

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini penulis mencamtunkan beberapa hasil penelitian terdahulu sebagai acuan riset-riset sebelumnya, diantaranya:

Penelitian yang dilakukan oleh Guruh Setyo Nugroho (2017) dalam skripsinya meneliti perencanaan mekanikal elektrikal pada gedung rektorat poltekkes kementrian kesehatan provinsi banten, desain instalasi listrik menggunakan software AutoCAD, menentukan jumlah titik lampu, AC (*Air Conditioner*), *lift*, sistem plambing, sistem pemadam kebakaran, penangkal petir, dan kapasitas daya listrik yang dibutuhkan.

Menurut Zainal Mustofa (2017) untuk membuat diagram perencanaan. Instalsi pada gedung SMA Muhammadiyah surakarta ini menggunakan program autoCAD serta untuk menentukan titik lampu dengan menggunakan cara manual ,mengetahui total daya listrik dan menentukan penghantar dan pengaman utama, hasil perancangan menunjukkan total daya semu (S) yang di butuhkan sekitar 658,214 VA atau 650,14 kVA dengan pengaman MCB (*meniatour circuit breaker*) 3 fasa dengan ukuran 125 A dan penghantar jenis NYFGBY berukuran 4 x 35 mm². Serta gedung ini menggunakan kapasitas air bersih sekitar 12.000 liter dengan ukuran grountank 30x20 dengan kedalaman 2 meter serta di gunakan juga kapasitas *roof tank* sebesar 15 000 liter.

Dari jurnal Tomas Da Costa Belo, dkk (2016) untuk memenuhi kebutuhan daya listrik pada gedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor. Terutama harus dipertimbangkan rugi-rugi daya listrik dan turun tegangan (*Drop Voltage*) yang terjadi pada penghantarnya serta pemilihan dan pemakaian *rating* pengaman (MCCB/MCB) yang sesuai alat proteksi dari gangguan yang mungkin terjadi dan di gedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor juga terpasang kapasitor bank dengan kapasitas 600 kVAr untuk memperbaiki faktor daya.

Penelitian yang diteliti oleh Rudi Salman (2013) dari jurnalnya yang berjudul “Analisis Perencanaan Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Perumahan (*Solar Home System*)” adalah mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan teknologi *photovoltaic* (Sel Surya). PLTS yang digunakan khusus untuk perumahan dinamakan *Solar Home System* (SHS). Pada tulisan ini membahas metode analisis mengenai penggunaan pembangkit listrik tenaga surya untuk perumahan (SHS). Hasil dari analisis ini dapat menjadi acuan pengguna SHS atau praktisi kelistrikan agar diperoleh kesesuaian antara kebutuhan energi, harga dan kualitas SHS yang sesuai.

Dari beberapa jurnal yang telah penulis kumpulkan, dengan menggabungkan antara satu jurnal dengan jurnal lainnya yang membahas tentang mekanikal, elektrikal, dan panel surya. maka penulis menyusun laporan skripsi dengan judul “Desain *Mechanical Electrical* Pada Gedung Pasca Sarjana Unisnu Jepara Untuk Menentukan Kapasitas Panel Surya”.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Syarat-syarat Perancangan Jaringan Listrik yang Baik

Ada tiga kriteria utama yang harus dipenuhi agar suatu jaringan listrik dapat dikatakan baik, yaitu:

1. Fleksibilitas

Jaringan harus memberi kemungkinan untuk penambahan beban walau tetap harus dalam batas ekonomis. Dengan demikian jika suatu saat ada tambahan beban yang wajar (beban tidak terlalu besar) maka tidak perlu dilakukan perubahan jaringan listrik yang lama atau banyak. Jika cadangan beban yang berlebihan maka tidak ekonomis atau bisa disebut pemborosan.

2. Kepercayaan

Jaringan instalasi listrik harus dapat diandalkan dan dapat dipercaya, karena pembebanan oleh peralatan listrik sering tidak dapat dikontrol. Hal yang perlu diperhatikan adalah kualitas alat

dan bahan instalasi listrik. Kegagalan pada peralatan listrik harus dapat diketahui secara dini.

3. Keamanan

Jaringan instalasi listrik harus dirancang sesuai peraturan yang berlaku (Peraturan Umum Instalasi Listrik). Hal utama yang harus diperhatikan adalah risiko terjadinya kebakaran.

2.2.2 Perancangan Kabel Instalasi Listrik

2.2.2.1 Dasar-Dasar Perancangan Kabel Instalasi Listrik

1. Kuat Arus Listrik

Kuat arus listrik merupakan objek yang menjadi pokok permasalahan dalam perancangan kabel instalasi listrik. Untuk menghitung arus listrik yang melewati kabel, perlu dibedakan antara instalasi listrik satu fasa dan tiga fasa. (Sunarno, 2006, 2)

a. Instalasi satu fasa

Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat arus listrik instalasi satu fasa adalah:

$$I = \frac{P}{V \times \cos\theta} \quad (2.1)$$

di mana:

I = Kuat arus listrik maksimum yang boleh dilewatkan (*Ampere*)

P = Daya beban terpasang (*Watt*)

V = Tegangan terpasang (*Volt*)

$\cos\theta$ = Faktor daya.

b. Instalasi tiga fasa

Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat arus listrik untuk instalasi tiga fasa adalah:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta} \quad (2.2)$$

di mana:

- I = Kuat arus listrik maksimum yang boleh dilewatkan (*Ampere*)
 P = Daya beban terpasang (*Watt*)
 V = Tegangan terpasang (*Volt*)
 $\text{Cos}\emptyset$ = Faktor daya.

2. Luas Penampang Kabel Instalasi Listrik

Untuk menentukan kabel yang paling sesuai digunakan adalah dengan menghitung luas penampang kabel instalasi listrik. Perlu dibedakan antara instalasi fasa satu dengan fasa tiga: (Sunarno, 2006, 3)

a. Instalasi fasa satu

Rumus yang digunakan untuk menghitung luas penampang kabel pada instalasi listrik fasa satu adalah:

$$A = \frac{2 \times L \times I \times \text{Cos}\emptyset}{y \times u} \quad (2.3)$$

di mana:

A = Luas penampang minimum kabel (mm)

L = Panjang kabel (Meter)

I = Kuat arus yang melewati kabel (A)

y = Hantaran jenis tembaga (ohm meter)

u = Rugi-rugi tegangan (*volt*)

$\text{Cos}\emptyset$ = Faktor daya.

b. Instalasi fasa tiga

Rumus yang digunakan untuk menghitung luas penampang kabel instalasi listrik fasa tiga adalah:

$$A = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \text{Cos}\emptyset}{y \times u} \quad (2.4)$$

di mana:

A = Luas penampang minimum kabel (mm)

L = Panjang kabel (Meter)

I = Kuat arus yang melewati kabel (A)

y = Hantaran jenis tembaga (ohm meter)

u = Rugi-rugi tegangan (*volt*)

$\text{Cos}\phi$ = Faktor daya.

2.2.2.2 Prosedur Perancangan Kabel Instalasi Listrik

1. Menaksir Pembebanan

Untuk merancang jaringan listrik pada gedung harus terlebih dahulu melakukan penaksiran atas beban total seluruh gedung dan penentuan letak *transformator* dan tabung-tabung instalasi. Beban total akan dapat diketahui setelah perancangan telah selesai, namun ini memerlukan waktu yang lama. Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan pra-rencana.

Kelompok pembebanan listrik dalam suatu bangunan atau gedung umumnya adalah sebagai berikut: (Sunarno, 2006, 7)

- a. Pencahayaan listrik
- b. Stop kontak untuk peralatan rumah tangga maupun motor motor kecil
- c. Ventilasi gedung dan *air conditioner* (AC)
- d. *Plumbing/sanitair* (pompa air dan lain lain)
- e. Transportasi vertikal (*lift* dan eskalator)
- f. Peralatan dapur (kulkas, *rice cooker*, kompor listrik, dll)
- g. Peralatan khusus (laboratorium, komputer)
- h. Sistem keamanan (pemadam kebakaran, dll)

2. Menghitung Daya Listrik

Setelah beban-beban yang ada dalam suatu bangunan ditentukan, selanjutnya hitung daya listrik yang ada pada peralatan listrik tersebut. Baik daya beban itu sendiri, daya per-ruangan, maupun daya total. (Zainal Mustofa, 2017)

Daya terbagi menjadi tiga, yaitu:

a. Daya nyata

Daya nyata (*real power*) adalah beban yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban yang bersifat

resistansi, contoh pada lampu, Satuan dari daya nyata adalah *watt*.

b. Daya semu

Daya semu adalah perkalian antara arus dan tegangan yang dinyatakan dalam satuan VA (*volt ampere*).

c. Daya reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang dibutuhkan untuk medan magnet, beban yang bersifat daya reaktif adalah beban yang bersifat induktif, contoh pada motor listrik. Daya reaktif dinyatakan dalam satuan VAR (*volt ampere reaktif*).

Adapun rumus daya nyata/aktif, daya semu, dan daya reaktif sebagai berikut:

a. Untuk satu fasa

$$\text{Daya nyata } P = V \times I \times \cos\phi \quad (2.5)$$

$$\text{Daya Semu } S = V \times I \quad (2.6)$$

$$\text{Daya Reaktif } Q = V \times I \times \sin\phi \quad (2.7)$$

b. Untuk tiga fasa

$$\text{Daya nyata } P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \quad (2.8)$$

$$\text{Daya Semu } S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (2.9)$$

$$\text{Daya Reaktif } Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\phi \quad (2.10)$$

Keterangan:

V : Tegangan (*volt*)

I : Arus (*Ampere*)

Cos ϕ /Sin ϕ : Faktor daya

3. Menghitung Kuat Arus Listrik

Langkah selanjutnya adalah menghitung kuat arus listrik untuk masing-masing titik beban per-ruangan, maupun arus total. Untuk perhitungan rumus di atas.

4. Menentukan Jenis Kabel Instalasi Listrik

Berdasarkan perhitungan kuat arus listrik selanjutnya ditentukan kabel yang paling cocok. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut: (Sunarno, 2006, 5)

a. Jenis Kabel

Berdasarkan penggunaannya dapat dibedakan menjadi:

1) Kabel Instalasi

Kabel instalasi digunakan untuk instalasi listrik dalam gedung untuk beban-beban yang bertegangan kecil/rendah, contoh lampu, peralatan elektronik, dan lain-lain.

2) Kabel Kontrol

Kabel kontrol digunakan untuk instalasi listrik dalam gedung, contoh pada panel (*switching station*), *industrial plant*, dan lain-lain.

3) Kabel Power (*Power Cable*)

Kabel power digunakan untuk instalasi listrik dalam gedung maupun dalam tanah (*underground power cable*).

Berdasarkan tegangan maksimum yang ditahan

- a) *Low voltage* (beroperasi pada daerah tegangan 0,6 - 1 kV).
- b) *Medium voltage* (beroperasi pada daerah tegangan 3,6 - 6kV).
- c) *High voltage* (beroperasi pada daerah tegangan 6 - 10 kV).
- d) *Extra high voltage* (beroperasi pada daerah tegangan sampai 170 kV).

b. Luas penampang kabel

Untuk menentukan luas penampang kabel dapat digunakan dua cara, yaitu:

1) Cara rumus

Luas penampang kabel yang dihitung dengan menggunakan rumus di atas. Perhitungan dengan cara ini digunakan untuk instalasi dengan beban berdaya rendah (untuk aplikasi dalam rumah tangga).

2) Cara tabel

Cara yang paling umum digunakan adalah dengan menggunakan tabel. Cara ini terutama dipakai untuk instalasi listrik dengan daya besar yang melibatkan AC, *lift*, pompa, motor listrik dan lain-lain. Tabel ini berisi penggunaan, spesifikasi, arus maksimum, berat, kemampuan hantar (dalam satuan panjang), diameter dan lain-lain.

