

BAB II

STUDI PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 STUDI PUSTAKA

Ezar Kuntoro [2016] tentang perencanaan instalasi listrik gedung rumah sakit al-irsyad surabaya yang terdiri dari lantai 1 – 9 dengan total beban listrik yang terpasang adalah sebesar 665,8 kVA. Dengan faktor pembebanan sebesar 70%, didapat nilai beban normal maksimal sebesar 428,5 kVA dengan $\cos \phi$ 0,7. Untuk menaikkan $\cos \phi$ instalasi dari 0,7 menjadi 0,9, maka dipasang kapasitor bank dengan kapasitas 160 kVAr dengan kombinasi 8 step x 20 kVAr. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank menjadi 333,6 kVA dengan $\cos \phi$ 0,9. Untuk suplay dari PLN diperlukan tegangan menengah yaitu 20 KV dengan kapasitas daya 345 kVA, 3 fasa, 50 Hz. Sedangkan untuk kapasitas trafo yang dipilih sebesar 400 kVA

Bani [2015] tentang analisis beban elektrik pada pembangunan Gedung Pasca Sarjana UMY yang terdiri lantai dasar, lantai 1 – 5 dan lantai atap dengan total beban pada gedung dengan nilai daya semu (S) 579,053 kVA dan nilai daya aktif (P) 478 kw. Pada perhitungan total daya aktif setelah terkena faktor kebersamaan pada perencanaan pembangunan gedung sebesar 322,666 kw, dan daya total semu setelah terkena faktor kebersamaan sebesar 403,230 kVA. $\cos \phi$ instalasi pada gedung sebesar 0,79 dan menggunakan capasitor bank dipasang sebesar 87,41 agar mendapatkan nilai $\cos \phi$ sebesar 0,9.

Nurfitri , dkk [2016] tentang studi perancangan instalasi listrik pada gedung bertingkat onih bogor yang terdiri dari 145 room serta beberapa ruang meeting dan terdiri sari 8 lantai, termasuk lantai basement, 7 lantai utama dan 1 lantai parkir. Daya listrik yang terpasang di Gedung Bertingkat Onih Bogor sebesar 714,695 Kw yang disuplay dari PLN dengan 1 buah transformator berkapasitas 1250 kVA dan 1 buah genset 859 kVA. Dari hasil perhitungan dan analisis diperoleh beban terpasang 893,37 kVA beban maksimum 730,938 kVA dan beban rata – rata 218,156 kVA. Maka faktor kapasitas sebesar 0,81 atau 81%

dalam memenuhi standart karakteristik beban domestik dapat diperbaiki faktor daya dengan karakteristik beban komersial antara 90 – 100 %.

2.2 DASAR TEORI

Instalasi listrik merupakan suatu sistem yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik (*Electric Power*) ke beban. Instalasi listrik dibagi menjadi dua bagian yaitu :

- a. Instalasi penerangan listrik
- b. Instalasi daya listrik

Yang termasuk didalam instalasi penerangan listrik adalah seluruh instalasi yang digunakan untuk memberikan daya listrik pada lampu. Pada lampu ini daya listrik atau tenaga listrik diubah menjadi cahaya yang digunakan untuk menerangi tempat sesuai dengan kebutuhannya.

Tujuan utama dari instalasi penerangan adalah untuk memberikan kenyamanan dan dapat digunakan secara optimum.

2.2.1 Prinsip - Prinsip Instalasi Listrik

Untuk mewujudkan perancangan instalasi listrik yang menjamin pemanfaatan energy listrik yang baik, maka harus memperhatikan Prinsip – prinsip instalasi listrik sebagai berikut:

1. *Safety* (Keamanan)

Instalasi listrik harus dipasang dengan benar berdasarkan standar dan peraturan yang ditetapkan oleh SPLN, PUIL-2000 serta IEC (*Internasional Electrotechnical Commission*)

2. Reliability (Keandalan)

Sistem instalasi listrik dinyatakan andal bila operasi sistem kelistrikan dapat bekerja dalam waktu yang cukup lama dan bila terjadi gangguan dapat dengan cepat teratasi.

3. Accessibility (Kemudahan)

Kemudahan dalam sistem instalasi listrik yaitu sistem tersebut dapat beroperasi dengan mudah, tidak memerlukan skill tinggi. Pemasangan peralatan

sistem dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Demikian juga dengan perawatan dan perbaikan dapat dilaksanakan dengan mudah.

4. Availability (Ketersediann)

Availability merupakan bagian penting dalam suatu sistem instalasi listrik, karena berkaitan dengan pengembangan ataupun perluasan proses kontrol atau mesin yang meliputi ketersediaan alat , tempat atau ruang dan daya.

5. Impact Of *Envirinment* (Pengaruh Lingkungan)

Perencanaan sistem instalasi listrik harus mempertimbangkan dampak yang terjadi pada lingkungan sekitar dimana sistem instalasi dipasang meliputi :

- a. Pengaruh lingkungan terhadap peralatan
- b. Pengaruh peralatan terhadap lingkungan

Bila peralatan listrik dipasang pada lingkungan tertentu, harus dipertimbangkan, apakah peralatan itu mempunyai pengaruh negatif terhadap lingkungan sekitarnya.

Bila ada kemungkinan mengganggu atau merusak lingkungan maka harus dirancang agar pengaruh negatif yang ditimbulkan oleh peralatan listrik dapat dihilangkan atau diperkecil.

