

# Perancangan Instalasi Listrik Gedung Pelayanan Terpadu Rumah Sakit Panti Rahayu Gunung Kidul

AFIF ILHAM SAIFUDIN

## ABSTRACT

*Hospital is a health service facility provided by the government and the private sector to serve the community strived to prioritize the commitment to provide security and comfort to the community, a hospital building must be made safe and comfortable so that the patients who are being treated therein. The feeling of security arises from the supporting facilities and infrastructure, one of them is the hospital's installation.*

*Hospital installations include several aspects including the electricity distribution system, artificial lighting (lighting), contact boxes, lightning suppliers, and other infrastructure. Therefore, an effort to reduce over design, a hospital electrical installation system is made which processes data to calculate the overall load of the hospital building in a detailed and accurate way and always complies with SNI (Indonesian National Standard). It is expected that with the planning of the electrical installation system is able to support adequate facilities and infrastructure for building users.*

*After planning the electrical installation at the Panti Rahayu Hospital, then the results of the calculation of the installed electrical load is 1331.4 kVA, where with the simultaneity of a load of 70%, the maximum load is 794.4 kVA with a  $\cos \phi$  value of 0.72. To improve the value of  $\cos \phi$  then a capacitor bank of 300 kVAR is needed with a combination of 12 times 25 kVAR on each capacitor so that the normal load can be 626.7 kVAR with  $\cos \phi$  0.9. The required PLN subscription power supply at this hospital is 865 kVA. Based on the calculation of the total load after repairing the power factor, the capacity of the generator to be installed is 1000 kVA and the capacity of the transformer to be installed is 1250 kVA.*

**Keywords:** *Electrical Installation, Artificial Lighting (Lighting), contact box, Electrical Distribution System, Short Circuit Current, Voltage Drop, Hospital, Multi-storey Buildings.*

## PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan suatu sarana pelayanan kesehatan bagi masyarakat yang harus memperhatikan kualitas pelayanannya agar bisa memberikan rasa yang nyaman bagi masyarakat, rasa nyaman tersebut tidak akan terwujud tanpa adanya sarana dan prasarana yang mendukung dari sebuah baguan rumah sakit. Pada sebuah proyek pembangunan terdiri dari tim perencana (Arsitek, Struktur & MEP) dan tim pelaksanaan (lapangan).

Tim perencana mempunyai tugas untuk merancang desain teknis secara jelas dan rinci yang hasilnya nanti akan dipergunakan sebagai pedoman pelaksanaan pembangunan oleh tim pelaksana. Hasil produk dari tim perencana antara lain adalah: RAB (Rencana Anggaran dan Biaya), dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat). Semua utilitas kelistrikan merupakan bagian pekerjaan dari tim perencanaan MEP (Mekanikal, Elektrikal & Plambing), pekerjaan tersebut antara lain adalah instalasi penerangan dan kontak; suplai listrik VAC (tata udara gedung & ventilasi mekanik); elektronik (*fire alarm, sound system*, jaringan telepon, jaringan komputer, dan kamera CCTV); suplai peralatan listrik antara lain (pompa air bersih, pompa hidrant,

dan lift); instalasi panel-panel listrik; instalasi transformator tegangan rendah dan genset disel; dan instalasi penyalur petir.

Pekerjaan gambar perencananan harus diperhitungkan secara akurat dan detail sesuai dengan acuan SNI (Standar Nasional Indonesia) atau standar kelistrikan internasional yang berlaku. Hal hal tersebut diharapkan agar mendapat nilai efektivitas kinerja system dan efisiensi ekonomis serendah-rendahnya. Oleh sebab itu, dilakukan Perancangan Instalasi Listrik Gedung Pelayanan Terpadu Rumah Sakit Panti Rahayu Gunung Kidul Yogyakarta

## TUJUAN PENELITIAN

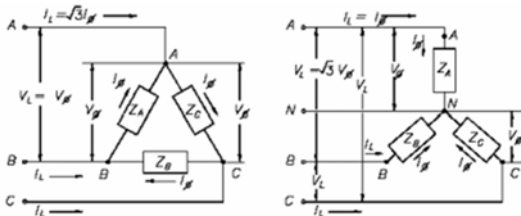
Mengetahui jumlah kebutuhan listrik gedung Rumah Sakit, kapasitas trafo dan genset yang dipasang, daya langganan dari PLN, *drop* tegangan masing-masing panel, nilai hubung singkat (*breaking capacity*) masing-masing panel serta jenis sistem penyalur petir yang digunakan.

## LANDASAN TEORI

Perancangan instalasi pada dasarnya harus mempunyai standar dan peraturan undang-undang yang berlaku di Indonesia. (PUIL) Persyaratan Umum Instalasi Listrik merupakan sebuah rangkuman ketentuan yang mengenai instalasi listrik, dan ketentuan ketentuan tersebut antara lain:

- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Pedoman-Pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit Tahun 2014.
- SNI 04-7018-2004, atau edisi terakhir, Sistem pasokan daya listrik darurat dan siaga.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 Tentang Persyaratn Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit.
- SNI 04-7019-2004, atau edisi terakhir, Sistem pasokan daya listrik darurat dan menggunakan energi tersimpan.
- Kriteria desain dari konsultan perencana.

1. *Daya Listrik 3 Fasa Pada Beban yang Seimbang*  
 Besar daya keluaran dari generator 3 fase atau daya yang digunakan oleh beban 3 fase, dapat diperoleh dari menjumlahkan daya dari tiap fasenya. Sistem yang seimbang, total daya yang didapat sama dengan 3 kali total daya dari fase, karena daya dimasing-masing fase besarnya sama.