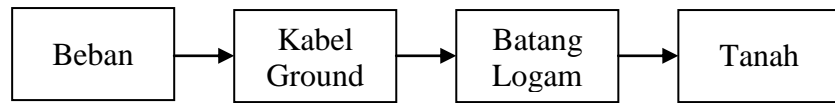
2.2.3 Perancangan Sistem Pentanahan (Grounding System)

2.2.3.1 Dasar-dasar Perancangan Sistem Pentanahan

Komponen elektronika yang sedang bekerja menyebabkan timbulnya radiasi elektromagnetik, seperti imbas elektromagnetik, ggl induksi, dan arus induksi yang dilepaskan keluar. Besaran-besaran ini menyebabkan efek radiasi pada komponen elektronika yang lain. Radiasi ini bersifat merusak. Jika hal ini dibiarkan maka akan menimbulkan kerusakan yang mengakibatkan terjadinya pemborosan maupun munculnya bahaya kebakaran (risiko tersengat listrik). Oleh karena itu perlu diterapkan sistem pentanahan (*grounding system*) yang dapat menetralisasi pengaruh tersebut. (Sunarno, 2006, 6)

Prinsip kerja dari sistem pentanahan adalah mengalirkan arus induksi dan efek-efek lain yang timbul ke dalam tanah.

Diagram blok sistem pentanahan menggunakan elektroda batang.



Gambar 2.1 Diagram blok sistem pentanahan menggunakan elektroda batang

Sumber: Sunarno, (2006, 6)

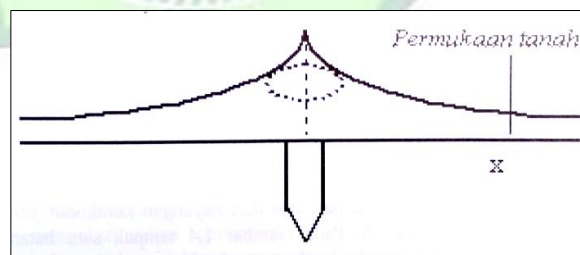
Keterangan gambar:

1. Setiap beban yang diperkirakan akan mengeluarkan arus induksi, maka dipasang terminal untuk disalurkan ke kabel *ground*.
2. Batang logam ditanamkan ke dalam tanah yang mengandung air atau dibuat sumur di dalam tanah. Jumlah batang logam yang ditanam, tergantung dari banyaknya beban. Semakin banyak beban, maka batang yang ditanamkan semakin banyak.

2.2.3.2 Bentuk-bentuk Elektroda Pentanahan

1. Pentanahan *rod* (elektroda batang)

Di bawah ini diperlihatkan distribusi tegangan yang terjadi untuk satu batang elektroda dan dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah, di mana arus mengalir dari elektroda tersebut ke tanah sekitarnya.



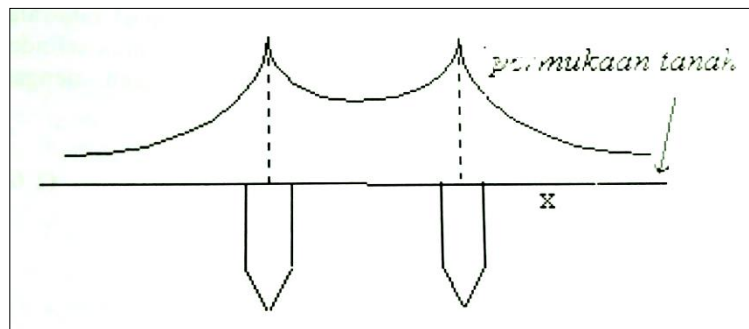
Gambar 2.2 Distribusi tegangan sekitar satu batang elektroda

Sumber: Sunarno (2006, 7)

di mana:

U_x = Tegangan elektroda pentanahan atau tegangan antara elektroda dengan tanah

X = Jarak dari elektroda



Gambar 2.3 Distribusi tegangan sekitar dua batang elektroda

Sumber: Sunarno (2006, 7)

Dengan demikian, semakin banyak jumlah elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah, maka tahanan pentanahan semakin kecil dan distribusi tegangan akan semakin merata.

2. Satu batang elektroda ditanam tegak lurus ke dalam tanah

Dari suatu konduktor terdapat hubungan antara tahanan dan kapasitansi sebesar: (Sunarno, 2006, 8)

$$R = \rho / 2 \pi C \quad (2.11)$$

di mana:

R = Tahanan (Ohm)

ρ =Tahanan jenis tanah tiap lapisan (ohm-m)

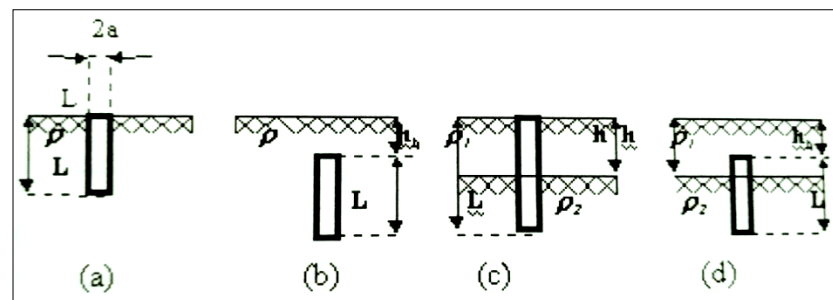
C = Kapasitansi (*statt Farad*)

Kapasitansi ini termasuk kapasitansi dari bayangan konduktor yang ditanam ke dalam tanah. Pada Gambar 2.4 tampak satu batang elektroda berbentuk silinder berdiameter $2a$ dengan panjang L yang ditanam tegak lurus permukaan tanah, dengan bayangan di atas permukaan tanah. Untuk menghitung kapasitansi elektroda pentanahan dan bayangan digunakan metode potensial rata-rata menurut G.W.O. Home. Dalam persoalan pentanahan, elektroda pentanahan merupakan bahan penghantar yang membawa muatan listrik yang terdistribusi (menyebar) di sekeliling elektroda. Dengan cara seperti ini potensial di setiap tempat pada permukaan elektroda akan sama.

Bila pada elektroda tersebut diberikan suatu muatan yang merata maka kapasitansi dapat dihitung dengan metode potensial rata-rata.

Hasil yang didapatkan untuk satu batang elektroda berbentuk selinder yang ditanam seluruhnya di dalam tanah dinyatakan dengan persamaan (2.6):

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad (2.12)$$



Gambar 2.4 Satu batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah

Sumber: Sunarno (2006, 9)

Oleh sebab itu tahanan dari satu batang elektroda yang ditanam tegak lurus permukaan tanah, menurut H.B. Dwight, didapat dengan mensubstitusikan persamaan (2.6) ke dalam persamaan (2.5) sehingga diperoleh persamaan untuk gambar (2.4.a) sebagai berikut:

$$R_{d1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad (2.13)$$

Untuk elektroda batang yang ditanam tegak lurus dan pada kedalaman beberapa cm di bawah permukaan tanah (Gambar 2.4.b) berlaku hubungan:

$$R_{d1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \left(\frac{2L}{a} \right) - 1 \right) \quad (2.14)$$

Untuk Gambar (2.4.e), satu batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah dan menembus lapisan kedua tanah tersebut. Dalam hal ini berlaku persamaan:

$$R_{d1} = R_a = \frac{\rho_2}{2\pi L} \left(\ln \left(\frac{4L}{a} \right) - 1 \right) \quad (2.15)$$

Untuk Gambar (2.4.d), satu batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah pada kedalaman beberapa cm di bawah permukaan tanah dan menembus lapisan kedua tanah tersebut. Dalam hal ini berlaku persamaan: (Sunarno, 2006, 10)

$$R_{d1} = R_b = \frac{P_2}{2\pi(h-h_b)} \left(\ln\left(\frac{2L}{a}\right) - 1 + \frac{\ln 2}{1 + \frac{(4L\pi^2)h_b}{L}} \right) + \frac{P_1}{h} \emptyset_o \quad (2.16)$$

$$\emptyset_o = \frac{\frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{1-K}{1+K} \right)}{\sqrt{\left(\frac{N}{F_o} \right)^2 + 1}} \quad (2.17)$$

$$F_o = \frac{L}{1-0,9K} \quad (2.18)$$

di mana:

R_{d1} : Tahanan untuk satu batang elektroda yang ditanam tegak lurus permukaan tanah (Ohm)

L : Panjang elektroda batang (meter)

a : Jari-jari batang elektroda (cm)

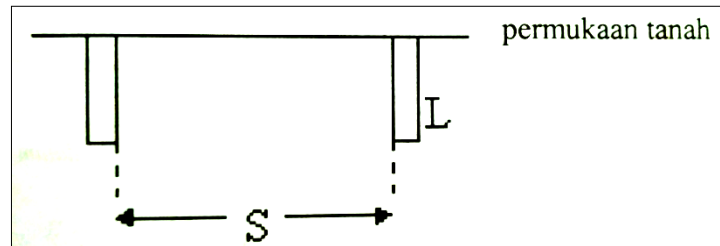
ρ : Tahanan jenis tanah rata-rata (Ohm-m)
(indeks 1 atau 2 menunjukkan lapisan tanah)

hb : Kedalaman penanaman elektroda (meter)

3. Dua batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah

Susunan dari dua batang elektroda berbentuk silinder dengan panjang L yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah dengan jarak antara elektroda tersebut sebesar S seperti tampak pada Gambar 2.5. Nilai tahanan pentanahan dan tahanan jenis tanah relatif tinggi sehingga untuk menguranginya dilakukan dengan menanamkan batang-batang elektroda pentanahan dalam jumlah cukup banyak. Untuk dua batang elektroda pentanahan yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah oleh *Dwight, JL. Marshall* dengan memperhatikan efek bayangan, biasanya adalah dengan menghitung tegangan pada salah satu batang elektroda yang disebabkan oleh distribusi muatan yang merata di batang elektroda itu sendiri dan pada batang elektroda yang lain termasuk

bayangannya. Tegangan rata-rata yang disebabkan oleh muatan batang elektroda itu sendiri dan tegangan rata-rata yang disebabkan oleh muatan batang elektroda yang lain kemudian dihitung. Tegangan total rata-rata diperoleh dengan menjumlahkan keduanya.



Gambar 2.5 Dua batang elektroda ditanam tegak lurus ke dalam tanah

Sumber: Sunarno (2006, 11)

Rumus tahanan pentanahan untuk dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah adalah:

$$R_{d2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln\left(\frac{4L}{a}\right) - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \right) \quad (2.19)$$

Untuk $S > L$

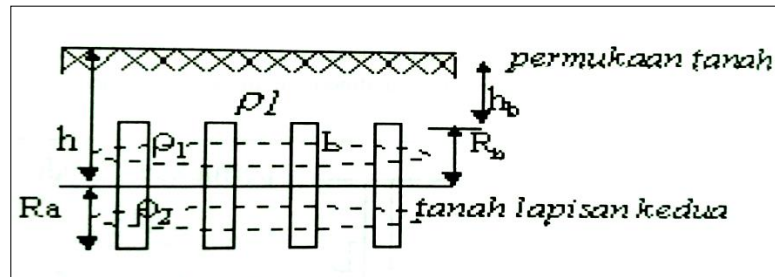
$$R_{d2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln\frac{4L}{a} + \ln\frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \right) \quad (2.20)$$

Untuk $S > L$

di mana S merupakan jarak antara kedua elektroda (meter).

4. Beberapa batang elektroda (*multiple-rod*) yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah

Jika batang-batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah dalam jumlah yang lebih banyak maka tahanan pentanahan akan semakin kecil dan distribusi tegangan pada permukaan tanah akan lebih merata. Penanaman elektroda yang tegak lurus ke dalam tanah dapat berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang dengan jarak antara batang elektroda pentanahan adalah sama seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Beberapa batang elektroda ditanam tegak lurus ke dalam tanah

Sumber: Sunarno (2006, 12)

2.2.4 Peralatan Instalasi

Peralatan yang digunakan dalam instalasi listrik banyak sekali ragamnya. Jenis peralatan yang digunakan terutama tergantung pada sifat dan keadaan ruang.