6. Economic (Ekonomi)

Kondisi ekonomis pada suatu sistem instalasi dikatakan berhasil bila efisien dan efektif dalam hal penggunaan daya listrik. Perancangan Instalasi harus bisa mempertimbangkan untuk masa yang akan datang dengan menerapkan system hemat energi.

7. Esthetic (Keindahan)

Keindahan dalam pemasangan pengawatan, pemipaan dapat menimbulkan kemudahan dan kejernihan pikiran dalam melaksanakan perawatan dan perbaikan pada sistem instalasi.

2.2.2 **Komponen Instalasi**

1. Saklar

Saklar merupakan perangkat yang digunakan untuk memutus dan menghubungkan arus listrik.

Macam – macam saklar yang digunakan pada instalasi penerangan yaitu sebagai berikut :

- a. Saklar Tunggal
- b. Saklar Seri
- c. Saklar Silang
- d. Saklar Tukar
- e. Saklar kelompok
- f. Saklar Kutup Dua
- g. Saklar Kutup Tiga

| Nama | Lambang (simbol) | Konstruksi | Skema instalasi | Skema hubungan Pelaksanaan |
|-------------------|------------------|------------|-----------------|----------------------------|
| Saklar tunggal | | | | |
| Saklar seri | | | | |
| Saklar tukar | | | | |
| Saklar silang | | | | |
| Saklar kutub dua | | | | |
| Saklar kutub tiga | | | | |

Gambar 2.1 macam – macam saklar
(Sumber : <https://jagad.id/macam-macam-jenis-saklar/>)

2. Kotak – kontak



Gambar 2.2 outlet kotak – kontak dinding

Kotak – kontak (*elektrical socket*) untuk instalasi menggunakan 2 kontak fasa dan netral, ditambah 2 kontak ground. Pemasangan *socket outlet* dapat dipasang didinding, meja, atau dilantai. Untuk *socket outlet* lantai harus menggunakan *socket outlet* lantai khusus dan untuk pemakaian outdoor harus menggunakan *socket outlet* yang lubang kontaknya tertutup. Untuk pemasangan didinding ukuran pemasangan sekitar 40 cm dari lantai.



(2.3)



(2.4)

Gambar 2.3 Outlet kotak – kontak lantai

(Sumber : <https://www.google.com/macam-macam+stop+kontak>)

Gambar 2.4 Safety Box kotak – kontak pengaman KM

(Sumber : <https://www.google.com/stop+kontak+buat+kamar+mandi&safe>)

3. Kabel Instalasi

Kabel instalasi merupakan komponen utama instalasi listrik. Dimana fungsinya mengalirkan arus listrik ke beban. Kemampuan hantar arus kabel listrik ditentukan oleh KHA (Kuat Hantar Arus) yang dimilikinya dalam satuan ampere. Besarnya KHA (Kuat Hantar Arus) kabel harus lebih besar dari rating MCB karena prinsipnya MCB trip sebelum kabel instalasi terjadi masalah. Tegangan listrik dinyatakan dalam volt, besar yang diterima dinyatakan dalam satuan watt yang merupakan perkalian dari :

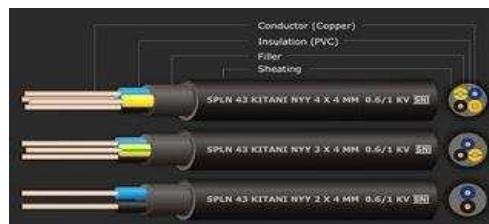
$$\text{Ampere} \times \text{Volt} = \text{Watt} \dots\dots\dots 2.1$$

Pada tegangan 220 Volt dan KHA 10 Ampere sebuah kabel listrik dapat menyalurkan daya sebesar $220 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 2200 \text{ Watt}$.

Macam – macam kabel penghantar listrik :

a. Kabel NYY

Memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.



Gambar 2.5 Kabel NYY

(Sumber : <http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

b. Kabel NYA

Biasanya digunakan untuk instalasi rumah dan sistem tenaga. Dalam instalasi rumah digunakan ukuran 1,5 mm² dan 2,5 mm². Berinti tunggal, berlapis 38 bahan isolasi PVC, dan seringnya untuk instalasi kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam. Kabel tipe ini umum dipergunakan diperumahan karena harganya yang relatif murah.



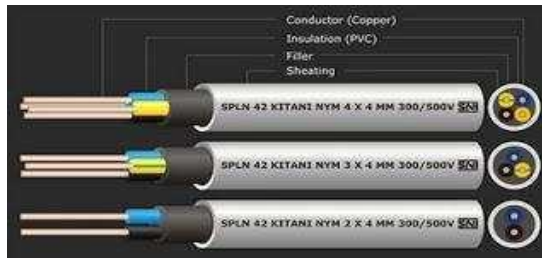
Gambar 2.6 Kabel NYA

(Sumber : <http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

c. Kabel NYM

Digunakan untuk kabel instalasi listrik rumah atau gedung dan sistem tenaga. Kabel NYM berinti lebih dari 1, memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya

warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA). Kabel ini dapat dipergunakan di lingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam.



