gambar dan analisa. Gambar adalah bahasa teknik yang diwujudkan dalam kesepakatan simbol. Gambar ini dapat berupa gambar sket, gambar perspektif, gambar proyeksi, gambar denah serta gambar situasi.

Gambar denah ruangan atau bangunan rumah (gedung) yang kan dipasang instalasi digambar dengan menggunakan lambang-lambang (simbol-simbol) yang berlaku untuk instalasi listrik.

Ada beberapa jenis gambar yang harus dikerjakan dalam tahap perancangan suatu proyek pemasangan instalasi listrik penerangan dan

tenaga yang baku menurut PUIL 2000. Rancangan instalasi listrik terdiri dari:

a. Gambar situasi

Gambar situasi adalah gambar yang menunjukkan dengan jelas letak bangunan instalasi tersebut akan dipasang dan rencana penyambungannya dengan jaringan listrik PLN.

b. Gambar instalasi meliputi :

1. Rancangan tata letak yang menunjukkan dengan jelas tata letak perlengkapan listrik beserta sarana pelayanannya (kendalinya), seperti titik lampu, saklar, kotak kontak, motor listrik, panel hubung bagi dan lain-lain.
2. Rancangan hubungan peralatan atau pesawat listrik dengan pengendalinya .
3. Gambar hubungan antara bagian-bagian dari rangkaian akhir, serta pemberian tanda yang jelas mengenai setiap peralatan atau pesawat listrik.

c. Gambar diagram garis tunggal yang tercantum dalam diagram garis tunggal ini meliputi:

1. Diagram PHB lengkap dengan keterangan mengenai ukuran dan besaran nominal komponennya.
2. Keterangan mengenai jenis dan besar beban yang terpasang dan pembagiannya.
3. Ukuran dan besar penghantar yang dipakai.
4. Sistem bumiannya.

d. Gambar detail

Gambar detail meliputi :

1. Perkiraan ukuran fisik dari panel.
2. Cara pemasangan alat listrik.
3. Cara pemasangan kabel.
4. Cara kerja instalasi kontrolnya.

Selain gambar-gambar diatas, dalam merancang atau menggambar instalasi listrik penerangan dan tenaga, juga dilengkapi dengan analisa data perhitungan teknis mengenai susut tegangan, beban terpasang dan kebutuhan beban maksimum, arus hubung singkat dan daya hubung singkat.

Disamping itu masih juga dilengkapi juga dengan daftar kebutuhan bahan instalasi, dan uraian teknis sebagai pelengkap yang meliputi penjelasan tentang cara pemasangan peralatan/bahan, cara pengujian

serta rencana waktu pelaksanaan, rencana anggaran biaya dan lama waktu pengerjaan .

Bangunan gedung baik untuk rumah tinggal, kantor, sekolahan yang dilengkapi sarana pendukung listrik dalam membangun agar dapat berfungsi dan dihuni dengan baik, nyaman serta memenuhi keselamatan memerlukan perencanaan gambar instalasi listrik yang cermat dengan mengacu pada aturan-aturan yang ditetapkan dalam dunia teknik listrik.

#### **2.4.2 Instalasi Tenaga pada Gedung Bertingkat**

##### *a. Stradian*

Cahaya yang dapat dimanfaatkan untuk penerangan sampai saat ini adalah cahaya dari matahari dan energi listrik. Konsep cahaya pada prinsipnya membentuk gelombang elektromagnetik. Proses gelombang elektromagnetik ini adalah juga merupakan gejala gejala getaran identik dengan frekuensi. Mengacu pada konsep gelombang elektromagnetik, maka kecepatan rambat gelombang, di ruang bebas sama dengan  $3 \times 10^5$  km per detik. Bila frekuensi  $f$ , dan panjang gelombangnya  $\lambda$ , maka dapat dibuat persamaan :

Panjang gelombang cahaya tampak berkisar antara 380 – 780 m $\mu$ .

$$1 \text{ mikron (1}\mu\text{)} = 10^{-3} \text{ mm}$$

$$1 \text{ m}\mu = 10^{-6} \text{ mm}$$

Mata manusia paling peka akan cahaya, terletak pada panjang gelombang 555 m $\mu$ , yaitu cahaya warna kuning-hijau. Sedangkan daerah cahaya yang tampak dibatasi oleh sinar-sinar ultra violet (ungu) dengan panjang gelombang < 380 m $\mu$  dan inframerah dengan panjang gelombang > 780 m $\mu$ . Lebih jelas dapat dilihat lagi konsep terjadinya pelangi.