**Gambar 1** Hubung Segitiga dan Bintang yang Seimbang  
 (Sumber: <http://risqisugengputra.weebly.com/3-phase.html>)

Apabila sudut antara arus dan tegangan sebesar  $\theta$ , maka besar daya tiap fasanya maka daya setiap fasa adalah:

$$P_{\text{fasa}} = V_{\text{fasa}} \cdot I_{\text{fasa}} \cdot \cos \theta$$

Adapun besar daya total adalah penjumlahan dari besarnya daya dari setiap fasenya, dan dapat ditulis:

$$PT = 3 \cdot V_f \cdot I_f \cdot \cos \theta$$

Sedangkan pada hubung bintang, besar tegangan saluran sebesar  $1,73V_{\text{fase}}$  maka tegangan setiap fasenya  $V_{\text{line}}/1,73$  dan nilai arus saluran sama dengan arus fase,  $I_L = I_f$ , maka daya total (PTotal) dirangkaian hubung bintang (Y) yaitu:

$$PT = V_L/1,73 \cdot I_L \cdot \cos \theta = 1,73 \cdot V_L \cdot I_L \cos \theta$$

Pada hubung segitiga, besar tegangan line yang sama dengan tegangan fasanya,  $V_L = V_{\text{fase}}$ , dan besar arusnya  $I_{\text{line}} = 1,73 I_{\text{fase}}$ , sehingga besar arus perfasa

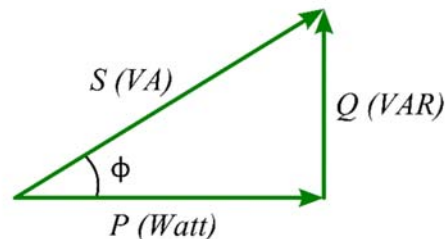
menjadi  $I_L/1,73$ , maka daya total (PTotal) pada rangkaian hubung segitiga yaitu:

$$PT = 3 \cdot I_L/1,73 \cdot V_L \cdot \cos \theta = 1,73 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

Dari persamaan total daya pada kedua jenis hubungan di atas didapat bahwa besar daya pada kedua jenis hubungan diatas sama saja, akan tetapi yang menjadi pembedanya adalah tegangan kerja dan arus kerja yang mengalir dan berlaku pada kondisi beban yang seimbang.

### 2. Faktor daya / Faktor Kerja

Faktor daya atau juga sering disebut faktor kerja merupakan hasil perbandingan antara daya semu (VA) dan daya aktif (W) atau sudut cosinus dari kedua daya tersebut. Besarnya faktor daya dipengaruhi oleh besar kecilnya daya reaktif (VAR). Faktor daya yang biasanya ditemukan di dunia nyata yaitu lebih kecil atau sama dengan 1. Jika nilai faktor daya mendekati 1 maka hal tersebut tentunya sangat baik, karena daya yang digunakan maksimal, sedangkan jika nilai faktor daya mendekati 0 maka daya yang terpakai tidak maksimal (buruk). Adapun besarnya faktor daya dapat dilihat pada segitiga daya seperti gambar berikut:



**Gambar 2** Segitiga Daya  
 (Sumber:

<https://mastermepengineering.files.wordpress.com/2015/02/ilustrasi-segitiga-daya.png>)

Secara teori, bila seluruh beban daya yang dihasilkan oleh perusahaan listrik mempunyai faktor daya 1, maka daya maksimum yang disalurkan setara dengan sistem pendistribusian. Sehingga, dengan memiliki beban induksi dan faktor daya berkisar dari 0,2 sampai 0,5 maka kapasitas jaringan distribusi listrik menjadi tertekan. Maka dari itu, daya reaktif harus diminimalisir agar dapat meminimalkan daya total (VA). Faktor daya yang rendah dapat merugikan karena dapat menimbulkan arus beban yang tinggi. Salah satu upaya dalam melakukan perbaikan daya yaitu dengan dipasangnya kapasitor bank.

### 3. Perbaikan Faktor Daya

Faktor daya yang terlalu rendah atau mendekati 0 merupakan tanda bahwa daya aktif yang terpakai tidak maksimal dan menghasilkan

daya reaktif yang besar. hal tersebut menyebabkan kerugian berupa ekonomis maupun teknis, untuk itu perlu dilakukan perbaikan faktor daya. Upaya perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan melakukan pemasangan kapasitor. Kapasitor berperan sebagai pembangkit daya reaktif oleh karena itu kapasitor akan mengurangi besarnya daya reaktif dari jumlah total daya semu.

#### 4. Drop Tegangan

Drop tegangan atau jatuh tegangan adalah tegangan yang hilang pada suatu saluran penghantar. Jatuh tegangan disalurkan listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran, besarnya beban dan berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besar dari jatuh tegangan dapat dinyatakan dalam persen maupun dalam besaran Volt. Ketentuan batasan atas dan bawah tegangan sudah ditentukan oleh kebijakan dari perusahaan kelistrikan. Berdasarkan PUIL 2000 yang terdapat pada pasal 4.2.3.1 Umum menyatakan bahwa susut tegangan (Drop tegangan) antar terminal tidak boleh melebihi 5%.

#### 5. Kapasitas Hubung Singkat

Hubung singkat merupakan terjadinya hubungan antar penghantar bertegangan atau tidak bertegangan secara langsung sehingga akan terjadi aliran arus yang besar atau tidak normal. Hubung singkat berpotensi menimbulkan percikan api jika tidak segera diatasi. Maka dari pada itu diperlukan sebuah proteksi untuk arus atau beban lebih yaitu MCB (*Miniatur Circuit Breaker*).

MCB berfungsi sebagai proteksi dengan memutuskan arus yang mengalir jika arus melampaui batas normal. Besarnya kapasitas *circuit breaker* ditentukan dari nilai KHA. Kapasitas breaker harus lebih besar dari KHA tersebut. Pada brosur di pasaran, nilai CB yang tersedia adalah 32A (untuk MCB) dan 30A (untuk MCCB). Akan tetapi jika akan terjadi penambahan kapasitas daya listrik dapat dipasang CB dengan nilai 40A dan seterusnya.

#### 6. Pencahayaan

Pencahayaan (illuminasi) adalah kepadatan cahaya dari suatu sumber yang bercahaya (Stein et.al., 1986). Intensitas pencahayaan merupakan flux cahaya yang jatuh pada 1 m<sup>2</sup> dari bidang itu, yang memiliki satuan lux (lx) dan dilambangkan dengan huruf E. Maka: 1 lux = 1 lumen per m<sup>2</sup>.