Peralatan instalasi ini terdiri dari isolator, pipa, benda bantu, sklar dan hantaran. (Sunarno, 2006, hal 15)

2.2.4.1 Benda Isolasi (Isolator)

Isolator digunakan untuk menutupi/membungkus hantaran listrik agar aman. Aturan yang berlaku dalam pemasangan isolator adalah sebagai berikut: (Sunarno, 2006, hal 15)

1. Isolator harus dibuat dari bahan porselen atau dari bahan lain yang sekurang-kurangnya sederajat.
2. Permukaanya harus licin serta sudut-sudutnya harus tidak tajam.
3. Pemasangan isolator harus cukup kuat sehingga tidak ada gaya mekanis berlebihan yang bekerja padanya.
4. Pemasangan isolator untuk penghantar yang berlainan fasa, jaraknya tidak boleh kurang dari 3 cm.

2.2.4.2 Pipa Instalasi

Pipa instalasi adalah untuk melindungi pemasangan kawat penghantar. Dengan pemasangan pipa instalasi akan diperoleh bentuk instalasi yang rapi dan aman.

Pipa instalasi dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu pipa baja, pipa PVC dan pipa fleksibel. (Sunarno, 2006, hal 16)

1. Pipa baja dicat dengan meni

Pipa baja lebih kuat dan lebih tahan terhadap panas dan nyala api.

2. Pipa PVC

Pipa PVC memiliki sifat antara lain:

- 1) Daya isolasinya baik sehingga mengurangi kemungkinan gangguan tanah yang dapat menyebabkan kebakaran.
- 2) Tahan terhadap hampir semua bahan kimia sehingga tidak perlu dicat.
- 3) Tidak menyalurkan nyala api.

3. Pipa fleksibel

Pipa fleksibel dibuat dari logam yang mudah diatur dan lentur.

Pada umumnya pipa instalasi listrik dijual dalam potongan empat meter dengan diameter yang berbeda-beda.

Ada berbagai aturan yang berlaku dalam desain pemasangan pipa instalasi. Aturan-aturan itu selengkapnya adalah sebagai berikut:

- 1) Pipa PVC tidak dapat digunakan untuk suhu di atas 60 °C.
- 2) Kerusakan mekanis dapat dihindarkan dengan adanya pipa instalasi di tempat-tempat yang diperlukan.
- 3) Pipa baja yang ada dalam jarak jangkauan tangan atau dalam ruang terbuka harus ditanahkan atau di *ground* secara sempurna atau dipasang isolator agar aman terhindar dari hal yang tidak diinginkan.
- 4) Pembengkokan pipa harus dibengkokkan dengan sewajarnya sehingga tidak terjadi penggepengan dan terkelupas.

- 5) Pipa instalasi yang tidak ditanam dengan sempurna harus dipasang dengan baik menggunakan alat penopang yang jarak di antaranya tidak boleh kurang dari satu meter.

2.2.4.3 Benda Bantu

Macam-macam benda bantu yang digunakan dalam instalasi listrik sebagai berikut: (Sunarno, 2006, hal 17)

a. Kotak sambung

Kontak sambung digunakan untuk tempat sambungan kabel agar aman. Kontak sambung terbagi menjadi tiga yaitu kontak sambung cabang dua, cabang tiga, dan cabang empat.

b. Kotak normal

Penggunaan kotak normal dapat menghemat pipa, karena diletakkan di tempat-tempat yang menguntungkan.

Namun ada kerugiannya, yaitu:

- a. Letak kotaknya tersebar sehingga memberi kesan kacau.
- b. Bila terjadi gangguan, kotaknya sulit dicapai, apalagi bilamana bangunannya bertingkat.

c. Kotak sentral

Kontak sentral adalah kontak untuk mengatasi kerugian kotak normal maka digunakan kotak sentral. Dengan menggunakan kotak sentral maka seluruh instalasinya mudah dicapai.

Jenis-jenis yang digunakan adalah:

- a. Kotak sentral dengan delapan lubang pemasukan pipa mendatar.
- b. Kotak beton

Kotak sentral digunakan dalam lantai beton. Biasanya kotak ini dan instalasinya diikat pada rangka besi beton bersamaan dengan pengecoran.

d. Kotak banula

Instalasi dengan kotak banula selalu dipasang tampak, tidak ditanam, kontak banula digunakan di rumah sakit atau gedung

dengan banyak lorong panjang, dan juga sepanjang langit-langit bersamaan dengan pipanya.

e. Kotak rangkaian ganda

Kotak ini digunakan untuk gedung yang besar. Setiap kotak dibuat secara khusus sesuai dengan kebutuhan. Umumnya digunakan untuk beberapa rangkaian sekaligus sehingga lebih menghemat kotak.

f. Klem (sengkang)

Klem berfungsi untuk menjepit pipa-pipa instalasi listrik yang di pasang di dinding-dinding atau di langit-langit.

g. Lengkungan Siku (*elbow*)

Lengkungan Siku (*elbow*) berfungsi untuk jalan pipa yang berbelok atau siku-siku.

h. Isolasi

Isolasi berfungsi untuk mengisolasi sambukan kawat yang telah dipilin terlebih dahulu.

2.2.4.4 Sakelar

Sakelar digunakan untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik. Desain sakelar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut: (Sunarno, 2006, hal 18)

- a. Harus dapat melayani secara umum tanpa memerlukan alat bantu.
- b. Jumlahnya harus cukup sehingga tidak merepotkan, memudahkan perbaikan dan pemeliharaan.
- c. Dalam keadaan terbuka, sakelar harus tidak bertegangan.
- d. Harus tidak dapat menghubungkan dengan sendirinya karena pengaruh gaya berat, misalnya.
- e. Kemampuan sakelar harus sebanding dengan alat/beban yang digunakan, tetapi tidak boleh lebih dari 5A.

Untuk penempatan sakelar sebagai berikut:

- a. Sakelar penerangan umumnya diletakkan dekat pintu.

- b. Sakelar dipasang dengan ketinggian tidak kurang dari 1,5 m di atas tanah.

Sakelar dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut:

1. Sakelar kotak

Untuk instalasi penerangan umumnya digunakan sakelar kotak, untuk menyalakan dan mematikan lampu. Menurut fungsinya dapat dibedakan sebagai berikut:

- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1) Sakelar kutub satu. | d. Sakelar silang |
| 2) Sakelar kutub dua. | e. Sakelar Tukar |
| 3) Sakelar seri. | |

Menurut bentuknya dapat dibedakan sebagai berikut:

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1) sakelar putar. | d. Sakelar Jungkit |
| 2) Sakelar tarik. | e. Sakelar tombol tekan |
| 3) Sakelar jungkir. | |

2. Sakelar tumpuk atau sakelar pekat

Sakelar tumpuk adalah suatu sakelar putar jenis tertutup. Mekanik penggerakannya memiliki pemutusan sesaat dengan empat kedudukan. Konstruksinya sedemikian sehingga dapat diputar ke kiri dan ke kanan sebesar 90.

3. Sakelar sandung.
4. Sakelar giling.
5. Sakelar tuas.

2.2.4.5 Stop Kontak

Stop kontak adalah komponen instalasi listrik yang berfungsi sebagai tempat/terminal listrik yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik ke peralatan listrik lain dengan cara menancapkan jack ke dalamnya. (<http://answer.yahoo.com>)

Untuk stopkontak cadangan peralatan kantor diperhitungkan 20 % dari beban lampu. (http://dictionary.basabali.org/User:Agus_widodo)

2.2.4.6 Penghantar

Penghantar ialah suatu benda yang berbentuk logam ataupun non logam yang bersifat konduktor atau dapat mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain. Ada dua macam penghantar listrik yaitu: (Nurfitri, 2016)

1. Kawat

Kawat ialah penghantar tanpa isolasi (telanjang) contoh sebagai berikut:

- 1) Kawat BC (*Bare Copper*)
- 2) Kawat BCC (*Bare Copper Conductor*)
- 3) Kawat AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*)
- 4) Kawat ACSR (*Aluminium Conduct Steel Reinforced*)
- 5) Kawat ACAR (*All Conduct Alloy Reinforced*)

2. Kabel

a. Kabel NYA

Kabel NYA berinti kawat tunggal, merupakan kabel udara, digunakan untuk instalasi rumah, lapisan isolator hanya satu lapis.

b. Kabel NYM

Kabel NYM berintikan kawat 2, 3, atau 4 kawat tunggal dan masing-masing inti mempunyai isolasi, jadi kabel NYM seperti beberapa kabel NYA yang dijadikan satu.

c. Kabel NYY

Kabel NYY berinti kawat tunggal dengan jumlah inti 2, 3, dan 4. Bahan isolator lebih kuat disbanding NYM, pemakaian di dalam tanah, *outdoor*, lapisan isolator dilengkapi dengan bahan anti gigitan tikus.

d. NYAF

Kabel NYF kabel listrik berserabut berinti tunggal, terbuat dari bahan tembaga, dilapisi isolator PVC kualitas menengah,

digunakan di area kering, penggunaan sangat cocok di jalur belokan tajam.

e. NYFGby

Kabel NYFGby adalah jenis kabel listrik yang dilapisi isolator PVC warna hitam dan logam di bagian dalam. Kabel ini diaplikasikan untuk tegangan menengah seperti untuk suplay penerangan lampu jalan, penghubung antar panel. Kabel ini cukup keras dan tidak lentur dan bisa digunakan untuk instalasi bawah tanah, di dalam ruangan, saluran-saluran, tempat-tempat terbuka yang membutuhkan perlindungan ekstra. (Prih Sumardjati, 2008, 49)

3. Nomenklatur Kode-Kode Kabel Di Indonesia

Kode pengenal kabel-kabel dapat dikenali dengan menggabungkan huruf sebagai berikut: (Nurfitri, 2016)

Huruf Kode Komponen

- N : Kabel jenis standar dengan tembaga sebagai penghantar
- NA : Kabel jenis standar dengan aluminium sebagai penghantar
- Y : Isolasi PVC
- Re : Penghantar padat bulat
- M : Selubung PVC
- A : Kawat Berisolasi
- rm : Penghantar bulat berkawat banyak
- se : Penghantar padat bentuk sektor
- sm : Penghantar dipilin bentuk sektor
- 1 : Kabel warna urat dengan hijau-kuning
- 0 : Kabel warna urat tanpa hijau-kuning.

Kabel listrik berpenghantar tembaga dan berisolasi PVC yang terpasang secara permanen di dalam rumah harus dengan ukuran minimal $2,5 \text{ mm}^2$, berapapun jumlah daya listrik yang terpasang dan hanya boleh dialiri listrik maksimal 10 A.

4. Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Kemampuan hantar arus (KHA) adalah arus maksimum yang dapat dialirkan dengan kontinyu oleh penghantar pada keadaan tertentu tanpa menimbulkan kenaikan suhu yang melampaui nilai tertentu (PUIL 2000, 10)

Untuk Arus Searah:

$$I_n = \frac{P \text{ (watt)}}{V \text{ (volt)}} \text{ (Ampere)} \quad (2.21)$$

Untuk arus bolak balik satu fasa:

$$I_n = \frac{P \text{ (watt)}}{V \text{ (volt)}} \text{ (Ampere)} \quad (2.22)$$

Untuk arus bolak balik tiga fasa:

$$I_n = \frac{P \text{ (watt)}}{3 \cdot V \text{ (volt line-netral)} \cdot \cos\phi} \text{ (Ampere)} \quad (2.23)$$

Menurut PUIL 2000 Bab 5 pasal 5.5.3.1 bahwa “Penghantar sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125% arus pengenalan beban penuh”.

$$\text{Arus Beban} = 125\% \times I_n \text{ (Ampere)} \quad (2.24)$$

Keterangan:

I_n = Arus Nominal Beban Penuh (Ampere)

P = Daya Aktif (Watt)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

Berdasarkan Tabel KHA (Kemampuan Hantar Arus) di PUIL 2000, untuk kabel jenis NYM KHA terus menerus adalah sebagai berikut:

- a. Luas penampang kabel $2,5 \text{ mm}^2 = 26 \text{ A}$
- b. Luas penampang kabel $4 \text{ mm}^2 = 34 \text{ A}$
- c. Luas penampang kabel $6 \text{ mm}^2 = 44 \text{ A}$
- d. Luas penampang kabel $10 \text{ mm}^2 = 61 \text{ A}$
- e. Luas penampang kabel $16 \text{ mm}^2 = 82 \text{ A}$

Sedangkan untuk kabel jenis NYY KHA terus menerus adalah sebagai berikut dapat dilihat ditabel 2.2

Tabel 2.1 Kuat Hantar Arus

No	Jenis Kabel	Luas Penampang (mm ²)	KHA TERUS MENERUS					
			Berinti tunggal		Berinti Dua		Berinti Tiga	
			di tanah	di udara	di tanah	di udara	di tanah	di udara
(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)			
1		1,5	40	26	31	20	26	18,5
2		2,5	54	35	41	27	36	25
3		4	70	46	54	37	44	34
4	NYN	6	90	58	68	48	56	43
5	NYBY	10	122	79	92	66	75	60
6	NYFGbY	16	160	105	121	89	98	80
7	NYRGbY	25	206	140	153	118	128	106
8	NYCY	35	249	174	187	145	157	131
9	NYCWY	50	296	212	222	176	185	159
10	NYSY	70	365	269	272	224	228	202
11	NYCEY	95	438	331	328	271	275	244
12	NYSEY	120	499	386	375	314	313	282
13	NYHSY	150	561	442	419	361	353	324
14	NYKY	185	637	511	475	412	399	371
15	NYKBY	240	743	612	550	484	464	436
16	NYKFGbY	300	843	707	525	590	524	481
17	NYKRGbY	400	986	859	605	710	600	560
18		500	1125	1000				

(Sumber : PUIL, 2000, hal 30)

Rumus yang harus dipergunakan untuk dapat menentukan luas penampang penghantar yang diperlukan berdasarkan rugi tegangan ialah:

Untuk Penampang Searah:

$$A = \frac{2 x \ell x I}{\gamma x U} \text{ mm}^2 \quad (2.25)$$

Untuk Penampang Satu Fasa:

$$A = \frac{2 x \text{Cos}\theta x \ell x I}{\gamma x U} \text{ mm}^2 \quad (2.26)$$

Untuk Penampang Tiga Fasa:

$$A = \frac{\sqrt{3} x \text{Cos}\theta x \ell x I}{\gamma x U} \text{ mm}^2 \quad (2.27)$$

Dimana:

A = Luas penampang penghantar dalam mm²

γ = Daya hantar jenis penghantar Ω m

U = Rugi tegangan penghantar dalam *volt*

ℓ = Panjang penghantar dalam meter

I = Kuat arus dalam penghantar dalam *ampere*

$\text{Cos } \phi$ = Faktor daya

2.2.4.7 Fitting

Komponen yang berfungsi sebagaiudukan posisi lampu, memiliki tingkat isolasi yang tinggi dan juga mempunyai ketahanan terhadap panas. (Mustofa, Budi. 2017)

2.2.5 Sistem Penangkal Petir

Kilat yang terjadi ketika hujan badai berasal dari muatan listrik yang timbul dari aliran udara di dalam awan. Perbedaan timbunan muatan listrik membangkitkan kilatan petir dalam awan, antara gumpalan awan yang satu dengan yang lain, atau antara awan dengan bumi. Kilat biasanya terjadi pada ketinggian sekitar 10 km dan menimbulkan lima sampai sepuluh kilatan dalam satu menit, namun sebagian besar tidak terlihat karena terjadi di dalam awan.

Adakalanya kilat mencapai bumi dan dapat menimbulkan kebakaran, melukai manusia atau bahkan membunuhnya. Salah satu sifat dari muatan listrik adalah saling tarik-menarik antara muatan positif dan negatif. Sifat ini digunakan alat penangkal petir untuk menarik petir dan menyalurkannya ke tanah sebelum petir tersebut menyambar bangunan.

Petir merupakan kejadian alam di mana terjadi loncatan muatan listrik antara awan dengan bumi. Loncatan muatan listrik tersebut diawali dengan mengumpulnya uap air di dalam awan. Ketinggian antara permukaan atas dan permukaan bawah pada awan dapat mencapai jarak sekitar 8 km dengan temperatur bagian bawah sekitar 60°F dan temperatur bagian atas sekitar -60°F . Akibatnya, di dalam awan tersebut akan terjadi kristal-kristal es. Karena di dalam awan terdapat angin ke segala arah, maka kristal-kristal es tersebut akan saling bertumbukan dan

bergesekan sehingga terpisahkan antara muatan positif dan muatan negatif.

Pemisahan muatan inilah yang menjadi sebab utama terjadinya sambaran petir. Pelepasan muatan listrik dapat terjadi di dalam awan, antara awan dengan awan, dan antara awan dengan bumi, tergantung dari kemampuan udara dalam menahan beda potensial yang terjadi.

Petir yang kita kenal sekarang ini terjadi akibat awan dengan muatan tertentu menginduksi muatan yang ada di bumi. Bila muatan di dalam awan bertambah besar, maka muatan induksi pun semakin besar pula sehingga beda potensial antara awan dengan bumi juga semakin besar. Kejadian ini diikuti pelopor menurun dari awan dan diikuti pula dengan adanya pelopor menaik dari bumi yang mendekati pelopor menurun. Pada saat itulah terjadi apa yang dinamakan petir.

Petir yang ditarik kemudian disalurkan ke dalam tanah, Macam-macam konduktor dapat digunakan untuk mengalirkan energi petir ke tanah. Karakteristiknya yang utama adalah *steel frame* (rawan terhadap putus gagal sambungan yang menyebabkan loncatan petir dan adanya arus induksi di sekeliling arus petir), *bare copper* (ada arus induksi di line sekeliling arus petir), dan *coaxial cable* (arus induksi disekap di dalam kabel) Sedangkan untuk grounding terminal dapat berupa batang tembaga, lempeng tembaga atau kerucut tembaga, semakin luas permukaan terminal dan semakin rendah tahanan tanah, maka semakin baik sistem pentanahannya.

Panjang kanal petir dapat mencapai beberapa kilometer, dengan rata-rata 5 km. Kecepatan pelopor menurun dari awan bisa mencapai 3% dari kecepatan cahaya. Sedangkan kecepatan pelepasan muatan balik imencapai 10% dari kecepatan cahaya. (Sunarno, 2006, hal 52)

2.2.5.1 Sistem Perlindungan Petir

Mengingat akibat sambaran petir cukup berbahaya, maka muncullah berbagai usaha untuk mengatasi sambaran petir. Teknik penangkal petir pertama kali ditemukan oleh Benyamin

Franklin dengan menggunakan *interceptor* (terminal udara) yang dihubungkan dengan konduktor metal ke tanah. Teknik ini selanjutnya terus dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang efektif. Dalam teknik penangkal petir dikenal 2 macam sistem, yaitu: (Sunarno, 2006, 53)

1. Sistem Penangkal Petir

Sistem ini menggunakan ujung metal yang runcing sebagai pengumpul muatan dan diletakkan pada tempat yang tinggi sehingga petir diharapkan menyambar ujung metal tersebut terlebih dahulu. Sistem ini memiliki kelemahan di mana apabila sistem penyaluran arus petir ke tanah tidak berfungsi dengan baik maka ada kemungkinan timbul kerusakan pada peralatan elektronik yang sangat peka terhadap medan transien.

Ada beberapa macam alat penangkal petir yang biasa digunakan, yaitu:

- a. *Franklin Rod*, berupa kerucut tembaga dengan daerah perlindungan berupa kerucut imajiner dengan sudut puncak 112° . Agar daerah perlindungan besar, *Franklin rod* dipasang pada pipa besi (dengan tinggi 1-3 meter), Makin jauh dari *Franklin rod* makin lemah perlindungannya. *Franklin rod* dapat dilihat berupa tiang-tiang di bubungan atap bangunan.
- b. *Faraday Cage*, untuk mengatasi kelemahan *Franklin Rod* karena adanya daerah yang tidak terlindungi dan daerah di mana perlindungan melemah, bila jarak makin jauh dari *Franklin Rod* maka dibuat sistem *Faraday Cage*. *Faraday Cage* mempunyai sistem dan sifat seperti *Franklin Rod*, tapi pemasangannya di seluruh permukaan atap dengan tinggi tiang yang lebih rendah.
- c. *Ionization Corona*, yang bersifat menarik petir untuk menyambar ke kepalanya dengan cara huluhan memancarkan ion-ion ke udara. Kerapatan ion makin besar bila jarak ke

kepalanya semakin dekat. Pemancaran ion dapat menggunakan generator listrik atau baterai cadangan (generated ionization) atau secara alamiah (natural ionization), Area perlindungan sistem ini berupa bola dengan radius mencapai sekitar 120 meter dan radius ini akan mengecil sejalan dengan bertambahnya umur. Sistem ini dapat dikenali dari kepalanya yang dikelilingi 3 bilah pembangkit beda tegangan dan dipasang pada tiang tinggi.

- d. Radioaktif, meskipun merupakan sistem penarik petir terbaik. namun sudah dilarang penggunaannya karena radiasi yang dipancarkannya dapat mengganggu kesehatan manusia. Selain itu sistem ini akan berkurang radius pengamanannya bersamaan dengan waktu radioaktifnya.

2. *Dissipation Array System* (DAS)

Sistem ini menggunakan banyak ujung runcing (*point discharge*) di mana setiap bagian benda yang runcing akan mengarahkan muatan listrik dari benda itu sendiri ke molekul udara di sekitarnya. Sistem ini mengakibatkan turunya beda potensial antara awan dengan bumi sehingga mengurangi kemampuan awan untuk melepaskan muatan listriknya.

2.2.5.2 Instalasi Penangkal Petir

Instalasi penangkal petir ialah instalasi suatu sistem dengan rute komponen-komponen dan peralatan-peralatan yang secara keseluruhan berfungsi untuk menangkap petir dan menyalurkannya ke tanah, sehingga semua bagian dari bangunan beserta isinya atau benda-benda yang dilindunginya terhindar dari bahaya sambaran petir. (Sunarno, 2006, hal 55)

Instalasi penangkal petir terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut:

1. Penangkal di atas tanah, ialah penghantar yang dipasang di atas atap sebagai penangkap petir, berupa elektroda logam yang dipasang dengan posisi mendatar.
2. Penghantar pada dinding atau di dalam bangunan, sebagai penyalur arus petir ke tanah, terbuat dari tembaga, baja *galvanish*, atau alumunium.
3. Elektroda-elektroda tanah, antara lain:
 - a. Elektroda pita (*strip*), yang ditanam minimum 0.5-1 m dari permukaan tanah.
 - b. Elektroda batang, dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan tegak lurus dalam tanah sedalam 12 m.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan dan memasang sistem penangkal petir adalah:

1. Keamanan secara teknis, tanpa mengabaikan faktor keserasian arsitektur, perhatian utama harus ditujukan kepada diperolehnya nilai perlindungan terhadap sambaran petir yang efektif. Penampang hantaran hantaran pertanahan yang digunakan.
2. Ketahanan mekanis.
3. Ketahanan terhadap korosi.
4. Bentuk dan ukuran bangunan yang dilindungi.
5. Faktor ekonomis.

Tempat-tempat yang tak terhindar dari sambaran petir:

1. Tempat yang basah dan berair.
2. Tempat terbuka(seperti lapangan).
3. Pohon-pohon yang tinggi.
4. Daerah pinggiran hutan.
5. Bangunan yang tinggi yang tidak dilengkapi dengan instalasi penangkal petir.
6. Transfomator pada gardu induk listrik.