Gambar 2.7 kabel NYM

(Sumber : <http://mumetlistrik.blogspot.com/>)

Kapasitas Hantar Arus (KHA) minimal kabel *feeder* (I_{KHA}):

Rumus :

$$I_{KHA} = \text{rating MMCB} \times 125 \% \dots\dots\dots 2.2$$

Tabel 2.1 Kuat Hantar Arus (KHA)
(PUIL 2011)

| Metode Instalasi | Ukuran mm ² | Jumlah konduktor berbeban dan jenis Insulasi | | | |
|------------------|------------------------|--|----------|----------|-----------|
| | | Dua PVC | Tiga PVC | Dua XLPE | Tiga XLPE |
| D | Tembaga | | | | |
| | 1,5 | 22 | 18 | 26 | 22 |
| | 2,5 | 29 | 24 | 34 | 29 |
| | 4 | 38 | 31 | 44 | 37 |
| | 6 | 47 | 39 | 56 | 46 |
| | 10 | 63 | 52 | 73 | 61 |
| | 16 | 81 | 67 | 95 | 79 |
| | 25 | 104 | 86 | 121 | 101 |
| | 35 | 125 | 103 | 146 | 122 |
| | 50 | 148 | 122 | 173 | 144 |
| | 70 | 183 | 151 | 213 | 178 |
| | 95 | 216 | 179 | 252 | 211 |
| | 120 | 246 | 203 | 287 | 240 |
| | 150 | 278 | 230 | 324 | 271 |
| 185 | 312 | 258 | 363 | 304 | |
| 240 | 361 | 297 | 419 | 351 | |
| 300 | 408 | 336 | 474 | 396 | |
| D | Aluminium | | | | |
| | 2,5 | 22 | 18,5 | 26 | 22 |
| | 4 | 29 | 24 | 34 | 29 |
| | 6 | 36 | 30 | 42 | 36 |
| | 10 | 48 | 40 | 56 | 47 |
| | 16 | 62 | 52 | 73 | 61 |
| | 25 | 80 | 66 | 93 | 78 |
| | 35 | 96 | 80 | 112 | 94 |
| | 50 | 113 | 94 | 132 | 112 |
| | 70 | 140 | 117 | 163 | 138 |
| | 95 | 166 | 138 | 193 | 164 |
| | 120 | 189 | 157 | 220 | 186 |
| | 150 | 213 | 178 | 249 | 210 |
| | 185 | 240 | 200 | 279 | 236 |
| 240 | 277 | 230 | 322 | 272 | |
| 300 | 313 | 260 | 364 | 308 | |

2.2.3 Pengaman Instalasi Listrik

Setiap penghantar arus akan mengalami pemuaiian atau panas yang biasa disebabkan beban berlebih, hubung singkat. Oleh karena itu dalam instalasi harus ada peralatan pengaman. Diantaranya :

1. Pengaman Lebur (*fuse*)

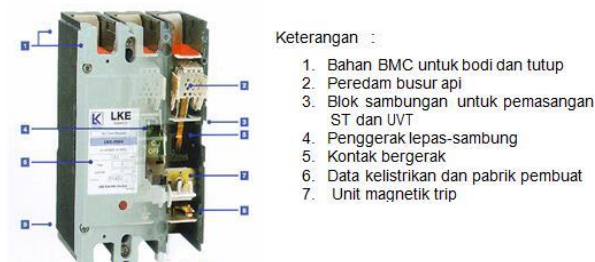
Digunakan untuk mengatasi gangguan arus hubung singkat. Dengan kata lain suatu saluran atau kabel dengan penampang tertentu memiliki pengaman lebur untuk arus maksimum yang diperbolehkan (arus nominal).



Gambar2.8 pengaman lebur (*fuse*)
(Sumber: <https://dunia-listrik.blogspot.com>)

2. MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*)

MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*) merupakan pemutus sirkuit pada tegangan menengah. MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Dimana MCCB ini biasanya digunakan untuk rating daya tinggi dan energy tinggi yaitu pada industry. MCCB ini biasanya digunakan pada arus diatas 100A.

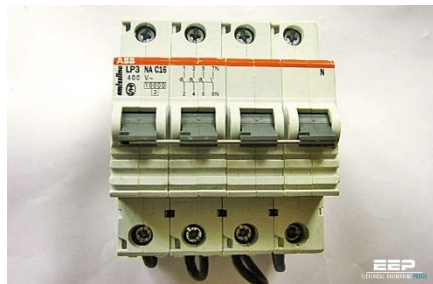


- Keterangan :
1. Bahan BMC untuk bodi dan tutup
 2. Peredam busur api
 3. Blok sambungan untuk pemasangan ST dan UVT
 4. Penggerak lepas-sambung
 5. Kontak bergerak
 6. Data kelistrikan dan pabrik pembuat
 7. Unit magnetik trip

Gambar 2.9 MCCB
(Sumber: <https://dunia-listrik.blogspot.com>)

3. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) berfungsi sebagai alat pengaman beban lebih dan hubung singkat. Biasaya digunakan pada arus rendah, kebutuhan energy yang rendah. Dimana MCB ini biasanya digunakan pada rumah tinggal dan memiliki arus dibawah 100 A.