Bola lampu dapat dianalogikan dengan sebuah kran penyiraman air, maka air yang disemburkan adalah lumen dan jumlah air yang dikeluarkan per satuan waktu per meter persegi dari luas lantai adalah intensitas pencahayaannya. Secara matematis dapat dirumuskan dengan,

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

dimana:

E = Intensitas pencahayaan (lux)

$\Phi$  = flux cahaya (lumen)

A = Luas bidang yang diterangi (m<sup>2</sup>)

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan (SNI 03-6575-75 2001).

Untuk menentukan banyaknya jumlah titik lampu pada masing masing ruangan akan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: dimensi atau luas dalam satu ruangan, fungsi pada setiap ruangan, warna pada dinding ruangan, dan tipe armature yang akan digunakan. Terdapat sebuah rumus yang digunakan untuk menentukan berapa jumlah lampu yang harus digunakan pada ruangan yaitu:

$$N = \frac{E \cdot L \cdot W}{\Phi \cdot LLF \cdot CU}$$

Dimana:

N = Jumlah titik lampu

E = Kuat penerangan dengan satuan (Lux)

L = Panjang ruang dengan satuan (Meter)

W = Lebar ruangan dengan satuan (Meter)

$\Phi$  = Total Lumens lampu

LLF = *Light loss factor* / faktor rugi cahaya (0,7-0,8)

CU = *Coeffisien of utilization* / faktor pemanfaatan (50-65%)

#### 7. Sistem Penyalur Petir

Sistem penyalur petir merupakan sebuah sistem yang dimiliki oleh sebuah bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan muatan listrik dari awan menuju bumi supaya tidak menimbulkan dampak buruk bagi peralatan listrik dan makhluk hidup disekitar bangunan. Sistem penyalur petir haruslah dimiliki oleh sebuah bangunan bertingkat karena bangunan bertingkat lebih rentan terkena oleh sambaran petir. Penyalur petir akan melewati tegangan yang berasal dari langit menuju bumi tanpa merusak benda yang dilewatinya. Penyalur petir memiliki 3 bagian utama yaitu:

##### a. Batang Penyalur Petir

Batang ini merupakan batangan tembaga lancip yang diletakkan diatas atap gedung. Ujungnya yang lancip berguna untuk memudahkan dalam pengumpulan dan pelepasan muatan listrik sesuai dengan sifat alamnya. Hal tersebut dilakukan untuk memperlancar proses menarik muatan listrik yang ada di awan.

### b. Kabel Konduktor

Kabel konduktor merupakan kabel tembaga yang berperan sebagai penghantar petir. Kabel ini terhubung langsung dengan batang penangkal petir untuk meneruskan muatan listrik menuju tanah. Kabel ini biasanya terpasang pada bagian luar bangunan gedung.

### c. Pembumian (Grounding)

Pembumian merupakan komponen terakhir yang dimiliki oleh sebuah penangkal petir dimana muatan listrik yang mengalir pada kabel penghantar dilepaskan di tempat pembumian ini. Pembumian ini berupa batangan yang terbuat dari tembaga yang dilapisi baja.

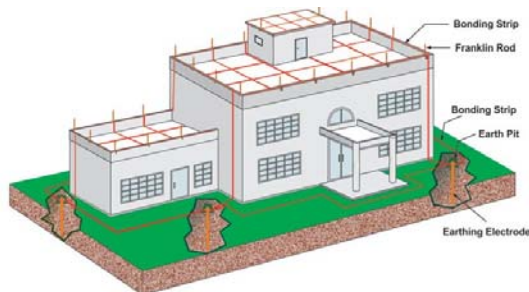
Secara umum jenis penyalur petir dibedakan menjadi 2 hal tersebut dikarenakan mengacu dengan fungsinya, jenis-jenis penyalur petir antara lain:

#### 1) Penyalur Petir Konvensional (Franklin Rod)

Penangkal petir dengan metode Franklin rod ini merupakan sistem proteksi yang paling awan tetapi masih sering digunakan, terutama untuk melindungi gedung beratap runcing seperti menara dari sambaran petir. Penangkal petir ini merupakan sebuah batangan tembaga berbentuk kerucut yang terletak pada ujung atap bangunan. Pada pemasangannya, sistem penangkal petir ini dipasang di atas pipa sepanjang 1-3 meter untuk menghasilkan luas daerah jangkauannya. Akan tetapi sistem penyalur petir ini memiliki kelemahan yaitu semakin jauh radius maka kemampuannya semakin lemah.

#### 2) Penyalur Petir Sangkar Faraday

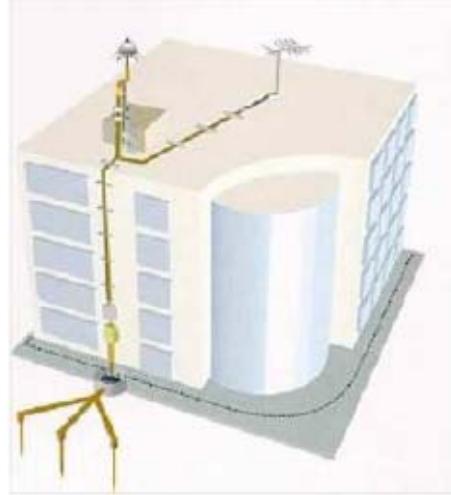
Penyalur petir ini merupakan penyempurnaan dari sistem penyalur petir franklin rod. Prinsip kerjanya sama, namun yang membedakan adalah pada sistem ini pemasangannya merata di bagian atap bangunan seperti sangkar tetapi dengan ukuran batang penangkal petir yang lebih pendek dari sistem franklin rod.