Tempat-tempat yang terhindar dari sambaran petir, antara lain:

1. Bangunan yang dilengkapi dengan instalasi penangkal petir.

2. Kendaraan yang mempunyai karoseri baja.
3. Dalam hutan yang pohon-pohonnya hampir sama tinggi.

Tabel 2.2 Pengaruh Arus Listrik Pada Badan Manusia

Kuat arus yang mengalir melalui badan	Pengaruh pada organ badan manusia	Waktu tahan	Tegangan pada bagian yang ditanahkan jika R pentanahan = 5000 ohm
0,5 mA	terasa mulai kaget	tidak tentu	2,5 v
1 mA	terasa jelas	tidak tentu	5 v
2 mA	mulai kejang	tidak tentu	10 v
5 mA	kejang keras	tidak tentu	25 v
10 mA	sulit untuk melepaskan tegangan	tidak tentu	50 v
15 mA	kejang dengan rasa nyeri. Tidak mungkin melepaskan tegangan	15 sekon	75 v
20 mA	nyeri berat	5 sekon	100 v
30 mA	nyeri yang tak tertahankan	1 sekon	150 v
40 mA	mulai tidak sadar, bahaya maut	0,2 sekon	200 v

Sumber: Sunarno (2006, 56)

Arus listrik antara 15-30 mA sudah dapat mengakibatkan kematian karena manusia yang terkena alirannya sudah sulit untuk melepaskan pegangannya.

Tahanan kulit manusia:

1. Untuk kulit kering 100-500 k.ohm
2. Untuk kulit basah 1 k.ohm

Tegangan arus bolak-balik yang dianggap aman adalah 50 volt nominal ke bawah.

2.2.6 Pencahayaan

2.2.6.1 Istilah

Dalam perancangan sistem pencahayaan dikenal berbagai istilah Adapun istilah yang sering digunakan adalah: (Sunarno, 2006, hal 64)

1. Arus cahaya (*luminous flux*; bersatuan lumen) adalah banyak cahaya yang dipancarkan ke segala arah oleh sebuah sumber cahaya per satuan waktu.
2. Intensitas sumber cahaya (*luminous intensity*; bersatuan candela) adalah kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sebuah sumber cahaya ke arah tertentu. Contoh: sebuah sumber cahaya berintensitas 1 cd (1 lilin) mempunyai flux sebesar 12,57 lumen.
3. Iluminan (*illuminance*; bersatuan lux atau lumen/m^2) adalah besarnya arus cahaya yang datang pada satu unit bidang.
4. Luminan (*luminance*; bersatuan cd/m^2) adalah intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan, atau diteruskan oleh satu unit bidang.
5. Armatur adalah rumah lampu yang berfungsi untuk mengarahkan cahaya, melindungi lampu, dan menempatkan komponen listrik.
6. Renderansi warna adalah efek lampu terhadap warna objek.
7. *Correlated Color Temperatur* (CCT) adalah warna cahaya lampu yang bukan merupakan indikasi efek terhadap warna benda tetapi indikasi efek suasana.

2.2.6.2 Rekomendasi Pencahayaan dalam Gedung

Dalam menentukan besaran-besaran pencahayaan pada ruang-ruang dalam gedung terdapat rekomendasi yang memberikan nilai optimal. Rekomendasi yang diberikan antara lain adalah sebagai berikut: (Sunarno, 2006, hal 67)

Tabel 2.3 tingkat pencahayaan pada rumah tinggal

Tingkat Pencahayaan Pada Rumah Tinggal		
No	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)
1	Teras	60
2	Ruang tamu	120-250
3	Ruang makan	120-250
4	Ruang kerja	120-250
5	Kamar tidur	120-250
6	Kamar mandi	250
7	Dapur	250
8	Garasi	60

Tabel 2.4 tingkat pencahayaan pada perkantoran

Tingkat Pencahayaan Pada Perkantoran			
No	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Keterangan
1	Ruang direktur	350	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor
2	Ruang kerja	350	
3	Ruang komputer	350	
4	Ruang rapat	300	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
5	Ruang gambar	750	
6	Gudang arsip	150	
7	Ruang arsip aktif	300	

Tabel 2.5 tingkat pencahayaan pada lembaga pendidikan

Tingkat Pencahayaan Pada Lembaga Pendidikan			
No	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)	Keterangan
1	Ruang kelas	250	
2	Perpustakaan	300	
3	Laboratorium	500	
4	Ruang gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
5	Kantin	200	

Tabel 2.6 tingkat pencahayaan pada Hotel dan Restoran

Tingkat Pencahayaan Pada Hotel dan Restoran			
No	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)	Keterangan
1	Lobi, koridor	100	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana ruang yang baik Sistem pencahayaan harus dirancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian <i>swicthing and dimming</i> dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan
2	Ballroom/Ruang sidang	200	
3	Ruang makan	250	
4	Cafeteria	250	
5	Kamar tidur	150	diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin
6	Dapur	300	

Tabel 2.7 tingkat pencahayaan pada rumah Sakit

Tingkat Pencahayaan Pada Rumah Sakit			
No	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)	Keterangan
1	Ruang rawat inap	250	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana ruang yang baik
2	Ruang operasi, ruang bersalin	200	Gunakan pencahayaan setempat pada tempat yang diperlukan
3	Laboratorium	500	
4	Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	

Tabel 2.8 tingkat pencahayaan pada Pertokoan/Ruang Pamer

Tingkat Pencahayaan Pada Pertokoan/Ruang Pamer			
No	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)	Keterangan
1	Ruang pameran dengan objek berukuran besar (contoh mobil)	500	Tingkat pencahayaan ini harus dipenuhi pada lantai. Untuk beberapa produk, tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting
2	Toko kue dan makanan	250	
3	Toko buku, alat tulis/gambar	300	
4	Toko perhiasan, arloji	500	
5	Toko barang kulit dan sepatu	500	
6	Toko pakaian	150	
7	Pasar Swalayan	300	
8	Toko alat listrik		

Tabel 2.9 tingkat pencahayaan pada Industri Umum

Tingkat Pencahayaan Pada Industri Umum		
No	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)
1	Ruang parkir	50
2	Gudang	100
3	Pekerjaan kasar	100-200
4	Pekerjaan sedang	200-500
5	Pekerjaan halus	500-1000
6	Pekerjaan amat halus	1000-2000
7	Pemeriksaan warna	750

Tabel 2.10 tingkat pencahayaan pada Industri Umum

Tingkat Pencahayaan Pada Rumah Ibadah		
No	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (<i>lux</i>)
1	Masjid	200
2	Gereja	200
3	Vihara	200

Sumber: Sunarno (2006, 69)

2.2.6.3 Jenis-Jenis Lampu

1. Lampu *Incandescent* atau Lampu Pijar



Gambar 2.7 lampu pijar

Sumber: (<https://informazone.com>)

Lampu *Incandescent* atau biasa disebut lampu pijar atau bohlam. Lampu ini akan menghasilkan cahaya yang berasal dari filamen yang ada di dalam lampu. Ketika filamen dialiri arus listrik, maka filamen menjadi panas kemudian menghasilkan cahaya.

Pada lampu terdapat kaca yang menyelubungi lampu, dan udara di dalam lampu tidak berhubungan langsung dengan udara di luar lampu. Hal ini untuk mengamankan filamen, agar filamen tidak mudah rusak karena mengalami oksidasi.

2. Lampu Halogen



Gambar 2.8 Lampu halogen

Sumber: (<https://informazone.com>)

Lampu halogen adalah sebuah lampu yang menggunakan campuran gas mulia dan sedikit gas halogen untuk mengisi bagian dalam bola lampu. Filamen pada lampu ini mampu beroperasi pada suhu yang lebih tinggi dibanding dengan lampu pijar dan Filamen pada lampu ini lebih tahan lama.

3. Lampu Fluorescent



Gambar 2.9 Lampu *fluorescent*

Sumber: (<https://informazone.com>)

Lampu fluorescent atau lampu neon atau lampu TL merupakan lampu yang beroperasi menggunakan tabung yang berisi gas argon dan merkuri. Di dalam tabung tersebut dialirkan arus listrik sehingga menghasilkan reksi yang memancarkan cahaya yang terang.

4. *Compact Fluorescent Lamps (CFL)*



Gambar 2.10 *Compact Fluorescent Lamps*

Sumber: (<https://informazone.com>)

Compact fluorescent lamps merupakan salah satu jenis lampu yang memiliki cara kerja yang sama dengan lampu *fluorescent*. Hanya saja tabung lampu memiliki ukuran yang lebih kecil dan dibuat melingkar atau seperti sekrup. *Compact fluorescent lamps* lebih unggul dibanding lampu neon biasa, karena menghasilkan panas yang lebih sedikit dan lebih hemat listrik.

5. *Lampu Mercury*



Gambar 2.11 *Lampu Merkuri*

Sumber: (<https://informazone.com>)

Lampu merkuri merupakan salah satu jenis lampu yang memiliki cara kerja yang sama dengan lampu *fluorescent*, yaitu memancarkan cahaya disebabkan terjadinya reaksi antara gas merkuri dengan arus listrik. Hanya saja bentuk *Lampu merkuri* ini lebih kecil dan dibuat berbentuk bulat seperti lampu pijar.

6. *Light Emitting Diode (LED)*



Gambar 2.12 LED

Sumber: (<https://informazone.com>)

Light Emitting Diode (LED) adalah salah satu lampu tanpa menggunakan filamen, lampu ini mengkonsumsi daya yang rendah dan memiliki jangka hidup yang panjang. LED baru muncul ke pasaran dan mulai bersaing dengan produk lampu konvensional. Akan tetapi tidak memiliki cahaya dengan lumen yang sesuai dengan kebutuhan, sehingga tidak dapat sepenuhnya menggantikan lampu pijar, dan lampu jenis lainnya.

2.2.6.4 Menentukan Titik Lampu atau Armatur

Jumlah titik lampu dapat dilakukan dengan cara berikut ini:

1. Tahap awal yaitu dengan menentukan lampu yang digunakan dan ada berapa lampu dalam 1 titik.
2. Menetapkan komponen faktor-faktor refleksi yang harus diperhatikan contoh warna lantai, dinding, dan langit-langit.
3. Mencari indeks ruangan (k)

$$N = \frac{(L \times W \times E)}{\text{lumen lamp} \times LLF \times CU \times n} \quad (2.28)$$

Dimana:

N = Jumlah titik lampu pada ruangan

L = Panjang ruangan (m)

W = Lebar ruangan (m)

E = Kuat penerangan (lux)

Lumen = Lumen lampu

N = Jumlah lampu dalam satu titik

LLF = Light Loss Factor / faktor cahaya rugi (0,7-0,8)

CU = *Coefisien of utilization* / koefisien pemanfaatan (50-65 %)

4. Menentukan efisiensi ruangan (n).
5. Intensitas penerangan (E), contoh pada ruangan-ruangan kantor intensitas penerangan 200 lux, banyak kantor-kantor memakai PC (*Personal Computer*) jadi tidak begitu banyak penerangan.

$$E = \frac{I}{A} (\text{Lux}) \quad (2.29)$$

Dimana:

E = Iluminasi (Lux).

I = Intensitas luminasi (kandela atau cd).

A = Luas bidang permukaan kerja (m^2).

6. Flux cahaya yang di perlukan dapat di hitung dengan rumus :

$$\Phi_o = \frac{ExA}{n} (\text{keadaan baru}) \quad (2.30)$$

$$\Phi_o = \frac{ExA}{nxd} (\text{keadaan yang dipakai}) \quad (2.31)$$

Sehingga total jumlah lampu (n) yang di perlukan dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$n = \frac{\Phi_o}{\phi_{lampu}} \quad (2.32)$$

Sumber: Guruh Setyo Nugroho (2017)

2.2.7 Panel Distribusi

Panel distribusi atau dapat juga disebut dengan PHB (Peralatan Hubung Bagi) pada dasarnya berperan untuk mendistribusikan beban kepanel-panel yang lebih kecil kapasitasnya. Panel Distribusi adalah panel berbentuk almari (*cubicle*), yang dapat dibedan sebagai: (Badan Standarisasi Nasional 2000, 11)

1. Panel Utama / MDP (*Main Distribution Pane*)

Main Distribution Panel menghubungkan langsung antara sumber tenaga listrik dengan *sub distribution panel*.