Gambar2.10 MCB

(Sumber: <https://dunia-listrik.blogspot.com>)

Menentukan kemampuan MCB atau pengaman yang akan digunakan yaitu sebagai berikut :

Untuk beban 1 fasa

$$Ia = \frac{P}{VL-N \times \cos \varphi} \dots\dots\dots 2.3$$

Untuk beban 3 fasa

$$Ia = \frac{P}{\sqrt{3} \times VL-L \times \cos \varphi} \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan

Ia = arus nominal (A)

VL-N = tegangan fasa-netral (V)

VL-L = tegangann netral-netral (V)

P = daya keluar beban (W)

Cos \varnothing = faktor daya

4. *Grounding* (pembumian)

Grounding membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian ini dengan tanah sampai pada kondisi yang aman untuk semua kondisi operasi, baik kondisi normal maupun saat terjadinya gangguan (*trouble*). Kontinuitas penyaluran tenaga listrik sangat tergantung dari keandalan sistem *grounding*-nya. Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya sambaran petir dibutuhkan nilai tahanan *grounding* <5 ohm, sedangkan untuk *grounding* peralatan-peralatan elektronika dibutuhkan nilai tahanan *grounding* <3 ohm bahkan beberapa perangkat membutuhkan nilai tahanan *grounding* <1 ohm. Nilai tahanan *grounding* dipengaruhi beberapa faktor seperti: jenis tanah, jenis sistem *grounding*, suhu dan kelembaban. Kandungan elektrolit tanah dan lain-lain.

Tabel 2.2
Ukuran Penampang Penghantar Sistem Pembumian

| Luas Penampang Penghantar phasa instalasi S (mm^2) | Luas Penampang Minimum Penghantar Proteksi Yang Berkaitan S_p (mm^2) |
|--|--|
| $S \leq 16$ | S |
| $16 < S \leq 35$ | 16 |
| $S > 35$ | $S/2$ |

2.2.4 *Pencahayaan (Lighting)*

Pencahayaan (Lighting) merupakan salah satu faktor untuk mendapatkan keadaan yang aman dan nyaman. *Pencahayaan* yang baik memungkinkan orang dapat melihat objek – objek yang dikerjakan dengan jelas. *Pencahayaan* dibedakan menjadi dua yaitu :

1. *Pencahayaan Alami*

Pencahayaan alami adalah *pencahayaan* yang berasal dari sinar matahari. *Pencahayaan alami* ini memiliki keuntungan untuk menghemat energi listrik. Sumber *pencahayaan alami* kadang kurang efektif dibanding *pencahayaan buatan*, karena intensitas cahaya yang tidak tetap.

2. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Pencahayaan buatan diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami. Sistem pencahayaan buatan sering dipergunakan secara umum dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

- a. Sistem Pencahayaan Merata
- b. Sistem Pencahayaan Terarah
- c. Sistem Pencahayaan Setempat

Faktor yang mempengaruhi tingkat pencahayaan yaitu :

- a. Luas dan ketinggian ruangan
- b. Jumlah dan jenis lampu
- c. Warna dinding dan plafon
- d. Jenis armatur
- e. Ketinggian lampu

Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan untuk berbagai fungsi ruangan ditunjukkan pada tabel berikut. Sistem pencahayaan buatan SNI 2001 meliputi penentuan tingkat pencahayaan minimum (E) yang direkomendasikan,

Tabel 2.3
Tingkat Pencahayaan yang direkomendasikan

| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
|----------------|---------------------------|--------------------------|------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) |
| Rumah Tinggal | | | |
| Teras | 60 | 1 atau 2 | |
| Ruang Tamu | 120 – 250 | 1 atau 2 | |
| Ruang makan | 120 – 250 | 1 atau 2 | |
| Ruang Kerja | 120 – 250 | | |
| Kamar Tidur | 120 – 250 | 1 atau 2 | |

Tabel 2.4 (Lanjutan)
Tingkat Pencahayaan yang direkomendasikan

| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|--|
| Dapur | 250 | 1 atau 2 | |
| Garasi | 60 | | |
| Perkantoran | | | |
| Ruang Direktur | 350 | 1 atau 2 | |
| Ruang Kerja | 350 | 1 atau 2 | |
| Ruang Komputer | 350 | 1 atau 2 | |
| Ruang Rapat | 300 | 1 atau 2 | |
| Ruang Gambar | 750 | 1 atau 2 | Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar |
| Gudang Arsip | 150 | 3 atau 4 | |
| Ruang Arsip Aktif | 300 | 1 atau 2 | |
| Lembaga Pendidikan | | | |
| Ruang Kelas | 250 | 1 atau 2 | |
| Perpustakaan | 300 | 1 atau 2 | |
| Laboratorium | 500 | 1 | |
| Ruang Gambar | 750 | 1 atau 2 | Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar. |
| Kantin | 200 | 1 | |
| Hotel dan Restaurant | | | |

Tabel 2.5 (Lanjutan)
Tingkat Pencahayaan yang direkomendasikan

| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------|--|
| Lobby | 100 | 1 | Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana ruangan yang baik. |
| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
| Cafeteria | 250 | 1 | |
| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
| Kamar Tidur | 150 | 1 atau 2 | Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepalatempat tidur. |
| Dapur | 300 | 1 | |
| Rumah Sakit | | | |
| Rawat Inap | 250 | 1 atau 2 | |
| Ruang Operasi,ruang bersalin | 300 | 1 | Gunakan pencahayaan |
| Laboratorium | 500 | 1 atau 2 | |