**Gambar 3** Penyalur Petir Metode Sangkar Faraday

(Sumber <http://www.antipetir-indonesia.com/2017/10/penangkal-petir-konvensional.html>)

### 3) Early Streamer Emission Air Terminal (EF)



**Gambar 4** Penyalur Petir Metode EF

(Sumber: <http://blogs.upnjatim.ac.id/utilitas/>)

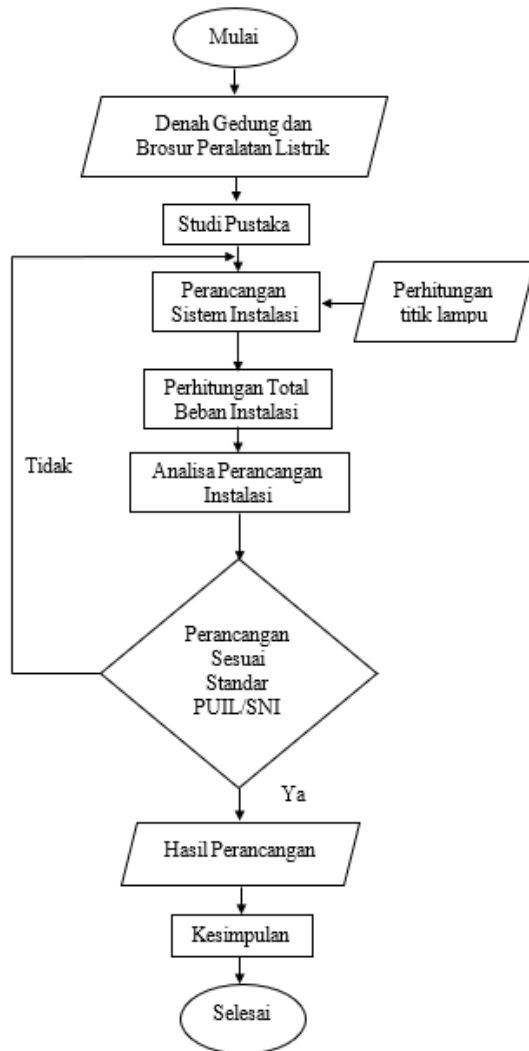
Sistem penyalur petir jenis Energi Froide (*Electrostatic Field*) EF ini merupakan sistem penyalur petir yang paling modern. Ada 3 prinsip sangat penting yang dimiliki oleh penyalur petir EF, yaitu:

- Penyalur petir yang paling kedap atau tertutup terhadap objek sekitar dengan menggunakan terminal penerima dan kabel saluran khusus yang dimiliki oleh sifat isolasi tegangan tinggi.
- Membentuk elektron bebas awal yang besar sebagai streamer emission pada bagian puncak dari sistem terminal.
- Penyatuan EF terminal dan EF carrier yang memiliki isolasi terhadap tegangan tinggi memberikan keamanan terhadap objek yang dilindungi.

Sistem penyalur petir ini terbagi 2 yaitu EF terminal yang terletak pada puncak bangunan sebagai penangkal petir dan EF carrier (kabel penghantar) yang menuju ke dalam tanah.

## METODOLOGI

Berikut adalah diagram alir perancangan instalasi listrik gedung pelayanan terpadu rumah sakit Panti Rahayu antara lain:



Gambar 5 Diagram Alir Perancangan Tugas Akhir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Skedul Beban Listrik

Perancangan skedul beban listrik, meliputi instalasi penerangan, instalasi kotak kontak, kabel, dan rumus yang digunakan sebagai penentu besar arus yang mengalir melewati masing-masing MCB.

#### a. Prinsip Perancangan skedul beban listrik

Luas penampang kabel instalasi listrik dapat ditentukan besarnya dengan mengacu kepada PUIL 2000. Luasan yang digunakan untuk instalasi penerangan minimal  $1,5\text{mm}^2$  dan sedangkan untuk kotak kontak kabel yang digunakan minimal  $2,5\text{mm}^2$ . Pada gedung pelayanan terpadu rumah sakit panti rahayu, Instalasi penerangan dan kotak kontak digunakan kabel dengan ukurna sebagai berikut:

- 1) Instalasi penerangan menggunakan jenis kabel NYM 3 core dengan ukuran  $2,5\text{mm}^2$  (NYM  $3 \times 2,5\text{mm}^2$ ) untuk fasa, netral, dan *grounding*.
- 2) Instalasi kotak kontak menggunakan jenis kabel NYM 3 core dengan ukuran  $2,5\text{mm}^2$  (NYM  $3 \times 2,5\text{mm}^2$ ) untuk fasa, netral, dan *grounding*.

Rumus yang digunakan untuk menganalisis skedul beban listrik, kabel, dan *circuit breaker* adalah sebagai berikut:

- 1) Perhitungan arus per fasa untuk beban listrik 1 fasa:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \phi}$$

Keterangan:

I = Arus listrik (Ampere)

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan listrik PLN (*Line to Netral* = 220V)

$\cos \phi$  = Faktor daya listrik

- 2) Perhitungan arus per fasa untuk beban listrik 3 fasa:

$$I = \frac{P}{VLL \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \Phi}$$

Keterangan:

I = Arus listrik (Ampere)

P = Daya listrik (Watt)

VLL = Tegangan listrik PLN (*line to line* = 380V)

$\cos \Phi$  = Faktor daya listrik

- 3) Perhitungan kapasitas hantar arus minimal kabel:

$$I_{KHA} = \text{Rating}_{MCCB} \cdot 125\%$$

Keterangan:

$I_{KHA}$  = Kapasitas hantar arus minimal untuk kabel (Ampere)

- 4) Perhitungan luas minimal kabel penampang *grounding* mengacu dengan PUIL 2000:

$$A_{Ground} = A_{feeder} \cdot 50\%$$

Keterangan:

$A_{Ground}$  = Luas penampang kabel *grounding* ( $\text{mm}^2$ )

$A_{feeder}$  = Luas penampang kabel *feeder* ( $\text{mm}^2$ )

- b. Analisis Perhitungan Skedul Beban

Perhitungan dan perancangan skedul beban pada masing-masing panel disetiap lantainya adalah sebagai berikut:

1) MCB Grup Panel Lantai 1

Panel PP.1 (penerangan dan kotak kontak)

a) MCB Grup 1 (PP)