Digunakan teruma untuk:

- a. *Coupling busbar sections*
- b. *Safety disconnections*

c. *Selectivity vis-à-vis up stream protection equipment*

Dilengkapi terutama dengan:

- a. Pemutus sirkit dan pemutus sirkit tidak otomatis
- b. Tipe pemutus sirkit
- c. Sekreng

2. Panel Cabang / SDP (*Sub Distribution Panel*)

Digunakan untuk:

- a. *Switching* beban listrik
- b. Proteksi kabel, jaringan listrik dan beban
- c. *Safety disconnections*
- d. Proteksi cadangan dan *Selectivity vis-à-vis up stream protection equipment and downstream protection equipment*
- d. Proteksi terhadap tegangan lebih
- e. Kontrol, metering, dan pengukuran

Dilengkapi terutama dengan:

- a. MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)
- b. MCCB (*Mold Case Circuit Breaker*)
- c. Sekreng
- d. Peralatan tambahan untuk control, metering, dan pengukuran.

3. Panel Beban / SSDP (*Sub-sub Distribution Panel*)

Panel ini hampir sama dengan SDP, yang membedakannya adalah kapasitas yang lebih kecil dari SDP.

Digunakan terutama untuk:

- a. Proteksi manusia dan barang
- b. Proteksi beban listrik
- c. Proteksi kabel, jaringan listrik
- d. Proteksi tegangan lebih
- e. *Safety disconnections*
- f. *Monitoring and signaling*
- g. Kontrol
- h. *Metering* dan pengukuran

Dilengkapi dengan:

- a. Pemutus sirkit
- b. *Switch disconnector* dan sekreng *switch-disconnector*
- c. Gawai proteksi arus sisa
- d. Sistem sekreng
- e. MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)
- f. *Earth Leakage Monitors*
- g. *Time switches*
- h. Peralatan mekanik, elektromekanik, dan elektronik pendukung lainnya

2.2.8 Pengaman Instalasi Listrik

Untuk menghindari kerusakan pada instalasi listrik yang disebabkan terjadinya panas pada penghantar listrik oleh beban yang berlebihan atau adanya hubung singkat, maka perlu adanya pengaman instalasi tersebut. Macam-macam peralatan pengaman listrik yang sering dipakai pada instalasi listrik adalah:

2.2.8.1 MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)

MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen termis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi *relay* elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB (*Miniatur Circuit Breaker*) akan memutus jika terjadi arus hubung singkat, beban melebihi rating MCB (*Miniatur Circuit Breaker*) dan juga pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal. MCB memiliki rating dari 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25 A, 32A, 40A, 50A, dan 62A. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa.



Gambar 2.13 MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)

Sumber: <https://www.scribd.com>

2.2.8.2 MCCB (*Mould Case Circuit Breaker*)

MCCB (*Mould Case Circuit Breaker*) merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung.

Jika dilihat dari segi pengaman, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutusan atau rating yang dapat diatur sesuai kebutuhan. MCCB digunakan pada arus diatas 100A.



Gambar 2.14 MCCB (*Mould Case Circuit Breaker*)

Sumber: <https://www.scribd.com>

2.2.8.3 ACB (*Air Circuit Breaker*)

ACB (*Air Circuit Breaker*) merupakan jenis *circuit breaker* dengan sarana pemadam busur api berupa udara. ACB dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Peredam busur api yang timbul akibat proses *switching* maupun gangguan menggunakan udara pada tekanan ruang atmosfer. ACB memiliki kemampuan hantar Arus maksimal yang jauh lebih besar jika

dibandingkan dengan MCB dan MCCB, Kemampuan ACB 630 A - 6300 A.

Pengoperasian pada bagian mekanik ACB dapat dilakukan dengan bantuan solenoid motor ataupun pneumatik. Perlengkapan lain yang sering diintegrasikan dalam ACB adalah:

- a. *Over Current Relay (OCR)*
- b. *Under Voltage Relay (UVR)*



Gambar 2.15 ACB (*Air Circuit Breaker*)

Sumber: <https://www.scribd.com>

2.2.8.4 OCB (*Oil Circuit Breaker*)

OCB (*Oil Circuit Breaker*) adalah jenis *Circuit Breaker* yang menggunakan minyak sebagai sarana pemadam busur api yang timbul ketika terjadi gangguan arus listrik. jika terjadi busur api dalam minyak, maka minyak yang dekat busur api akan berubah menjadi uap minyak dan busur api akan dikelilingi oleh gelembung-gelembung uap minyak dan gas.



Gambar 2.16 OCB (*Oil Circuit Breaker*)

Sumber: <https://www.scribd.com>

2.2.8.5 VCB (*Vacuum Circuit Breaker*)

VCB (*Vacuum circuit breaker*) merupakan *Circuit Breaker* yang memiliki ruang hampa udara untuk memadamkan busur api yang timbul ketika terjadi gangguan arus listrik, pada saat *circuit breaker* terbuka (*open*), sehingga dapat mengisolir hubungan setelah bunga api terjadi, akibat gangguan atau sengaja dilepas. Salah satu tipe dari *circuit breaker* adalah *recloser*. *Recloser* hampa udara dibuat untuk memutuskan dan menyambung kembali arus bolak-balik pada rangkaian secara otomatis.

Pada saat melakukan pengesetan atau pengaturan besaran waktu sebelumnya atau pada saat *recloser* dalam keadaan terputus yang kesekian kalinya, maka *recloser* akan terkunci (*lock out*), sehingga *recloser* harus dikembalikan pada posisi semula secara manual.



Gambar 2.17 VCB (*Vacuum circuit breaker*)

Sumber: <https://www.scribd.com>

2.2.8.6 SF6CB (*Sulfur Circuit Breaker*)

SF6CB (*Sulfur Circuit Breaker*) adalah pemutus rangkaian yang menggunakan gas SF6 sebagai sarana pemadam busur api ketika terjadi gangguan arus listrik. Gas SF6 merupakan gas berat yang mempunyai sifat dielektrik dan sifat memadamkan busur api yang baik sekali.

Prinsip pemadaman busur apinya adalah Gas SF6 ditiupkan sepanjang busur api, gas ini akan menghilangkan panas dari busur api tersebut sampai padam. Rating tegangan CB (*Circuit Breaker*) adalah antara 3.6 kV-760 kV.



Gambar 2.18 SF6CB (*Sulfur Circuit Breaker*)

Sumber: <https://www.scribd.com>

2.2.9 Rel Bus Bar

Salah satu komponen utama dalam panel distribusi tegangan rendah adalah *Bus bar*. *Bus bar* adalah tembaga telanjang berbentuk balok dengan ukuran tertentu, yang berfungsi seperti halnya penghantar listrik atau kabel. *Bus bar* dapat digunakan apabila dalam sirkit penyaluran daya tersebut arus listriknya di atas 250 A. Pemasangan *busbar* biasanya di pasang pada panel hubung-bagi, berdasarkan standar PUIL 2000 yaitu dengan ketentuan sebagai berikut: warna merah untuk fasa R, Warna kuning untuk fasa S, warna hitam untuk fasa T dan warna biru untuk kawat Netral. Untuk menentukan besarnya ukuran rel *bus bar* digunakan persamaan sebagai berikut: (Edy Karyanta, 2016)

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta \times \eta} \quad (2.32)$$

I_n = Arus nominal dalam *Ampere*

P = Jumlah daya beban dalam *Watt*

V = Tegangan jala-jala dalam *volt*

$\cos\theta$ = Faktor kerja 0,85

η = Efisiensi 0,85

Maka arus busbar:

$$I_{\text{busbar}} = 1,5 \times I_{\text{nominal}} \quad (2.33)$$

Hasil yang didapat disesuaikan table kemampuan hantaran arus (KHA) dari penghantar aluminium dan penghantar tembaga

Tabel 2.11 Daftar pembebanan penghantar yang dibolehkan untuk aluminium penampang persegi

Ukuran	Penampang	Berat	Pembebanan kontinu (A)							
			Dilapisi lapisan konduktif				Telanjang			
			Jumlah batang				Jumlah batang			
mm	mm ²	kg/m	1	2	3	4	1	2	3	4
12 x 2	24	0,06	100	180	-	-	84	142	-	-
15 x 2	30	0,08	125	215	-	-	100	166	-	-
15 x 3	45	0,12	150	265	-	-	126	222	-	-
20 x 2	40	0,11	165	280	-	-	120	220	-	-
20 x 3	60	0,16	245	425	-	-	159	272	-	-
20 x 5	100	0,27	325	550	-	-	195	350	-	-
25 x 3	75	0,2	240	410	-	-	190	322	-	-
25 x 5	125	0,34	310	535	-	-	230	430	-	-
30 x 3	90	0,24	280	480	-	-	205	3385	-	-
30 x 5	150	0,4	360	625	-	-	295	526	-	-
40 x 3	120	0,32	370	630	-	-	280	500	-	-
40 x 5	200	0,54	460	800	-	-	376	658	-	-
40 x 10	400	1,08	670	1200	1650	2250	557	975	1350	1800
50 x 5	250	0,67	560	970	1400	1850	455	786	1120	1500
50 x 10	500	1,35	820	1440	1960	2660	667	1250	1600	2160
60 x 5	300	0,81	670	1160	1600	2120	500	900	1300	1730
60 x 10	600	1,62	960	1680	2280	3040	774	1390	1900	2500
80 x 5	400	1,08	880	1500	2000	2600	680	1170	1650	2230
80 x 10	800	2,16	1250	2140	2860	3800	983	1720	2360	3150
100 x 5	500	1,35	1080	1880	2450	3100	820	1440	2000	2600
100x10	1000	2,7	1520	2550	3400	4300	1190	2050	2800	3700

Sumber: PUIL (2000, hal 237)

Tabel 2.12 Daftar pembebanan penghantar kontinu untuk tembaga penampang persegi

Ukuran	Penampang	Berat	Pembebanan kontinu (A)							
			Arus bolak-balik							
			Dilapisi lapisan konduktif				Telanjang			
Jumlah batang				Jumlah batang						
mm	mm ²	kg/m	1	2	3	4	1	2	3	4
12 x 2	24	0,23	123	202	-	-	100	182	-	-
15 x 2	30	0,27	148	240	-	-	128	252	-	-
15 x 3	45	0,4	187	316	-	-	162	282	-	-
20 x 2	40	0,36	205	350	-	-	185	315	-	-
20 x 3	60	0,53	237	394	-	-	204	384	-	-
20 x 5	100	0,89	325	470	-	-	290	495	-	-
25 x 3	75	0,67	287	766	-	-	245	412	-	-
25 x 5	125	1,11	385	670	-	-	350	600	-	-
30 x 3	90	0,8	350	600	-	-	315	540	-	-
30 x 5	150	1,34	448	760	-	-	379	672	-	-
40 x 3	120	1,07	460	780	-	-	420	710	-	-
40 x 5	200	1,78	576	952	-	-	482	836	-	-
40 x 10	400	3,56	865	1470	2060	2800	715	1290	1650	2500
50 x 5	250	2,23	703	1140	1750	2310	588	994	1550	2100
50 x 10	500	4,46	1050	1720	2450	3330	852	1510	2200	3000
60 x 5	300	2,67	825	1400	1983	2650	750	1300	1800	2400
60 x 10	600	5,34	1230	1960	2800	3800	985	1720	2500	3400
80 x 5	400	3,56	1060	1800	2450	3300	950	1650	2700	2900
80 x 10	800	7,12	1590	2410	3450	4600	1240	2110	3100	4200
100 x 5	500	4,45	1310	2200	2950	3800	1200	2000	2800	3400
100x10	1000	8,9	1940	2850	4000	5400	1490	2480	3600	4800

Sumber: PUIL (2000, hal 236)

2.2.10 Perhitungan Kapasitas AC

Kebutuhan kapasitas AC (*Air Conditioner*) sangat penting dilakukan karena menyangkut dengan kebutuhan daya listrik yang dibutuhkan untuk mensuplai AC saat dioperasikan, berikut adalah rumus untuk menentukan kapasitas AC yang dibutuhkan: (Zainal Mustofa, 2017)

$$\text{Kebutuhan BTU} = \frac{(L \times W \times H \times I \times E)}{60} + (\text{jumlah orang} \times \text{kalori orang}) \quad (2.33)$$

- L = Panjang Ruang (dalam *feet*).
- W = Lebar Ruang (dalam *feet*).
- H = Tinggi Ruang(dalam *feet*).
- I = Nilai 10 jika ruang berinsulasi (berada di lantai bawah, atau berhimpit dengan ruang lain). Nilai 18 jika ruang tidak berinsulasi (di lantai atas).
- E = Nilai 16 jika dinding terpanjang menghadap utara; Nilai 17 jika menghadap timur; Nilai 18 jika menghadap selatan; Nilai 20 jika menghadap barat.