**Tabel 2.6 (Lanjutan)
Tingkat Pencahayaan yang direkomendasikan**

| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
|---|---------------------------|--------------------------|--|
| Ruang Rekreasi dan Rehabilitasi | 250 | 1 | |
| Pertokoan | | | |
| Ruang Pamer dengan Objek yang berukuran besar | 500 | 1 | Tingkat pencahayaan ini harus dipenuhi pada lantai. Untuk beberapa prosuk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting. |
| Toko kue dan makanan | 250 | 1 | |
| Toko alat tulis | 300 | 1 | |
| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
| Toko perhiasan ,arloji | 500 | 1 | |
| Toko barang kulit dan sepatu | 500 | 1 | |
| Toko pakaian | 500 | 1 | |
| Pasar swalayan | 500 | 1 atau 2 | Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak barang |
| Toko elektronik | 250 | 1 atau 2 | |
| Industri (Umum) | | | |
| Ruang Parkir | 50 | 3 | |

Tabel 2.7 (Lanjutan)
Tingkat Pencahayaan yang direkomendasikan

| | | | |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|--|
| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
| Gudang | 100 | 3 | |
| Pekerjaan Kasar | 100 – 200 | 2 atau 3 | |
| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
| Pekerjaan Sedang | 200 – 500 | 1 atau 2 | |
| Pekerjaan Halus | 500 – 1000 | 1 | |
| Pekerjaan Amat Halus | 1000 – 2000 | 1 | |
| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
| Pemeriksaan Warna | 750 | 1 | |
| Rumah Ibadah | | | |
| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan (Lux) | Kelompok renderasi Warna | Keterangan |
| Masjid | 200 | 1 atau 2 | Untuk tempat – tempat yang membutuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi |
| Gereja | 200 | 1 atau 2 | |
| Vihara | 200 | 1 atau 2 | |

(Sumber : SNI Pencahayaan Buatan , 2001)

Untuk mendapatkan hasil penerangan atau pencahayaan yang maksimal maka harus dipertimbangkan iluminasi (kuat penerangan), sudut penyinaran lampu, jenis dan jarak penempatan lampu yang diperlukan sesuai dengan kegiatan yang ada didalam ruangan.

Perhitungan jumlah titik lampu pada suatu ruang dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya dimensi ruang , kegunaan atau fungsi ruang, warna dinding, *type armature* yang akan digunakan. Jumlah lampu pada suatu ruangan dapat dirumuskan sebagai berikut:

Rumus

$$N = \frac{E \times L \times W}{\phi \times LLF \times CU \times n} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan

- N = jumlah titik lampu
- E = kuat penerangan / target kuat penerangan yang akan dicapai (lux)
- L = panjang ruang (meter)
- W = lebar ruang (meter)
- Ø = total lumen lampu
- LLF = faktor cahaya (0,7 – 0,8)
- CU = faktor pemanfaatan (50 -65 %)
- n = jumlah lampu dalam 1 titik lampu

2.2.5 Ventilating and Air Conditioning

1. Pengertian *Air Conditioning* (AC)

Air Conditioning (AC) merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi mesin pendingin. Alat ini dipakai bertujuan untuk memberikan udara yang sejuk dan mengontrol uap air yang dibutuhkan bagi tubuh. Suhu udara pada saat musim panas yang sedemikian tinggi dapat mengakibatkan dehidrasi cairan tubuh. Selain itu, AC dimanfaatkan sebagai pemberi kenyamanan. Di lingkungan tempat kerja AC juga dimanfaatkan sebagai salah satu cara dalam upaya peningkatan produktivitas kerja. Karena dalam beberapa hal manusia membutuhkan

lingkungan udara yang nyaman untuk dapat bekerja secara optimal yaitu 20 - 25°C dan kelembaban 40-60 %. Tingkat kenyamanan suatu ruang juga ditentukan oleh temperatur, kelembapan, sirkulasi dan tingkat kebersihan udara.

Air conditioning (AC) dikenal dengan istilah *Coefficient Of Performance* (COP) dan *Energy Efficiency Ratio* (EER). EER merupakan perbandingan antara kapasitas pendinginan dalam satuan Btu/jam dan konsumsi daya dalam satuan Watt. Kinerja dari koefisien pendingin merupakan perbandingan antara laju aliran kalor yang diserap oleh sistem pendingin dengan laju aliran energi yang dimasukkan kedalam sistem tersebut. Sedangkan pada rasio efisiensi energi merupakan perbandingan antara kapasitas pendingin neto pada peralatan pendingin (Btu/jam) dengan seluruh pemakaian energi listrik (watt) pada saat beroperasi. Apabila satuan yang digunakan sama dengan kapasitas pendingin dan masukan energi listrik, maka nilai dari COP sama dengan nilai EER.