Panjang gelombang  $\lambda$  :

< 420 m $\mu$  : ultra ungu

380-420 m $\mu$  : ungu

420-495 m $\mu$  : biru

495-566 m $\mu$  : hijau

566-589 m $\mu$  : kuning

589-627 m $\mu$  : jingga

627-780 m $\mu$  : merah

> 780 m $\mu$  : infra merah

Bila model dibuat grafik kepekaan mata dapat dilihat seperti gambar di bawah ini

Jika diperhatikan grafik diatas pada panjang gelombang 555 m $\mu$  kepekaan mata sama dengan 100 %. Dikaitkan dengan kepekaan

mata manusia seolah-olah posisi paling efektif mata manusia adalah pada panjang gelombang 555 nm.

Dikaitkan dengan energi listrik, jika sumber cahaya memancarkan energi 1 W dengan panjang gelombang 555 nm, maka sumber cahaya itu dinilai sama dengan satu watt cahaya (1 watt cahaya).

Dari hasil percobaan bahwa flux cahaya dinyatakan dalam satuan lumen (lm). Satu watt cahaya kira-kira sama dengan 680 lumen.

Sebagai contoh sebuah lampu 100 W hanya memancarkan kira-kira 8 W saja sebagai cahaya tampak. Sisanya hilang sebagai panas, karena konduksi dan radiasi. Dari 8 W ini setelah dikalikan dengan faktor kepekaan mata, hanya kira-kira 2,25 watt cahaya saja. Jadi flux cahaya lampu 100 W tersebut sama dengan  $2,25 \times 680 \text{ watt} = 1530$  lumen.

Untuk itu jumlah *lumen* per watt (lm/W) disebut flux cahaya spesifik. Jadi flux cahaya spesifik lampu pijar (incandensant lamp) sama dengan 15,3 lm/W.

#### b. **Intensitas Cahaya**

Untuk menjelaskan pengertian intensitas cahaya (luminous intensity) terlebih dahulu diberikan pengertian dari *sudut ruang dengan satuan stradian*.

Seperti telah dipelajari, bahwa :  $2 \text{ radian} = 360^\circ$ ,

Untuk itu :  $1 \text{ radian} = 360^\circ/2 = 57,3^\circ$

Memperhatikan 1 radian adalah sudut yang dibentuk oleh jari-jari 1 r, dan dibatasi tali busur sepanjang 1 r. Atas konsep itu, dapat diturunkan konsep sudut *stradian*, yaitu kita dapat memperhatikan gambar bola berikut :

Keterangan :

S = Luas bidang  $1 \text{ m}^2$

$\Phi$  = flux cahaya dalam lumen (lm)

E = Intensitas penerangan 1 lux

L = Luminasi (terang cahaya dari hasil pemantulan benda)

$(L = I/A_s = 1/\pi = 0,318 \text{ cd/m}^2)$ .....(2.9)

Pengertian sudut ruang 1 stradian, adalah sudut yang dibentuk oleh jari-jari r ( $r = 1\text{m}$ ), yang mengelilingi bidang persegi seluas  $1 \text{ m}^2$ , Diketahui sumber cahaya 1 lilin (1 kandela) ke setiap arah. Bila cahaya titik itu diletakkan di pusat bola yang berjari-jari satu meter, maka flux cahaya dalam satu stradian artinya sama dengan satu lumen. Sedangkan intensitas penerangan dipermukaan bola yang dibatasi oleh sudut ruang satu stradian akan sama dengan satu lux.