- Beban terpasang:
  - Downlight LED 12W x 24 buah = 288W
  - Downlight LED 12W + Battery x 1 buah = 12W
  - Downlight LED Spot 5W x 3 buah = 15W
  - TL Weatherproof LED 18W x 1 buah = 18W
  - TL Weatherproof LED 18W + Battery x 1 buah = 18W
  - LED Light Panel (1200x300mm) 36W x 2 buah = 72W
  - Axial fan 50W x 7 buah = 350W
- Total beban terpasang = 773W
- Fasa / Tegangan (V) / Frekuensi (F) = 1 / 220 / 50 Hz (PLN)
- Asumsi  $\cos\phi = 0.85$
- Arus beban yang terpasang (I):

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} = \frac{773}{220 \cdot 0,85} = 4,13A$$

b) MCB Grup 12 (PP)

- Beban terpasang:
  - Kotak kontak dinding 100W x 2 buah = 200W
- Total beban terpasang = 200W
- Fasa / Tegangan (V) / Frekuensi (F) = 1 / 220 / 50 Hz (PLN)
- Asumsi  $\cos\phi = 0.85$
- Arus beban yang terpasang (I):

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} = \frac{200}{220 \cdot 0,85} = 1,07A$$

c. *Pembagian Arus Beban ke Setiap Fasa R, S, dan T*  
 Beban yang diperoleh dari setiap grup dibagi menjadi ke dalam fasa R, S, dan T, Sehingga arus yang terpasang pada ketiga fasa tersebut nantinya akan berimbang atau mendekati. Pembagian nilai arus beban selengkapnya dapat dilihat pada lampiran, masing masing nilai arus fasanya dari semua jumlah grup adalah

- 1) Fasa R ( $I_R$ ) = 34,7A
- 2) Fasa S ( $I_S$ ) = 35,1A
- 3) Fasa T ( $I_T$ ) = 34,8A

d. *MCCB (Moulded Case Circuit Breaker) utama*

- 1) Ditentukan dari arus beban terpasang = 34,8A (diambil dari fasa yang paling tinggi)
- 2) Jenis pementuan pemakainya MCCB digunakan MCCB 3 fasa tipe fix, karena tipe ini

memeiliki daya tahan yang cukup tinggi terhadap panas.

- 3) Rating MCCB yang dipilih adalah 50A. Pertimbangan pemilihan MCCB berdasarkan besaran arus pada beban ditambah dengan asumsi jumlah *spare* beban jika pada masa yang akan datang akan ditambah beban, selain itu harga juga berpengaruh dalam pemilihan unit MCCB.

e. *Kabel Feeder*

- 1) Nilai kapasitas hantar arus (KHA) minimal kabel *feeder* ( $I_{KHA}$ ):  
 $I_{KHA} = \text{Rating}_{MCCB} \cdot 125\% = 50 \cdot 125\% = 62,5A$
- 2) Jenis kabel yang dipilih (sesuai PUIL 2000) NYY (Cu/PVC/PVC) 4 inti untuk fasa R, S, T dan N
- 3) Nilai luas penampang kabel *feeder* ( $A_{feeder}$ ) yang dipilih adalah = 10mm<sup>2</sup>

f. *Kabel Grounding*

- 1) Jenis kabel *grounding* yang dipilih (berdasarkan PUIL 2000) BCC (*Bare Copper Conductor*) inti 1
- 2) Luas Penampang minimal pada kabel *grounding* ( $A_{Grounding}$ ):  
 $A_{Ground} = A_{feeder} \cdot 50\% = 10\text{mm}^2 \cdot 50\% = 5\text{mm}^2$   
 Maka dipilihlah sesuai dengan brosur sebesar,  $A_{Grounding} = 10\text{mm}^2$

g. *Komponen lain*

- 1) Box panel, berfungsi sebagai tempat (wadah) utama.
- 2) Busbar untuk fasa R, fasa S, fasa T, netral, dan *grounding*; berfungsi sebagai terminal.
- 3) MCB cadangan pada tiap panel disediakan 3 buah, sebagai kebutuhan tertentu pada kemudian hari.
- 4) Pilot lamp lengkap dengan sekering, yang berfungsi sebagai indikator di setiap fasa pada panel.

2. *Skedul Beban LVMDP*

Skedul beban LVMDP merupakan panel utama setelah trafo yang berada di *Power House*, isi dari panel LVMDP adalah MCCB utama dari gedung. Rating *circuit breaker* dan besaran penampang kabel *feeder*-nya, antara lain sebagai berikut:

a. *Beban Normal Maksimum Pada Fasa R, S, dan T*

Dari hasil yang telah dikalikan dengan faktor keserempakan, estimasi beban yang awal mulanya 1331,4 kVA (beban listrik terpasang) berubah menjadi 794,4 kVA (beban maksimum normal).

Maka, nilai arus listriknya yang dihitung antara lain sebagai berikut.

- 1) Arus listrik pada fasa R ( $I_R$ ) = 1202,2 A
- 2) Arus listrik pada fasa S ( $I_S$ ) = 1204,1 A
- 3) Arus listrik pada fasa T ( $I_T$ ) = 1205,3 A

b. *Circuit breaker (CB) Utama*

- 1) Nilai beban terpasang ( $I_{Beban}$ ) = 1205,3 A (diambil dari nilai arus pada yang paling tinggi)
- 2) Jenis CB yang dipilih yaitu ACB 3 fasa (*Air Circuit Breaker*) dengan sarana pemadam busur api berupa udara.
- 3) Rating ACB yang dipilih sebesar 1600 A. Pemilihan nilai MCCB tersebut berdasarkan besaran nilai arus pada beban dan ditambahkan dengan asumsi *spare* beban jika pada waktu mendatang akan ditambah beban listrik, selain itu harga juga berpengaruh dalam pemilihan unit ACB.