Efisiensi merupakan kapasitas dalam watt yang dibagi dengan masukan dalam watt. Untuk mengatur temperatur dalam suatu ruangan tersebut maka menggunakan rasio efisiensi energi (EER) atau koefisien kinerja (COP). Untuk mengkonversikan EER dan COP maka kalikan EER dengan 0,293. . Dengan rumus sebagai berikut :

$$EER = \frac{\text{Efek Pendingin } \frac{\text{Btu}}{\text{Jam}}}{\text{Energi Input (w)}} \dots\dots\dots 2.6$$

Sedangkan koefisien kinerja (COP) didefinisikan sebagai pemanfaatan dengan dari siklus (jumlah panas yang dihilangkan) dibagi dengan masukan energi yang dibutuhkan untuk siklus operasinya. Dengan rumus sebagai berikut :

$$COP = \frac{\text{Efek Pendingin (Kw)}}{\text{Energi Input (kw)}} \dots\dots\dots 2.7$$

Tabel 2.8
Ketetapan Kapasitas AC

| Kapasitas AC (PK) | Setara dengan (BTU/H) | Ukuran Ruangan (m ²) |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| $\frac{1}{2}$ | 5.000 | 3 x 3 |
| $\frac{3}{4}$ | 7.000 | 3 x 4 |
| 1 | 9.000 | 4 x 4 |
| $1\frac{1}{2}$ | 12.000 | 4 x 6 |
| 2 | 18.000 | 6 x 8 |
| $2\frac{1}{2}$ | 24.000 | 8 x 8 |
| 3 | 27.000 | 10 x 8 |
| 5 | 45.000 | 10 x 10 |

Ketetapan kapasitas AC yang umumnya menjadi ukuran untuk menentukan penggunaan jumlah AC yang seharusnya terpasang dengan menyesuaikan luas ruangan sehingga diperoleh kapasitas AC yang lebih efisien, dan untuk menentukan kebutuhan AC dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan AC} = \text{Luas Ruangan} \times \text{Koefisien} \dots\dots\dots 2.8$$

$$\text{Koefisien per (m}^2\text{)} = 500 \text{ BTU/Hr} \dots\dots\dots 2.9$$

2. AC Split

AC Split atau pendingin model lainnya sama, yaitu menyerap panas udara didalam ruangan yang didinginkan, kemudian melepaskan panas keluar ruangan. Jadi AC Split merupakan seperangkat alat yang mampu mengkondisikan suhu ruangan sesuai yang kita inginkan, terutama mengkondisikan suhu ruangan menjadi lebih rendah suhunya dibanding suhu lingkungan sekitarnya. Pada *Air Conditioner* udara ruangan disirkulasikan secara terus menerus oleh *blower* (pada indoor unit) melalui *evaporator* yang mempunyai suhu yang lebih dingin dari suhu

ruangan, saat udara ruangan bersirkulasi melewati *evaporator*, udara ruangan yang bertemperatur lebih tinggi dari *evaporator* diserap panasnya oleh *refrigeran (evaporator)*, kemudian kalor yang diterima evaporator dilepaskan ke luar ruangan. Ketika aliran refrigeran melewati *condenser* (unit outdoor). Jadi, temperatur udara yang rendah atau dingin yang kita rasakan pada ruangan sebenarnya adalah sirkulasi udara di dalam ruangan, bukan udara yang dihasilkan oleh perangkat AC Split. Unit AC hanyalah tempat bersirkulasinya udara ruangan yang sekaligus menangkap kalor (panas) pada udara ruangan yang bersirkulasi melewati *evaporator* hingga mencapai temperatur yang diinginkan.



Gambar 2.11 AC Split tipe Wall Mounted
(Sumber: <http://shop.panasonic.com/>)

3. AC Cassette

Berbeda dengan ac Split Wall yang dipasang di dinding, AC cassette ini dipasang di plafon. Karena jenis AC ini memiliki PK yang cukup besar yaitu antara 1,5 hingga 6 PK maka biasanya AC jenis ini digunakan di ruangan yang cukup besar.



Gambar 2.12 AC Cassete

Sumber : <https://www.sharp-indonesia.com/ind/article/detail/597/jenis-ac-yang-biasa-digunakan-di-gedung-bagian-1>

Beberapa kelebihan AC Cassette antara lain :

- a. Dibekali dengan sensor ganda
Sensor ini dapat meningkatkan metode kerja pendingin udara sehingga dapat meningkatkan kesegaran yang optimal.
- b. Memiliki kendali arah aliran udara
Ac ini memiliki sensor yang dapat mendeteksi daerah mana yang ditempati lebih banyak orang lalu akan mengarahkan aliran udara ke daerah tersebut.
- c. Mampu mengurangi kecepatan udara yang tidak berguna
penghambat aliran udara pada AC ini dapat dioperasikan dengan menggunakan remot kontrol. Ini berfungsi untuk menghambat aliran udara agar aliran udara yang ada di dalam ruangan sesuai dengan yang diinginkan.

2.2.6 Gardu Distribusi Tegangan Menengah PLN

Gardu distribusi PLN berfungsi untuk untuk mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen atau pelanggan. Gardu tegangan menengah PLN berfungsi sebagai panel distribusi tegangan menengah 20 KV untuk menyuplai kebutuhan listrik dalam sebuah gedung dengan panel tegangan menengah.



Gambar 2.13 Gardu induk tegangan menengah PLN
(Sumber : <http://seputarbanjarpatroman.blogspot.com>)

2.2.7 Transformator *Step – down*

Tegangan yang dibutuhkan peralatan listrik pada gedung adalah tegangan rendah 380 / 220 V. Sedangkan tegangan yang masuk ke PLN adalah tegangan menengah 20 KV. Sehingga untuk itu diperlukan transformator *step down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah 20 KV. Kemudian diturunkan menjadi tegangan rendah 380 / 220 V. Tegangan rendah yang dihasilkan oleh trafo *step down* ini, kemudian didistribusikan kembali, menuju panel distribusi utama tegangan rendah (LVMDP). Untuk pemasangan trafo *step down* pada hotel yang besar, umumnya dipasang pada indoor dan dilokasikan diruangan khusus infrastruktur listrik untuk gedung hotel.