Besarnya energi listrik yang dipancarkan sebagai cahaya ke suatu arah tertentu disebut intensitas cahaya dan dinyatakan dalam satu lilin (candle). Lambang intensitas cahaya (Luminous Intensity) adalah :

c. **Flux Cahaya**

Intensitas cahaya 1 cd (candle) melalui sudut ruang 1 stradian akan mengalir flux cahaya 1 lumen, persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$I \cdot \omega$  (lumen) atau  $I = \frac{\Phi}{\omega}$  (cd)

Gambar 4. Pancaran Flux Cahaya Lampu

*Sumber cahaya berbentuk titik yang ditempatkan dalam bola, dilingkupi oleh 4 stradian.*

Jadi :

$$\Phi = I \cdot \omega = 4 I \text{ lumen}$$

Karena intensitas cahaya  $I$  adalah 1 cd, maka

$$\Phi = 4 \text{ lumen}$$

Flux cahaya (luminous flux)  $\Phi$  dinyatakan dalam satuan lumen (lm), dan sama dengan jumlah seluruh cahaya yang dipancarkan suatu sumber cahaya dalam satu detik.

d. **Intensitas Penerangan (Illuminasi)**

Flux cahaya yang mengenai bidang yang diterangi seluas 1 m<sup>2</sup> disebut dengan intensitas penerangan ( $E$ ) dalam satuan lux.

Jadi :

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen per m}^2$$

Bila suatu bidang yang luas  $A$  m<sup>2</sup> diterangi dengan flux cahaya ( $\Phi$ ) lumen, maka intensitas penerangan rata-rata di bidang itu sama dengan :

$$E_{\text{rata-rata}} = \frac{\Phi}{A} \text{ lux}$$

Bagaimana halnya intensitas penerangan pada suatu titik. Intensitas penerangan  $E_p$  di suatu titik  $P$ , tentu tidak sama di setiap titik lainnya dalam suatu bidang. . Bila kita memperhatikan konsep penerangan dengan berpedoman pada konsep bola, dan memakai konsep sudut ruang (stradian), maka flux cahaya yang menerangi bidang pada lingkup sudut 1 stradian, maka intensitas penerangannya akan berkurang sebanding kuadrat jarak yang diterangi.

Seperti diterangkan sebelumnya :

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \text{ cd}$$

Jadi :

$$E_p = \frac{\Phi}{A} \text{ lux}$$

Dimana :

$E_p$  = intensitas penerangan di suatu titik P dalam suatu bidang yang diterangi ( sumber cahaya tegak lurus dengan bidang yang diterangi).

$I$  = intensitas cahaya dalam satuan kandela (cd)

$r$  = jarak dari sumber cahaya ke titik P, dinyatakan dalam meter.

e. Index ruangan (Rr)

Untuk mendapatkan faktor utilitas, dihitung dulu index ruangnya

$$Rr = \frac{pxl}{Tb(pxI)} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$Tb = (Ti - Tk)$$

Dimana :

$Ti$  = Tinggi langit langit

$Tk$  = Tinggi bidang kerja

$Tb$  = Tinggi berguna

$P$  = Panjang ruangan

$L$  = Lebar ruangan

f. **Luminasi**

Luminasi adalah suatu ukuran untuk terang suatu benda. Luminasi terlalu besar akan menyilaukan mata, seperti halnya sebuah lampu pijar tanpa armatur. Luminasi (L) suatu sumber cahaya atau suatu permukaan yang memantulkan cahaya adalah intensitas cahayanya dibagi dengan luas permukaan yang dikenai intensitas cahaya. Persamaannya dapat dibuat seperti dibawah.

$$L = \text{cd/cm}^2$$

$$L = \text{luminasi dalam satuan cd/cm}^2$$

$$I = \text{intensitas cahaya dalam satuan cd}$$

$$A_s = \text{luas permukaan yang diterangi dalam satuan cm}^2$$

Bila luminasinya sangat kecil dapat juga digunakan satuan  $\text{cd/m}^2$ .