$\frac{1}{2}$ pk setara dengan 5000 BTU/hr	2 pk setara dengan 18000 btu/hr
$\frac{3}{4}$ pk setara dengan 7000 Btu/hr	2 $\frac{1}{2}$ pk setara dengan 24000 btu/hr
1 pk setara dengan 9000 btu/hr	3 pk setara dengan 28000 btu/hr
1 $\frac{1}{2}$ pk setara dengan 12000 btu/hr	* 1 meter = 3,28 feet

2.2.11 Kebutuhan Air Bersih

Air bersih sangat penting dalam kehidupan sehari-hari contohnya dapat di gunakan buat minum, mencuci, memasak bahkan di gunakan untuk mandi dan lain sebagainya. Kebutuhan air bersih di gedung inilah nantinya yang akan menentukan kapasitas pompa yang di pakai agar dapat mencukupi kebutuhan air bersih pada gedung tersebut. (Zainal Mustofa, 2017)

Berikut adalah rumus untuk kebutuhan air: (Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura (Peter), 2005).

1. Menentukan jumlah total penghuni pada suatu gedung:

$$\text{jumlah penghuni} = \text{jumlah lantai} \times \text{jumlah orang per lantai} \quad (2.34)$$

2. Kebutuhan air bersih :

$$\text{Total kebutuhan air bersih} = \text{kebutuhan air orang rata-rata per hari} \times \text{jumlah total penghuni} \quad (2.35)$$

3. Kebutuhan air untuk pemadam kebakaran (hydrant):

$$\text{kebutuhan } \textit{supply hydrant} = \text{kapasitas } \textit{standpipe} \text{ yang digunakan (GPM)} \times \text{waktu pemadaman} \quad (2.36)$$

4. Kapasitas *ground tank*:

Air pada ground tank digunakan untuk kebutuhan selama 2 hari
 kapasitas *ground tank* = (2 hari x jumlah total kebutuhan air bersih)
 + air pemadam kebakaran (2.37)
safety factor 10 % = kapasitas *ground tank* (kapasitas *ground tank* x 10 %)

5. Kapasitas *roof tank*:

Dihitung berdasarkan pada jumlah unit beban (FU) pada gedung. Setelah itu hasil dari total FU dilihat pada grafik hubungan unit beban dengan debit aliran pada lampiran. Maka didapat berapa liter/menit debit aliran air dalam gedung. Debit aliran digunakan untuk menentukan kapasitas dari rooftank dengan rumus:

apasitas *roof tank* = jumlah debit aliran air x rencana waktu pengisian *roof tank* (2.38)

2.2.12 Pompa

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari posisi potensial rendah ke posisi potensial tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau suction dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau discharge dari pompa.

Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui. (Pancoko, Marliyadi, & Jami, Abdul. 2012)

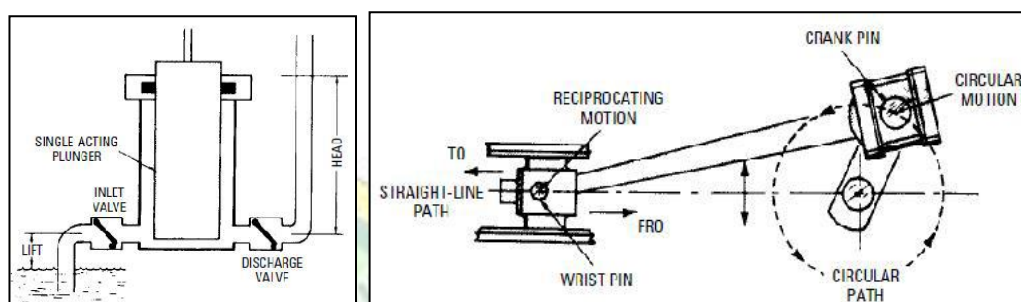
Pompa dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu:

1. Pompa perpindahan positif (*positive displacement pump*)

Pompa perpindahan positif dikenal dengan caranya beroperasi yaitu cairan diambil dari salah satu ujung dan pada ujung lainnya dialirkan secara positif untuk setiap putarannya.

Pompa perpindahan positif digunakan secara luas untuk pemompaan fluida selain air, biasanya fluida kental. Pompa perpindahan positif selanjutnya digolongkan berdasarkan cara perpindahannya:

- a. Pompa Reciprocating - jika perpindahan dilakukan oleh maju mundurnya jarum piston. (lihat Gambar 2)
- b. Pompa Rotary - jika perpindahan dilakukan oleh gaya putaran sebuah gir, cam atau balingbaling.



Gambar 2.19 *Reciprocating Pump*

Sumber: Pancoko, Marliyadi, & Jami, Abdul (2012)

2. Pompa dinamik (*dynamic pump*)

Pompa dinamik juga dikarakteristikan oleh cara pompa tersebut beroperasi. Impeler yang berputar mengubah energi kinetik menjadi tekanan atau kecepatan yang diperlukan untuk memompa fluida.

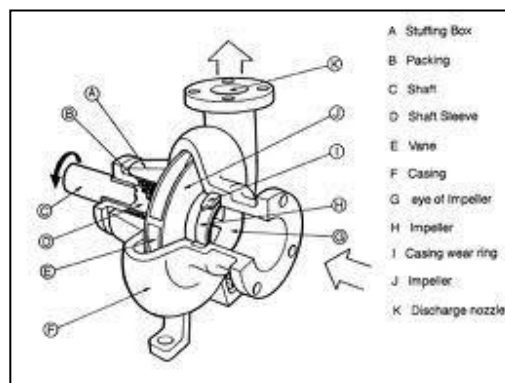
Terdapat dua jenis pompa dinamik:

a. Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan pompa yang sangat umum digunakan untuk pemompaan air dalam berbagai penggunaan industri. Biasanya lebih dari 75% pompa yang dipasang di sebuah industri adalah pompa sentrifugal. (lihat Gambar 2.20)

b. Pompa efek khusus

Terutama digunakan untuk kondisi khusus di lokasi industri.



Gambar 2.20 *Centrifugal Pump*

Sumber: Pancoko, Marliyadi, & Jami, Abdul (2012)

Perbedaan karakter antara pompa perpindahan positif dan pompa dinamik yang masing-masing diwakili oleh *centrifugal pump* dan *reciprocating pump* dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.13 Karakter *Centrifugal Pump* dan *Reciprocating Pump*

No	Karakter	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Reciprocating pump</i>
1	<i>Flow rate</i> dan <i>Pressure head</i>	<i>Flow rate</i> fluida tergantung pada <i>Head</i>	<i>Flow rate</i> relatif konstan, tidak dipengaruhi oleh <i>Head</i>
2	Kapasitas dan Viskositas	<i>Flow rate</i> cenderung turun jika viskositas naik	<i>Flow rate</i> akan naik
3	Efisiensi Mekanik	terkait no.1, peningkatan <i>head</i> atau <i>pressure</i> secara dramatis mempengaruhi efisiensi pompa.	Peningkatan <i>head</i> atau <i>pressure</i> relatif tidak mempengaruhi efisiensi pompa
4	<i>NPSH</i> (<i>Net Positive Suction Head</i>)	<i>NPSH</i> adalah fungsi <i>flow rate</i> yg tergantung pada <i>pressure</i>	<i>NPSH</i> adalah fungsi <i>flow rate</i> yg tergantung kecepatan <i>plunger</i> . Penurunan kecepatan <i>plunger</i> akan menurunkan nilai <i>NPSH</i>

Sumber: Pancoko, Marliyadi, & Jami, Abdul (2012)

Untuk menentukan spesifikasi pompa secara umum, perhitungannya diturunkan dari persamaan energi pada sistim pemompaan sebagai berikut:

$$g\Delta z + \Delta P / \rho - \Delta P_f / \rho - W = 0 \quad (2.39)$$

Keterangan:

W = Kerja fluida, J/kg

Δz = Beda elevasi ($z_1 - z_2$), m

ΔP = Beda tekanan pada sistim/alat, N/m^2

ΔP_f = *Pressure drop* karena friksi dalam pipa, instrument maupun alat, N/m^2

G = Percepatan gravitasi, m/s^2

ρ = Densitas fluida, kg/m^3

Pressure drop (ΔP_f) karena friksi dalam pipa, instrumen maupun alat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta P_f = 8 f \frac{L}{D_i} \frac{\rho u^2}{2} \quad (2.40)$$

Keterangan:

f = faktor friksi

L = Panjang pipa termasuk panjang ekivalen kehilangan tekanan sepanjang pipa, m

D_i = Diameter dalam pipa, m

u = Kecepatan linier fluida didalam pipa, m/s

Diameter dalam pipa dan kecepatan linier fluida masing-masing dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$D_i = \left(\frac{G}{\rho}\right)^{0,5} \quad (2.41)$$

$$u = \frac{Q}{A} \quad (2.42)$$

Dimana:

G = *Flow rate* fluida, kg/s

$Q = \text{Volumetric rate, m}^3/\text{s}$

$A = \text{Penampang pipa, m}^2$

Sedangkan untuk spesifikasi khusus *reciprocating pump*, volume piston atau *displacement per stroke* (Ds) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Ds = \frac{Q}{Ev \cdot n \cdot Sr} \quad (2.43)$$

Keterangan:

$Q = \text{Volumetric rate, gpm}$

$Ev = \text{Volumetric efficiency}$

$N = \text{Speed, rpm}$

$Sr = \text{Stroke per revolution}$

Dalam perhitungan pompa, nilai NPSH (*Net Positive Suction Head*) selalu harus dipertimbangkan untuk menghindari kavitasi. kavitasi adalah gejala muncul dan pecahnya gelembung di dalam pompa karena tekanan uap fluida, yang mengakibatkan getaran, suara bising dan penurunan performance pompa. Perhitungan NPSH *available* menggunakan persamaan berikut:

$$NPSHa = \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} + H_{suction} - F_{suction} \quad (2.44)$$

Keterangan:

$P_1 = \text{Tekanan pada tangki asal fluida, N/m}^2$

$P_v = \text{Tekanan uap fluida, N/m}^2$

$H_{suction} = \text{Suction head, m}$

$F_{suction} = \text{Suction miscellaneous losses, m}$

2.2.13 Elevator (Lift)

Lift Penumpang adalah alat pengangkat atau pengangkut manusia atau barang yang digerakkan oleh tenaga listrik baik melalui tarikan langsung (tanpa atau dengan roda gigi) maupun transmisi *system* hidrolik dengan gerakan vertikal (toleransi 7%) naik dan turun (SNI 05-2189-1999).

Atau secara umum *Lift* penumpang adalah alat transportasi vertikal yang digunakan untuk mengangkut manusia pada gedung-gedung bertingkat. (Andri Sulisty, 2016)

2.2.13.1 Jenis-jenis Elevator (Lift)

Secara umum jenis lift dilihat dari pemakaian muatan dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu:

1. *Lift* Penumpang (*Passenger Elevator*)
2. *Lift* Barang (*Freight elevator*)
3. *Lift* Pelayan (*Dumb Waiter*, lift barang berukuran kecil)

Secara teknis *lift-lift* tersebut tidak jauh berbeda secara prinsip. Perbedaan yang nyata pada interior dan pelengkap operasi dari *lift-lift* tersebut.