Rumus :

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan :

N_p = jumlah lilitan pada kumparan primer

N_s = jumlah lilitan pada kumparan sekunder

V_p = tegangan pada kumparan primer (volt)

V_s = tegangan pada kumparan sekunder (volt)



Gambar 2.14 Trafo Step Down Merk Tranfindo

(Sumber : <https://www.google.com/search?q=transformator+step+down.html>)

2.2.8 Panel Utama Tegangan Menengah PLN

Pada tegangan menengah PLN atau *Medium Voltage Distribution Panel* (MVDP), merupakan panel yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan tegangan menengah PLN dengan kubikel gedung (kubikel pelanggan). Kubikel PLN ini biasanya disediakan oleh PLN, dan menjadi tanggung jawab PLN. Selain itu kubikel berfungsi sebagai pemutus (PMT) dan pemisah (PMS) daya listrik dari PLN. Kubikel PLN (MVDP) ini biasanya terdiri dari circuit breaker (CB), dan *disconnection switch* (DS) untuk tegangan menengah. Jika dianalogikan, fungsi utama kubikel PLN pada gedung, sama dengan KWH pada instalasi rumah. Yaitu berfungsi sebagai penghitung pemakaian energi listrik pada konsumen.



Gambar 2.15 panel tegangan menengah

(Sumber: (<https://www.google.companel+tegangan+menengah+pln.com>))

2.2.9 Panel Utama Tegangan Rendah

Panel utama tegangan rendah atau *Low Voltage Main Distribution* (LVMDP) merupakan pembagi utama pada pembagian daya listrik untuk seluruh gedung. Panel *Low Voltage Main Distribution* ini berfungsi untuk menerima daya listrik yang berasal dari *transformator* ataupun genset (genetator – set), dan kemudian didistribusikan ke *sub distribution* panel menggunakan jenis kabel NYY yang selanjutnya mendistribusikan menuju panel distribusi. Pada LVMDP ini dipasang circuit breaker utama untuk seluruh kebutuhan beban listrik pada gedung.



Gambar 2.16 panel utama tegangan rendah
(Sumber: <https://www.google.com>)

2.2.10 Panel Distribusi

Panel Distribusi atau panel beban SSDP (*Subsub Distribution Panel*) merupakan panel distribusi yang tersambung langsung dengan beban listrik, seperti lampu, kotak – kontak, AC, elektronik, dll. Panel beban atau panel SSDP ini, dipasang sebuah MCB dengan kapasitas yang besar sebagai pemutus utama, dan beberapa MCB berkapasitas kecil sebagai pemutus yang dihubungkan langsung ke beban listrik.

Kabel yang digunakan untuk instalasi penerangan dan kotak – kontak adalah jenis kabel NYA/NYM, sedangkan kabel yang digunakan untuk power (pompa, lift, dll) adalah jenis kabel NYY, untuk jenis kabel khusus seperti yang digunakan pada electric pump pada pompa pemadam kebakaran menggunakan jenis kabel FRC (*fire Resistance Cable*).

2.2.11 Genset (Generator – set)

Sumber energi listrik yang digunakan pada gedung hotel selain PLN adalah genset (generator – set) berfungsi sebagai suplay daya listrik cadangan.

Bekerjanya unit genset dikontrol oleh panel kontrol genset (PKG). Fungsi utama dari panel kontrol ini adalah untuk mengatur pengoperasian dari kinerja generator yang meliputi dari proses *starting*, *running*, *stopping*, *emergency stop* dan lain – lain. Panel kontrol genset ini juga dilengkapi dengan sistem proteksi dan juga monitoring. PKG (panel kontrol genset) akan bekerja menghidupkan genset dan mensuplay tegangan untuk LVMDP dengan bantuan *Automatic Main Failure* (AMF) dan *Automatic Transfer Switch* (ATS). Fungsi dari AMF adalah untuk menyalakan unit genset secara otomatis, apabila sumber listrik dari PLN telah terputus ataupun mengalami gangguan. Apabila genset sudah bekerja tetapi belum terhubung pada panel distribusi utama (LVMDP) maka ATS menyambungkan suplay listrik dari genset menuju beban dan menutup suplay listrik dari PLN secara otomatis. Ketika PLN sudah menyala maka, maka ATS akan memindahkan switch, yang awalnya beban terhubung dengan genset akan berpindah dan disuplay kembali oleh PLN.



Gambar 2.17 genset (generator – set)
(Sumber: <https://www.gudangset.com>)

2.2.12 Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapsitor

Dalam sistem listrik AC / Arus Bolak – Balik ada 3 jenis daya yang dikenal, khususnya untuk beban yang memiliki impedansi (Z), yaitu :

1. Daya Semu

Daya semu merupakan daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi. Daya ini merupakan antara tegangan dan arus yang melalui penghantar.

Untuk 1 phase :

Rumus :

$$S = V \times I \dots\dots\dots 2.11$$

Untuk 3 phase :

Rumus :

$$S = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \dots\dots\dots 2.12$$

$$S = 3 \times V_{L-N} \times I \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus Yang Mengalir Pada Penghantar (Ampere)

2. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk mekanik dan panas. Daya reaktif ini adalah hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor daya.