$$1 \text{ cd/cm}^2 = 10^4 \text{ cd/m}^2$$

Untuk mengetahui metode rata rata menggunakan rumus

$$E = \frac{FxNxMxU}{A} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

$N$  = Jumlah lampu

$E$  = Tingkat penerangan rata rata = 300 luk untuk ruang kelas atau kantor

$F$  = Luminasi = 1350 x 2 / lampu

$U$  = faktor Utilitas = 0.58

$M$  = faktor pemeliharaan = 0.8

$$A = \text{Luas ( M}^2) = 97.8$$

Sehingga

Perlu dicatat, bahwa faktor refleksi suatu permukaan juga menentukan luminasinya. Luas  $A_s$  permukaan ialah luas proyeksi sumber cahaya pada suatu bidang rata yang tegak lurus pada arah pandang, jadi bukan luas permukaan seluruhnya. Untuk sebuah armatur bola, luas permukaan sama dengan luas lingkaran besar bola itu. Lihat gambar dibawah ini :

Gambar Lampu dengan armatur berbentuk bola

Luas semu permukaan bola yang langsung memancarkan cahaya pada arah tertentu dalam suatu ruang 1 stradian dan berjari  $r = 1 \text{ m}$  adalah :

$$A_s = r^2 = m^2$$

Bila jari-jari bola  $r = 2 \text{ m}$ , dalam sudut ruang 1 stradian maka :

$$A_s = r^2 = 2^2 m^2 = 4 m^2 \dots\dots\dots(2.12)$$

Bila permukaan bola seperti pada gambar diatas tembus cahaya (permukaannya bening), yang mana pada pusat bola ditempatkan sumber cahaya dengan intensitas cahaya  $I$  sebesar 1 cd, maka luminasi permukaan bola adalah :

$$L = m^2 = 0,318 \text{ cd/m}^2.$$

f.bv

**Tabel 2.2 Kebutuhan Iluminansi berdasarkan aktivitas visual**

No	Kerja Visual	Iluminansi (lux)
1	Penglihatan biasa	100
2	Kerja kasar dengan detail besar	200
3	Kerja umum dengan detail wajar	400
4	Kerja yang lumayan dengan detail kecil (studio, gambar, menjahit)	600
5	Kerja keras, lama, detail kecil (perakitan barang halus, menjahit dgn tangan)	900
6	Kerja sangat keras, lama detail sangat kecil pemotongan batu mulia, tisik halus, mengukur benda sangat kecil)	1300-2000
7	Kerja luar biasa keras, detail sangat kecil (arloji dan pembuatan instrumen kecil)	2000-3000

Contoh standar iluminansi pada bidang kerja:

- a. 50 lux : jalan
- b. 100 lux : koridor, kamar ganti, auditorium
- c. 150 lux : toko obat
- d. 200 lux : ruang makan
- e. 300 lux : perpustakaan, ruang olahraga, ruang kuliah
- f. 500 lux : kantor umum, laboratorium
- g. 750 lux : ruang gambar
- h. 1000 lux : ruang inspeksi, supermarket.

## 2.5 Sistem *Air Conditioner* ( AC )

Salah satu hal yang sering menjadi pertanyaan saat kita memutuskan akan menggunakan air conditioner adalah bagaimana cara mengetahui PK AC yang sesuai dengan ruangan kita? Hal ini perlu mendapat perhatian karena hubungannya dengan besaran pemakaian listrik yang harus kita bayar tiap bulannya. *Unit air conditioner* yang terlalu besar dibanding luas ruangan akan membuat pemakaian listrik menjadi boros, begitu juga dengan unit air conditioner yang terlalu kecil. *Unit air conditioner* yang terlalu kecil dibanding luas ruangan akan membutuhkan waktu yang lama untuk mendinginkan ruangan, hal ini tentu juga membuat tagihan listrik menjadi besar.

Ada 3 faktor yang perlu diperhatikan pada saat menentukan kebutuhan PK AC, yakni daya pendinginan AC (*BTU/hr* – *British Thermal Unit per hour*) atau daya listrik (*watt*), dan PK *compressor* AC. Sebagian dari kita mungkin lebih mengenal angka PK (*Paard Kracht/Daya Kuda/Horse Power* (HP)) pada AC. Sebenarnya PK itu adalah satuan daya pada *compressor* AC bukan daya pendingin AC. Namun PK lebih dikenal ketimbang *BTU/hr* di masyarakat awam. Lalu bagaimana cara menghitung dan menyesuaikan daya pendingin air conditioner pada ruangan ? Untuk menyiasatinya, maka kita konversi dulu PK – *BTU/hr* – luas ruangan ( $m^2$ ).