c. *Kabel Fedeer (Tenaga)*

- 1) Kapasitas hantar arus (KHA) minimal kabel *feeder* ( $I_{KHA}$ ):  
 $I_{KHA} = Rating_{MCCB} \cdot 125\% = 1250 \cdot 125\% = 1562,5 A$
- 2) Jenis kabel *feeder* yang dipilih (sesuai PUIL 2000) = NYY (Cu/PVC/PVC) Inti 4 untuk R, S, T, N
- 3) Penampang kabel *feeder* ( $A_{Feeder}$ ) yang dipilih adalah  
 $= 4 \times 4 \times 1 \times 300mm^2$  (KHA = 1868.1A)

d. *Kabel Grounding (Pembumian)*

- 1) Jenis kabel *grounding* yang dipilih (sesuai PUIL 2000) = BCC (*Bare Copper Conductor*) Inti 1
- 2) Luas Penampang minimal pada kabel *grounding* ( $A_{Grounding}$ ):  
 $A_{Ground} = A_{feeder} \times 50\% = 4 \times 4 \times 1 \times 300mm^2 \times 50\% = 600mm^2$   
Maka dipililihlah sesuai dengan brosur sebesar,  
 $A_{Grounding} = 7 \times 95mm^2$

3. *Perbaikan Faktor Daya dan Berlangganan PLN*

Setelah diketahui besar daya semu dan daya aktif, maka bisa dihitung daya reaktifnya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$Q^2 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Dimana,

S = Daya Semu (VA);

P = Daya aktif (Watt);

Q = Daya reaktif (VAr)

Hasil dari daya semu dan daya aktif yang digunakan dalam menentukan perbaikan faktor daya sudah dikalikan

dengan faktor kebersamaan (estimasi), sehingga S= 794,4 kVA, P = 575,9kW, sehingga daya reaktif yang didapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{794,4^2 - 575,9^2}$$

$$Q = 547,2kVAR$$

Nilai Cos Phi sebelum perbaikan faktor daya yaitu nilai daya aktif sebesar (P =575,9kW) dibagi dengan nilai daya semu (S = 794,4 kVA), sehingga dapat diperoleh nilai Cos Phi sebesar 0,7 Chos phi yang yang didapat pada gedung RS Panti Rahayu yaitu sebesar 0,9 Sehingga untuk menentukan nilai besaran kapasitor bank yang akan di pasang adalah:

$$S1 = \frac{P}{0,9}$$

$$S1 = \frac{575,9}{0,9}$$

$$= 639,8 kVAR$$

Sehingga diperoleh:

$$QI = \sqrt{S1^2 - P^2}$$

$$QI = \sqrt{639,8^2 - 575,9^2}$$

$$QI = 278,9 kVAR$$

Dari perhitungan daya reaktif dengan cos phi sebesar 0,9 maka nilai besaran kapasitor bank yang akan dipasang adalah:

$$C = Q - QI$$

$$C = 547,2 - 278,9$$

$$C = 295,3 kVAR$$

Nilai kapasitor yang akan dipasang pada gedung RS Panti Rahayu sebesar **295,3kVAR** dengan kombinasi 12 unit dengan kapasitas masing masing 25 kVAR.

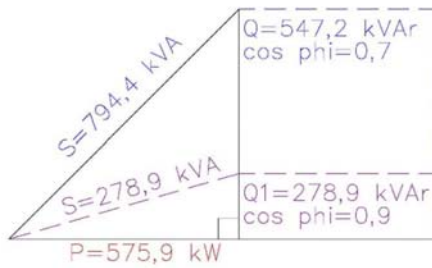
**Tabel 1** Data Kapasitor Bank

Faktor Daya Pada Instalasi	0,72
Faktor Daya Yang Diinginkan	0,90
Kapasitor Yang Diperlukan (kVAR)	295,3
Kapasitor Yang Dipasang (kVAR)	300,0
Faktor Daya Yang Dihasilkan	0,92

**Tabel 2** Data Listrik Gedung dengan Kapasitor Bank

S	P	R	S	T
626,7	575,9	948,4	949,9	950,9
KVA	KW	A	A	A





Gambar 6 Segitiga Phasor Sistem Listrik

#### 4. Kapasistas Trafo dan Genset

Fungsi dari Trafo dan Genset untuk mensuplai daya gedung RS Panti Rahayu. Hal yang utama dalam menentukan nilai kapasitas genset dan trafo adalah beban normal tidak boleh melebihi 80% dari kapasitas trafo dan genset yang akan digunakan. Analisis perhitungannya adalah sebagai berikut.

- Beban normal maksimal (S) setelah ditambah kan kapasitor bank = 626,7 kVA (sesuai hasil Perhitungan di atas)
- Kapasista minimala pada trafo dan genset sebesar 
$$= \frac{626,7 \text{ kVA}}{80\%} = 783,37 \text{ kVA}$$
- Hasil nilai di atas selanjutnya akan dilihat dengan data brosur trafo dan genset yang berada di pasaran, maka dapat ditentukan nilai trafo dan genset yang akan dipilih adalah sebesar 1000kVA
- Daya tersambung PLN  
Nilai daya yang digunakan untuk menentukan daya tersambung PLN yaitu berdasarkan nilai estimasi beban maksimal normal yaitu sebesar 794,4kVA, sehingga daya yang dipilih dalam menentukan daya sambungan PLN melihat pada tabel yang ada pada brosur yaitu sebesar 865kVA

#### 5. Perhitungan Drop Tegangan

Drop tegangan adalah menyusutnya besar tegangan pada ujung saluran yang disebabkan oleh impedansi yang terkandung pada kabel penghantar. Akibatnya, tegangan pada pada ujung saluran nilainya akan lebih kecil dibandingkan tegangan yang tegangan pada saluran yang dekat dengan sumber pembangkit. Besar drop tegangan berbanding lurus dengan panjang saluran dan berbanding terbalik dengan luas penampang saluran. Untuk menyatakannya dapat dalam bentuk persentase atau volt. Berdasarkan IEC 60364-7-714 rumus yang digunakan untuk mencari drop tegangan pada saluran 3 fasa yaitu:  $I_B$

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I_B \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \cdot L$$

Dimana:

- $\Delta V$  : Drop Tegangan (V)  
 $I_B$  : Arus (A)  
 $L$  : Pajang kabel penghantar (kM)  
 $R$  : Resistansi ( $\Omega$ /kM)  
 $X$  : Reaktansi kabel ( $\Omega$ /kM)  
 $\cos \varphi$  : Faktor daya

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Dimana:

- $Z$  : Impedansi ( $\Omega$ )  
 $R$  : Resistansi ( $\Omega$ )  
 $X_L$  : Induktansi kabel ( $\Omega$ )  
 $X_C$  : Kapasitif kabel ( $\Omega$ )