Untuk 1 phase

$$Q = V \times I \times \sin \emptyset \dots\dots\dots 2.14$$

Untuk 3 phase

$$Q = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times \sin \emptyset \dots\dots\dots 2.15$$

$$Q = 3 \times V_{L-N} \times I \times \sin \emptyset \dots\dots\dots 2.16$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Sin \emptyset = Faktor Daya

3. Daya Nyata

Daya nyata merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin – mesin listrik atau peralatan lainnya.

Untuk 1 phase

$$P = V_{L-N} \times I \times \cos \emptyset \dots\dots\dots 2.17$$

Untuk 3 phase

$$P = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times \cos \emptyset \dots\dots\dots 2.18$$

$$P = 3 \times V_{L-N} \times I \times \cos \emptyset \dots\dots\dots 2.19$$

Keterangan :

Q = Daya Nyata (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

Sin \emptyset = Faktor Daya

Untuk rangkaian listrik AC, bentuk gelombang tegangan dan arus sinusoida, besarnya daya setiap saat tidak sama. Maka daya yang merupakan daya rata – rata diukur dengan satuan Watt. Daya ini membentuk energi aktif persatuan waktu dan dapat diukur dengan kwh meter dan juga merupakan daya nyata atau daya aktif.

Sedangkan daya semu dinyatakan dengan satuan volt-ampere (VA), menyatakan kapasitas peralatan listrik, seperti yang tertera pada peralatan generator atau transformator. Daya ini merupakan beban (kebutuhan) pada suatu sistem tenaga listrik.

2.2.13 Faktor Daya (Cos Ø)

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya nyata dengan daya semu suatu beban dari suatu jaringan dan dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

Rumus

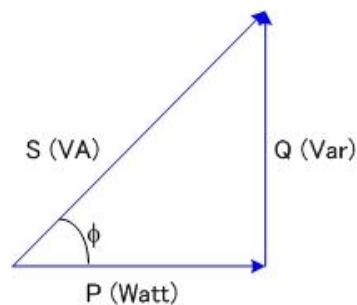
$$Pf = \frac{P}{S} \dots\dots\dots 2.20$$

Keterangan

Pf = Faktor Daya

P = Daya Nyata (Watt)

S = Daya Semu (VA)



Gambar 2.18 segitiga daya
(Sumber: <https://dunia-listrik.blogspot.com>)

Faktor daya dibatasi dari 0 – 1, dimana semakin tinggi faktor daya (mendekati 1) artinya semakin banyak daya yang yang bisa dimanfaatkan. Sebaliknya jika semakin rendah faktor daya (mendekati 0) maka semakin sedikit daya yang bisa dimanfaatkan.

Selain itu faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif (Watt) dengan daya semu (VA) atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu atau daya total. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasil faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

Jika seluruh beban daya yang dipasok oleh perusahaan listrik memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistem pendistribusian. Sehingga dengan beban yang terinduksi dan jika faktor daya berkisar dari 0,2 sampai 0,5 maka kapasitas jaringan distribusi lebih tertekan. Jadi, daya reaktif (VAR) harus serendah mungkin untuk keluaran KW yang sama dalam rangka meminimalkan kebutuhan daya total (VA).

Faktor daya menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi. Jadi perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor.

2.2.14 Kapasitor Untuk Memperbaiki Faktor Daya

Faktor daya dapat diperbaiki dengan memasang kapasitor bank. Kapasitor bertindak sebagai pembangkit daya reaktif dan oleh karenanya akan mengurangi jumlah daya reaktif juga daya semu yang dihasilkan oleh bagian utilitas.

2.2.15 Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang akan berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif. Kapasitor bank memiliki fungsi utamanya yaitu untuk memperbaiki faktor daya. Kapasitas kapasitor bank dari ukuran 5 Kvar sampai 60 Kvar. Dari tegangan kerja 230 V sampai 525 V. Kapasitor bank merupakan sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas tertentu. Besaran yang sering dipakai adalah Kvar (*KiloVolt Ampere Reaktif*). Kapasitor ini mempunyai sifat listrik yang kapasitif (leading). Sehingga mempunyai sifat mengurangi atau menghilangkan terhadap sifat induktif (leaging).

Fungsi kapasitor bank selain sebagai perbaikan faktor daya adalah sebagai berikut :

1. Menyupply daya reaktif dengan tujuan untuk memaksimalkan penggunaan daya kompleks (KVA)
2. Mengurangi terjadinya *voltage drop* atau turun tegangan

3. Mencegah terjadinya *overload* pada trafo karena kapasitor bisa berfungsi juga sebagai tambahan daya
4. Menghemat daya yaitu dengan menurunkan KVA total karena pemakaian KVA lebih mendekati KW yang terpakai
5. Meminimalisir terjadinya rugi – rugi jaringan listrik
6. Mencegah denda PLN karena adanya daya reaktif

2.2.16 Reactive Power Regulator

Reactive Power Regulator berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan atau sistem dapat bekerja sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan. Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama breaker maka daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan dan berapa daya reaktif yang diperlukan. *Reactive Power Regulator* mempunyai bermacam steps dari 6 steps, 12 steps sampai 18 steps.