$$1 \text{ PK} = 9.000\text{-}10.000 \text{ BTU} / \text{h}$$

$$1m^2 = 600 \text{ BTU/hr}$$

$$mx = 10 \text{ kaki atau } 1 \text{ meter} = 3.33 \text{ kaki}$$

**Tabel 2.4 Daya pendingin AC menurut PK AC**

BTU/ hari	PK
5.000	$\frac{1}{2}$
7.000	$\frac{3}{4}$
9.000	1
12.000	$1 \frac{1}{2}$
18.000	2

Keterangan :

W = Panjang ruang

H = Tinggi ruang

I = nilai 10 jika ruang berinsulasi (berada dilantai bawah) atau berhimpit ruang lain dan nilai 18 jika berada dilantai atas

L = Lebar ruangan

E = Nilai 16 jika dinding berhadap ke utara, 17 bila menghadap ke timur

Nilai 18 jika menghadap ke selatan, nilai 20 jika menghadap ke barat.

## 2.6 Penangkal petir

Penangkal petir adalah rangkaian jalur yang difungsikan sebagai jalan bagi petir menuju ke permukaan bumi, tanpa merusak benda-benda yang dilewatinya. Ada 3 bagian utama pada penangkal petir:

### 1. Batang Penangkal Petir

Batang penangkal petir berupa batang tembaga yang ujungnya runcing. Dibuat runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada ujung logam yang runcing. Dengan demikian dapat memperlancar proses tarik menarik dengan muatan listrik yang ada di awan. Batang runcing ini dipasang pada bagian puncak suatu bangunan.

### 2. Kabel Konduktor

Kabel konduktor terbuat dari jalinan kawat tembaga. Diameter jalinan kabel konduktor sekitar 1 cm hingga 2 cm . Kabel konduktor berfungsi meneruskan aliran muatan listrik dari batang muatan listrik

ke tanah. Kabel konduktor tersebut dipasang pada dinding di bagian luar bangunan.

### 3. Tempat Pembumian

Tempat pembumian (*grounding*) berfungsi mengalirkan muatan listrik dari kabel konduktor ke batang pembumian (*ground rod*) yang tertanam di tanah. Batang pembumian terbuat dari bahan tembaga berlapis baja, dengan diameter 1,5 cm dan panjang sekitar 1,8 - 3 m .

### 4. Cara Kerja

Saat muatan listrik negatif di bagian bawah awan sudah tercukupi, maka muatan listrik positif di tanah akan segera tertarik. Muatan listrik kemudian segera merambat naik melalui kabel konduktor , menuju ke ujung batang penangkal petir. Ketika muatan listrik negatif berada cukup dekat di atas atap, daya tarik menarik antara kedua muatan semakin kuat, muatan positif di ujung-ujung penangkal petir tertarik ke arah muatan negatif. Pertemuan kedua muatan menghasilkan aliran listrik. Aliran listrik itu akan mengalir ke dalam tanah, melalui kabel konduktor, dengan demikian sambaran petir tidak mengenai bangunan. Tetapi sambaran petir dapat merambat ke dalam bangunan melalui kawat jaringan listrik dan bahayanya dapat merusak alat-alat elektronik di bangunan yang terhubung ke jaringan listrik itu, selain itu juga dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Untuk mencegah kerusakan akibat jaringan listrik tersambar petir, biasanya di dalam bangunan dipasang alat yang disebut penstabil arus listrik (*surge arrestor*).

### 5. Batang Penangkal Petir

Batang penangkal petir bangunan tinggi berupa batang tembaga murni yang ujungnya tembaganya runcing. Batang penangkal petir bangunan tinggidibuat menjadi batang penangkal petir bangunan tinggi yang runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada ujung logam Batang penangkal petir bangunan tinggi yang runcing. Dengan demikian Batang penangkal petir bangunan tinggi dapat memperlancar proses tarik menarik dengan muatan listrik yang ada di awan. Batangpenangkal petir bangunan tinggi runcing ini dipasang pada bagian puncak sebuah bangunan atau gedung.