Nilai reaktansi induktif dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$X_L = \omega \times L$$

Diketahui

$$\omega = 2 \times \pi \times f$$

Dimana:

- $L$  : Induktansi kabel (H/kM)  
 $f$  : Frekuensi (50 Hz)  
 $\pi$  :  $\frac{22}{7}$ , atau 3,14

jadi 
$$\omega = 2 \times \pi \times f$$
  

$$\omega = 2 \times 3,14 \times 50$$
  

$$\omega = 314$$

Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan drop tegangan yang terjadi dari trafo ke panel LVMDP (Low Voltage Main Distribution Panel):

Diketahui:

- Jenis Kabel yang digunakan : NYY 4 x (4 x 1C x 300mm<sup>2</sup>)  
 Panjang kabel : 5 meter menjadi 0,005km  
 Arus ( $I_B$ ) : 1205,3 Amper  
 $R$  : 0,075  $\Omega$ /kM  
 $L$  : 0,000305H/kM

$$X_L = \omega \times L$$

$$X_L = 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,000307$$

$$X_L = 0,095770 \text{ H/kM}$$

$\cos \varphi$ : 0,78 (Asumsi)

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0,78^2}$$

$$\sin \varphi = 0,63$$

Perhitungan Drop Tegangan:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_B \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \cdot L$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 1205,3 \cdot (0,075 \cdot 0,78 + 0,095770 \cdot 0,63) \cdot 0,005$$

$$\Delta U = 1,2362 \text{ Volt}$$

$$\Delta U\% = 100 \cdot \Delta U / V_N$$



$$\Delta U\% = 100 \cdot 1,387 / 400$$

$$\Delta U\% = 0,3091 \%$$

Untuk ketinggian bangunan pada tiap lantai diasumsikan kurang lebih 4 meter jadi panjang kabel dari lantai satu ke lantai yang lain nilainya akan berubah ubah.

Nilai *drop* tegangan maksimum pada jaringan distribusi listrik tegangan menengah menurut SPLN 50:1997 yaitu sebesar 5%. Dari hasil analisa perhitungan *drop* tegangan pada setiap panel di RS Pantj Rahayu nilai *drop* tegangan masih di bawah 5%. Dengan demikian nilainya masih dalam kategori yang aman.

#### 6. Perhitungan Breaking Capacity (Hubung Singkat)

Perhitungan breaking capacity dilakukan untuk dapat mengetahui besarnya arus hubung singkat yang kemungkinan akan mengalir, sehingga dapat ditentukan besar nilai rating MCCB yang harus dipasang sebagai pemutus arus ketika timbul arus hubung singkat. Berdasarkan buku *Electrical Installation guide according to IEC international standards*, untuk mendapatkan kapasitas CB yang akan digunakan sebagai pemutus, terlebih dahulu mengetahui besar arus hubung singkat yang kemungkinan akan terjadi pada saluran tersebut, dalam instalasi 3 fasa hubung singkat dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut:

$$I_{sc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot Z_T}$$

Dimana

$U_{20}$  : Tegangan fasa ke fasa (Volt)  
 $Z_T$  : Total impedansi per fasa ( $\Omega$ )

Metode perhitungan  $Z_T$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2}$$

Penentuan impedansi pada masing-masing komponen

#### a. Jaringan Hulu (Supply network)

$$Z_a = \frac{U_{20}^2}{P_{sc}}$$

Dimana:

$Z_a$  : Impedansi pada jaringan MV ( $m\Omega$ )  
 $U_{20}$  : Tegangan LV fasa ke fasa (Volt)  
 $P_{sc}$  : Tingkat gangguan hubung singkat (kVA)

#### b. Trafo

$Z_{tr}$  (impedansi trafo), dilihat dari terminal LV dapat dicari dengan rumus:

$$Z_{tr} = \frac{U_{20}^2}{S_n} \cdot U_{sc}$$

Dimana:

$Z_{tr}$  : Impedansi pada trafo ( $m\Omega$ )

$U_{20}$  : Tegangan LV fasa ke fasa (Volt)  
 $S_n$  : Kapasitas trafo (kVA)  
 $U_{sc}$  : Tegangan Impedansi hubung singkat dinyatakan dalam %

Untuk perhitungan perkiraan tanpa adanya informasi yang lebih tepat tentang transformator, Cenelec 50480 menyarankan untuk menggunakan pedoman sebagai berikut:

- Jika nilai  $U_{20}$  tidak di ketahui maka dapat di asumsikan  $1,05 \cdot U_n$
- Dengan tidak adanya informasi yang lebih tepat, maka nilai-nilai berikut dapat di gunakan  $R_{tr} = 0,31 \cdot Z_{tr}$  dan  $X_{tr} = 0,95 \cdot Z_{tr}$ .

#### c. Konduktor (kawat penghantar)

$$R_c = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Dimana :

$\rho$  : Resistivitas bahan konduktor pada suhu operasi normal

$L$  : Panjang konduktor dalam (m)

$S$  : Ukuran penampang kabel ( $mm^2$ )

Resistivitas bahan konduktor harus di pertimbangkan, pada kondisi suhu ( $20^\circ C$ ) digunakan untuk menentukan arus hubung singkat maksimum, sedangkan pada kondisi suhu tunak (suhu operasi normal) digunakan untuk menentukan arus hubung singkat minimum. Nilai resistivitas bahan konduktor dinyatakan pada gambar di bawah:

	20 °C	PR/XLPE 90 °C	PVC 70 °C
Copper	18.51	23.69	22.21
Alu	29.41	37.65	35.29

**Gambar 7** Nilai Resistivitas sebagai fungsi temperatur, isolasi kabel, dan material intikabel menurut IEC60909-0 dan TR 50480 (dalam  $m\Omega mm^2 / m$ )

Perhitungan jaringan hulu (Jaringan PLN)