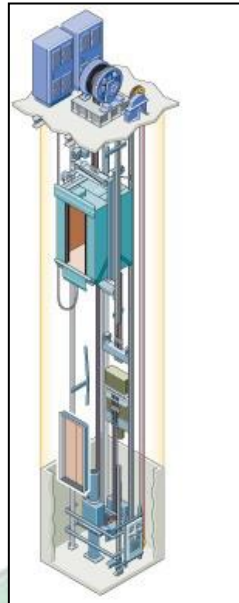
Perbedaan tersebut akan semakin nyata apabila dibandingkan antara *lift* penumpang yang dipergunakan didalam gedung-gedung perkantoran dengan *lift* barang untuk pabrik (besar).

Perbedaan lain juga dapat dilihat pada cara penulisan kapasitas muatannya, didalam kereta biasanya penumpang sering dinyatakan dalam jumlah orang (*persons*) sedangkan untuk barang dinyatakan dalam kilogram (kg) atau (lb) atau kombinasi keduanya.

2.2.13.2 Komponen Utama Elevator (Lift)

Ruang mesin *lift* adalah ruang terpenting, dimana semua proses pengoperasian elevator berlangsung secara keseluruhan. Didalam ruang mesin terdapat beberapa alat penggerak *lift*, yaitu:

1. Motor Penggerak
2. *Governor*
3. Panel



Gambar 2.21 Ruang Mesin Elevator/*lift*
(Andri Sulisty, 2016)

1. Motor Penggerak

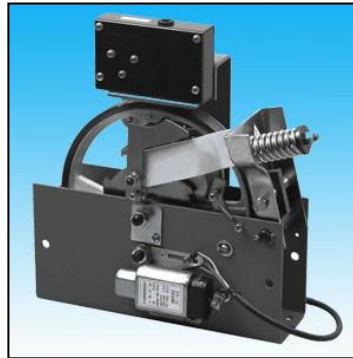
Motor penggerak ini mempunyai kemampuan putar antara 50 putaran per menit sampai dengan 210 putaran per menit. Dengan kapasitas tegangan motor yang di sesuaikan dengan kapasitas angkut. Dan motor tersebut menggunakan tegangan bolak-balik.

Jenis penggerak elevator/*lift* dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu:

- a. *Lift* dengan sistem penggerak hidrolis (*hydraulic elevator*)
- b. *Lift* dengan sistem penggerak dengan motor listrik (*traction type elevator*)

2. Governor

Governor adalah komponen penggerak utama pada *lift*, didalam *governor* ini terdapat saklar yang berfungsi untuk menonaktifkan semua rangkaian sehingga otomatis lift mati dan tidak berfungsi. Selain saklar juga terdapat pengait rem, pengait rem ini berfungsi untuk menghentikan kawat selling dan kawat selling ini menarik rem yang ada di kereta *lift*.



Gambar 2.22 Governor

Sumber: Andri Sulisty (2016)

3. Panel

Panel adalah tempat kontrol *lift* secara otomatis, panel ini terdapat inverter motor dan *program logic control* (PLC) yang berfungsi untuk mengatur gerakan keseluruhan lift.

Tabel 2.14 Spesifikasi Lift

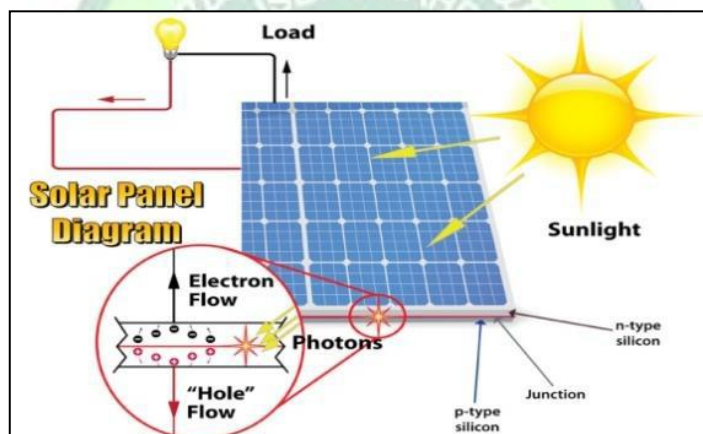
Capacity Kg	Person	Speed m/s	Door Opening CW x CH	Machine Room Size W x D x H	OH mm	PIT mm	Power kw
450	6	1	800 x 2100	1700 x 3000 x 2200	4400	1400	3,1
		1,5			4400	1500	4,7
		1,75			4400	1500	5,5
630	8	1	800 x 2100	2000 x 3000 x 2200	4400	1400	4,3
		1,5			4500	1500	6,4
		1,75			4600	1500	7,5
		2			4900	1700	8,6
800	10	1	800 x 2100	2000 x 3400 x 2200	4400	1400	5,4
		1,5			4500	1500	8,1
		1,75			4600	1500	9,4
		2			4900	1700	10,8

(Sumber: <https://konlift.com/blog/2017/09/22/spesifikasi-ukuran-dan-harga-lift-penumpang/>)

2.2.14 Solar Cell (PV)

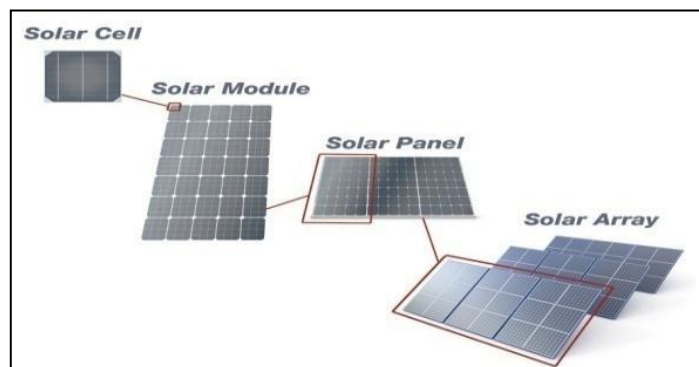
Photovoltaic cell adalah *semiconductor device* yang memiliki permukaan luas, terdiri dari rangkaian dioda tipe P dan N. Sinar matahari (cahaya) yang mengenai sel surya kemudian menghasilkan elektron

dengan muatan positif dan *hole* yang bermuatan *negative*, kemudian elektron dan hole mengalir membentuk arus listrik searah, elektron akan meninggalkan sel surya dan mengalir pada rangkaian luar, sehingga timbul arus listrik prinsip ini disebut *photoelectric*. Kapasitas arus yang dihasilkan tergantung pada intensitas cahaya maupun panjang gelombang cahaya yang jatuh pada sel surya. Intensitas cahaya menentukan jumlah foton, makin besar intensitas cahaya yang mengenai permukaan sel surya makin besar pula foton yang dimiliki sehingga makin banyak pasangan elektron dan hole yang dihasilkan yang akan mengakibatkan besarnya arus yang mengalir. Makin pendek panjang gelombang cahaya maka makin tinggi energi foton sehingga makin besar energi elektron yang dihasilkan, dan juga berimplikasi pada makin besarnya arus yang mengalir.



Gambar 2.23 Menunjukkan proses perubahan cahaya menjadi arus listrik

Photovoltaic cell terbuat dari material mudah pecah dan berkarat, sel dibuat dalam bentuk panel-panel dengan ukuran sekitar 10 s/d 15 cm², yang dilapisi plastik atau kaca bening yang kedap air dan panel ini dikenal dengan panel surya, untuk mendapatkan kapasitas daya yang besar modul surya dapat dihubungkan baik secara seri maupun parallel, dalam beberapa modul membentuk *array*.

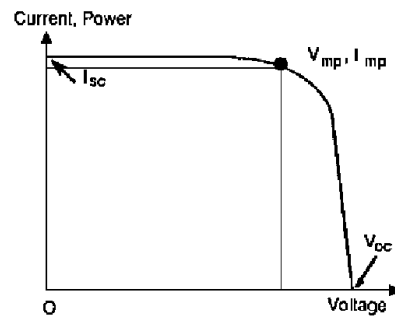


Gambar 2.24 Cell, String dan Array

Kapasitas daya *output* yang dihasilkan oleh sebuah panel surya maximum diukur dengan besaran satuan *wattpeak* (wp), yang konversinya terhadap *watthour* (wh) tergantung intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan panel. Untuk mendapatkan nilai tegangan dan daya yang sesuai dengan kebutuhan beban, sel surya harus dikombinasikan secara seri dan parallel, dengan aturan sebagai berikut:

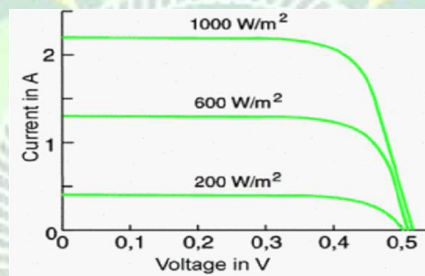
1. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang dua kali lebih besar dari tegangan keluaran sel *Photovoltaic*, maka dua buah sel *photovoltaic* harus dihubungkan secara seri.
2. Untuk mendapatkan arus keluaran yang dua kali lebih besar dari arus keluaran sel *photovoltaic*, maka dua buah sel fotovoltaik harus dihubungkan secara parallel.
3. Untuk mendapatkan daya keluaran yang dua kali lebih besar dari daya keluaran sel *photovoltaic* dengan tegangan yang konstan maka dua buah sel fotovoltaik harus dihubungkan secara seri dan parallel.

Total pengeluaran daya listrik dari sel surya adalah sebanding dengan tegangan operasi dikalikan dengan arus operasi saat ini. Sel surya dapat menghasilkan arus dari tegangan yang berbeda-beda. Hal ini berbeda dengan baterai yang menghasilkan arus dari tegangan yang relatif konstan. Karakteristik output dari sel surya dapat dilihat dari kurva performansi, disebut *I-V curve*. *I-V curve* menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan (Safrizal, 2017)



Gambar 6. Curva I-V

Gambar di atas menunjukkan tipikal kurva I-V. tegangan (V) adalah sumbu horizontal. Arus (I) adalah sumbu vertical. Kebanyakan kurva I-V diberikan dalam standar Test Conditions 1000 watt per meter persegi radiasi (atau disebut satu matahari puncak/*one peak sun hour*) dan 25 derajat celsius suhu solar *cell* panel.

Gambar 2.23 Karakteristik daya yang dihasilkan watt/m² Kapasitas Solar Cell

Kapasitas fotovoltaik ditentukan berdasarkan spesifikasi beban harian, dengan menggunakan rumus dapat ditentukan kapasitas PV sebagai berikut (Safrizal. 2017)

$$CPV = \frac{EL}{G_{in} \times \eta_{PV} \times TCR \times \eta_{out}} \quad (2.44)$$

Keterangan:

CPV = Kapasitas Fotovoltaik (kWp)

EL = Konsumsi Energi harian (kWh)

G_{in} = Input energi matahari pada PV (kWh/m²/hari)

η_{PV} = Efisiensi PV

TCF = Factor koreksi temperature

H_{out} = Efisiensi Battery x Efisiensi Inverter

2.2.15 Genset

Untuk menentukan kapasitas generator yang digunakan harus diketahui terlebih dahulu faktor kebutuhan siste, yang dirumuskan sebagai berikut: (Mahmud Fauzi Isworo. 2013)

$$DF = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Beban Terpasang}} \quad (2.45)$$

Kapasitas generator dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \frac{PL}{\eta \times \cos\theta} \times DF \quad (2.46)$$

dimana;

S = Kapasitas generator (kVA)

PL = Beban sistem (kW)

η = Efisiensi (jika tidak diketahui diasumsikan 85%)

$\cos \theta$ = Faktor daya (jika tidak diketahui diasumsikan 0,8)

DF = faktor kebutuhan