Kabel konduktor atau kabel tembaga dibuat dari jalinan kawat tembaga. Diameter jalinan kabel konduktor tembaga ini sekitar 1 cm hingga 2 cm . Kabel konduktor tembaga berfungsi meneruskan aliran muatan listrik dari batang penangkal petir bangunan tinggi yang bermuatan listrik ke tanah. Kabel konduktor penangkal petir bangunan tinggi tersebut dipasang pada dinding di bagian luar bangunan.

Tempat pembumian (grounding) berfungsi mengalirkan muatan listrik dari kabel konduktor penangkal petir bangunan tinggi ke batang pembumian (ground rod) yang ditanam di tanah. Batang pembumian terbuat dari bahan tembaga berlapis baja, dengan diameter 1,5 cm dan panjang sekitar 1,8 - 3 m.

Saat muatan listrik negatif di bagian bawah awan sudah tercukupi, maka muatan listrik positif di tanah akan segera tertarik. Muatan listrik kemudian segera merambat naik melalui kabel konduktor penangkal petir bangunan tinggi, menuju ke ujung batang penangkal petir bangunan tinggi. Ketika muatan listrik negatif berada cukup dekat di atas atap, daya tarik menarik antara kedua muatan semakin kuat, muatan positif di ujung-ujung penangkal petir bangunan tinggi tertarik ke arah muatan negatif. Pertemuan kedua muatan menghasilkan aliran listrik. Aliran listrik yang melewati kabel tembaga penangkal petir bangunan tinggi itu akan mengalir ke dalam tanah, melalui kabel konduktor penangkal petir bangunan tinggi, dengan demikian sambaran petir tidak mengenai bangunan yang di pasang penangkal petir bangunan tinggi. Tetapi sambaran petir dapat merambat ke dalam bangunan melalui kawat jaringan listrik dan bahayanya dapat merusak alat-alat elektronik di bangunan yang terhubung ke jaringan listrik itu, selain itu juga dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Untuk mencegah kerusakan akibat jaringan listrik tersambar petir, biasanya di dalam bangunan dipasang alat yang disebut penstabil arus listrik (surge arrester), yaitu semacam internal proteksi penangkal petir bangunan tinggi.

Sejak jaman dahulu kala, manusia selalu ingin mencoba untuk menjinakkan keganasan alam atau gejala alam, salah satunya adalah bahaya sambaran petir. Di zaman ini, terdapat beberapa metode untuk melindungi bangunan dan lingkungan dari sambaran petir. Metode yang paling sederhana tapi sangat efektif adalah metode Sangkar Faraday. Yaitu dengan melindungi area yang hendak diamankan dengan melingkupinya memakai konduktor yang dihubungkan dengan pembumian (grounding).

Pemasangan penangkal petir bangunan tinggi untuk rumah adalah memberikan saluran elektrik dari atas bangunan ke tanah menggunakan kawat tembaga dengan tujuan bila ada sambaran petir yang mengenai atas bangunan maka arus petir bisa mengalir ke bumi atau ground dengan baik. Standart kabel yg di gunakan adalah minimal 50 mm<sup>2</sup> (SNI), untuk memilih kabel di bawah 50 mm<sup>2</sup> tidak di sarankan walau

kenyataan di lapangan banyak di gunakan dan dipastikan penangkal petir tersebut tidak akan bekerja efektif dan efisien. Ingat penangkal petir bangunan tinggi yang bekerja sempurna harus mempunyai nilai hambatan jauh dibawah satu ohm atau mendekati nilai nol ohm.

Cara instalasi penangkal petir bangunan tinggi yang benar adalah sebagai berikut. Langkah pertama yang harus di lakukan adalah memilih jalur penurunan kabel, ada 2 hal penting dalam pemilihan jalur kabel ini. Pertama jalur kabel tembaga penangkal petir bangunan tinggi yang paling pendek dengan pertimbangan lebih hemat dan hambatan kabel tembaga yang paling kecil, hal kedua yang juga harus diperhatikan adalah diusahakan sedikit mungkin belokan/tekukan agar tidak terjadi loncatan keluar jalur kabel (Site Flasing) dan pekerjaan pemasangan penangkal petir bangunan tinggidimulai dari bawah / ground.



**Gambar 2.16 Proses terjadinya petir**

**A. Proses Terjadinya Petir :**

Petir adalah proses gejala alam yang selalu terjadi di muka bumi, terjadinya seringkali pada bersamaan dengan terjadi hujan air seperti di Indonesia atau hujan es seperti di negara eropa. Seringkali petir ini dimulai dengan munculnya lidah api listrik yang bercahaya terang yang terus memanjang kearah permukaan bumi dan kemudian diikuti suara yang menggelegar dan efeknya akan fatal bila mengenai semua benda fisik dan mahluk hidup dimuka bumi. Oleh karena itu efeknya dari

bahaya petir cenderung menghancurkan, maka sudah tidak ada pilihan lain selain menangkal bahayapetir tersebut dengan alat penangkal petir yang sering dipasang diseluruh dunia, baik dengan sistim instalasi penangkal petir konvensional maupun sistim instalasi penangkal petir radius, dan akan jauh lebih baik lagi jika dipasang juga alat pendeteksi datangnya petir seperti lightning counter.

Jika kita perhatikan pada tiap-tiap gedung maupun pabrik biasanya sudah terpasang penangkal petir tipe penangkal petir pasif maupun penangkal petir aktif. Minimal ada satu penangkal petir yang biasanya terpasang disetiap gedung atau pabrik baik penangkal petir pasif maupun penangkal petir aktif. Karena untuk bangunan-bangunan seperti itu sangat membutuhkan sistem penangkal petir yang memiliki nilai ohm yang cukup baik ( penangkal petir dengan nilai grounding  $< 1 \text{ Ohm}$  ) atau sesuai dengan standart sistem penangkal petir yang berlaku dalam dunia penangkal petir. Untuk sebuah sistem penangkal petir yang baik, penangkal petir tersebut harus mempunyai nilai standart penangkal petir yang harus di bawah 2 Ohm untuk sistem penangkal petir untuk proteksi gedung atau bangunan, sedangkan penangkal petir untuk data harus dibawah 1 ohm (sesuai dengan besarnya daya tahan beban terhadap penangkal petir tersebut). Banyak orang yang sudah tahu tentang kegunaan penangkal petir, tapi masih jaringan melakukan proteksi dengan menggunakan sistem penangkal petir yang benar, terutama berkaitan dengan nilai Ohm dari sistem penangkal petir tersebut. Karena penangkal petir di jaman sekarang bisa kita jumpai di berbagai tempat, terutama penangkal petir yang biasanya dipasang untuk bangunan-bangunan yang tinggi. Untuk cakupan wilayah yang lebih luas sebaiknya menggunakan penangkal petir sistem radius. Penangkal petir juga bisa kita jumpai di pabrik, diperkantoranpun juga sudah banyak yang memasang penangkal petir, bahkan diperumahanpun sudah memakai sistem penangkal petir. Dari jenis penangkal petir ini, pabrikan mengklaim bahwa satu titik produk penangkal petir mereka, mampu memberikan penangkal petir dengan radius proteksi yang luas, hingga radius ratusan meter. Penangkal petir untuk setiap pabrikan memiliki model penangkal petir yang berbeda dan klaim penangkal petir radius proteksi yang bervariasi pula. Berbeda dengan sistem penangkal petir aktif, sistem penangkal petir konvensional dibuat dari banyak tombak terminal petir (air terminal) yang dikombinasikan dengan konduktor pembumian yang membentuk jaring-jaring (Faraday Cage). Mengacu

kepada standar penangkal petir yaitu : IEC, BS, NFPA, JIS dan SPLN dan disarankan oleh banyak ahli penangkal petir, penggunaan sistem penangkal petir konvensional adalah pilihan terbaik, meskipun sistem penangkal petir ini tidak aktif menangkap petir tapi cenderung menunggu datangnya sambaran petir, sedangkan sistem penangkal petir aktif masih diragukan dari berbagai aspek

1. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam system proteksi penangkal petir :

Perlu diperhatikan bahwa system proteksi penangkal petir tidaklah 100% dapat mencegah atau menangkal terjadinya sambaran petir. Karena gejala petir tidak bisa di ukur kekuatannya secara pasti dan gejala petir yang terjadi bisa mencapai jutaan kilo volt, maka bisa dipastikan belum ada sistem penangkal petir yang bisa mengurangi atau meredam petir sampai 100% dan sistem penangkal petir cenderung hanya berusaha mengurangi dampak kerugian yang disebabkan oleh sambaran petir. Namun untuk kasus sambaran petir yang tidak terlalu besar, jelas sistem penangkal petir yang ada sekarang ini, baik sistem penangkal petir radius maupun sistem penangkal petir konvensional masih cukup efektif meredam bahaya sambaran petir tersebut, bahkan untuk beberapa kasus, sistem penangkal petir radius maupun sistem penangkal petir konvensional sering sangat membantu melindungi gedung dan bangunan kita dari kebakaran akibat sambaran petir. Jadi bagaimanapun juga sistem penangkal petir radius maupun sistem penangkal petir konvensional tetap sangat membantu mengurangi bahkan mencegah bahaya akibat sambaran petir..

Suatu system proteksi penangkal petir baik sistem proteksi penangkal petir radius maupun sistem proteksi penangkal petir konvensional yang dirancang dan dipasang sesuai dengan standar penangkal petir yang ada, tidak dapat menjamin proteksi terhadap bangunan gedung, manusia atau obyek secara mutlak, namun dengan demikian untuk penggunaan system proteksi penangkal petir baik sistem proteksi penangkal petir radius maupun sistem proteksi penangkal petir konvensional akan sanggup mengurangi secara nyata terhadap resiko kerusakan yang disebabkan sambaran petir terhadap bangunan gedung yang memiliki sistem proteksi penangkal petir radius ataupun sistem proteksi penangkal petir konvensional tersebut. Kedua sistem penangkal petir tersebut, baik sistem proteksi penangkal petir radius maupun sistem proteksi penangkal petir konvensional sangat membantu meredam sambaran petir yang tidak terlalu besar. Penangkal

petir konvensional haruslah mendekati angka nol. Dalam hal ini seringkali pemasangan atau instalasi sistem proteksi penangkal petir radius maupun sistem proteksi penangkal petir konvensional, masalah nilai grounding sering diabaikan yang tentunya menyebabkan sistem proteksi penangkal petir radius maupun sistem proteksi penangkal petir konvensional tidak bisa bekerja dengan benar.

### 2.6.1 Instalasi Penangkal petir

Menentukan kepadatan sambaran petir

$$F_t = 0,25 \cdot T \text{ sambaran/km}^2/\text{tahun}$$

Menentukan jarak pukulan petir

$$d = 6,7 \cdot I^{0,8} \text{ meter}$$

- a. Menentukan tingkat perkiraan bahaya gedung AT Tauhid UM Surabaya

$$R = A + B + C + D + E \dots\dots\dots (2.13)$$

Menentukan luas daerah yang menarik sambaran petir (Ca)

$$C_a = (L \times W) + (4L \times H) + (4W \times H) + 4(\pi H^2) \dots\dots\dots (2.14)$$

- b. Menentukan jumlah sambaran petir per hari per km<sup>2</sup>

$$N_E = (0,1 + 0,35 \sin \lambda)(0,4 \pm 0,2) \dots\dots\dots (2.15)$$

- c. Menentukan perkiraan kemungkinan gedung tersambar petir

$$P_s = C_a \times N_E \times I_{KL} \times 10^{-6} \times C_1 \dots\dots\dots (2.16)$$

- d. Menentukan radius perlindungan terhadap sambaran petir

$$R_p = h \sqrt{1 - \left(\frac{D}{h}\right)^2} \dots\dots\dots (2.17)$$

- e. Menentukan luas perlindungan terhadap sambaran petir

$$A_p = \pi R_p^2 \dots\dots\dots (2.18)$$

- f. Menentukan luas penampang penghantar turunan

$$A = I_0 \sqrt{8,5 \times 10^{-6}} \dots\dots\dots (2.19)$$

- g. Menentukan besarnya tahanan pentanahan dari batang elektroda

$$R = \frac{1+x}{2} \text{ omh} = x = \frac{L}{\ln 4 \frac{L}{a}} / d \dots\dots\dots (2.20)$$