$P_{sc} = 500 MVA = 500.000.000 VA$

$U_{20} = 400 V$

Perhitungan impedansi ( $Z$ ) pada jaringan hulu:

$$Z_a = \frac{U_{20}^2}{P_{sc}}$$

$$Z_a = \frac{400^2}{500000000}$$

$$Z_a = 0,00032 m\Omega$$

Perhitungan nilai ( $X$ ) pada jaringan hulu:

$$X = 0,995 \cdot Z_a$$

$$X = 0,995 \cdot 0,00032$$

$$X = 0,000318 m\Omega$$

Perhitungan nilai ( $R$ ) pada jaringan hulu:

$$R = 0,1 \cdot X$$

$$R = 0,1 \cdot 0,000318$$

$$R = 0,00003 \text{ m}\Omega$$

Berikut adalah contoh cara mendapatkan nilai impedansi (Z), (R), & (X) pada trafo dimana diketahui data trafo sebagai berikut:

Trafo dengan kapasitas 1000 kVA

$$U_{sc} = 6 \%$$

$$U_{20} = 400 \text{ V}$$

Perhitungan Impedansi trafo:

$$Z_{tr} = \frac{U_{20}^2}{S_n} \cdot U_{sc}$$

$$Z_{tr} = \frac{400^2}{1000} \cdot 6 \%$$

$$Z_{tr} = 9,60$$

Perhitungan (R<sub>tr</sub>):

$$R_{tr} = 0,31 \cdot Z_{tr}$$

$$R_{tr} = 0,31 \cdot 9,60$$

$$R_{tr} = 2,98 \text{ m}\Omega$$

Perhitungan (X<sub>tr</sub>):

$$X_{tr} = 0,95 \cdot Z_{tr}$$

$$X_{tr} = 0,95 \cdot 9,60$$

$$X_{tr} = 9,12 \text{ m}\Omega$$

Perhitungan hubung singkat pada setiap panel insatsasi dapat diitung dengan menghitung nilai (R) dan (X) terlebih dahulu. Berikut adalah perhitunagn hubung singkat pada panel LVMDP diketahui:

Kabel jenis = NYY (*single-core*)

Jumlah kabel = 4

Ukuran kabel = 4x 300 mm<sup>2</sup>

Panjang kabel (L) = 5 m

$\rho$  resistivitas kabel pada kondisi normal (tembaga) = 22,21

Perhitungan (R):

$$R_c = \frac{\rho}{4} \cdot \frac{L}{S}$$

$$R_c = \frac{22,21}{4} \cdot \frac{5}{300}$$

$$R_c = 0,09 \text{ m}\Omega$$

Perhitungan (X):

$$X_c = 0,08 \cdot (L)$$

$$X_c = 0,08 \cdot 5$$

$$X_c = 0,40 \text{ m}\Omega$$

Perhitungan RT merupakan perhitungan yang diperoleh dari nilai R pada trafo ditambah dengan nilai R pada kabel yang menuju ke LVMDP begitupun untuk menentukan nilai X-nya adalah sebagai berikut:

Perhitungan (RT):

$$RT = R_{Trafo} + R_{kabel}$$

$$RT = 2,98 + 0,04$$

$$RT = 3,07 \text{ m}\Omega$$

Perhitungan (XT):

$$XT = X_{Trafo} + X_{kabel}$$

$$XT = 9,12 + 0,40$$

$$RT = 9,52 \text{ m}\Omega$$

Perhitungan hubung singkat (I<sub>sc</sub>):

$$I_{sc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot Z_T}$$

$$I_{sc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{Rt^2 + Xt^2}}$$

$$I_{sc} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3,07^2 + 9,52^2}}$$

$$I_{sc} = 23,09 \text{ kA}$$

### 7. Sistem Penyalur Petir

Sistem penyalur petir merupakan sebuah sistem yang bekerja menyalurkan muatan energi yang berasal dari sambaran petir yang mengenai pada sebuah bangunan. Pemasangan penyalur petir ini bertujuan untuk mencegah atau melindungi bangunan dari sambaran petir. Proteksi penyalur petir ini mengacu pada SNI 03-7015-2004 tentang sistem proteksi petir pada bangunan gedung. Pada Rumah Sakit Panti Rahayu penyalur petir yang akan digunakan adalah *splitzen* berbasis sangkar *faraday*.

### 8. Prinsip Kerja Penyalur Petir

Penangkal petir sistem *Faraday* ini adalah dengan cara membuat kurungan Faraday atau sangkar *Faraday* dengan menyusun dan mendirikan tiang – tiang yang tingginya disesuaikan dengan kondisi bangunan yang akan dilindungi dari sambaran petir, diaman satu dan lainnya dihubungkan dengan kawat – kawat tembaga dan masing – masing kawat tembaga tersebut dihubungkan ke tiang yang membentuk kurungan atau sangkar yang mempunyai mata jala dengan jarak tidak lebih dari 30 meter antara titik potongannya.

Prinsip kerja sangkar faraday adalah konduktor-konduktor horizontal yang dipasang pada posisi tertinggi bangunan atau Gedung lalu terhubung melalui konduktor saluran ke tanah dan terhubung ke elektroda pertanahan dari bangunan seolah membentuk sangkar pelindung yang akan melindungi bangunan tersebut terhadap muatan dari luar yang masuk dan membahayakan bangunan tersebut

### 9. Perancangan Penyalur Petir

Posisi terminal Penyalur petir dipasang pada titik permukaan tertinggi pada bangunan. Pemasangan ujung penyalur petir adalah *splitzen* batang tembaga yang ujungnya runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada

ujung logam yang runcing. Tinggi tiang masing masing dengan ukuran panjang 2700 mm ditambah panjang masing masing *splitzen* dengan ukuran 300 mm yang dipasang pada posisi tertinggi gedung. Jarak antar tiang sejauh kurang lebih 9 meter.

Sementara itu, rencana sumur grounding yang digunakan adalah sebanyak 2 unit yang masing masing memiliki tahanan maksimum sebesar 3 ohm. Kabel grounding yang digunakan adalah kabel BCC 50 mm<sup>2</sup> yang di teruskan sampai dengan titik grounding di pasang *outbow* didinding dengan klem setiap 1 meter.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dari uraian dan gambar perencanaan yang telah dibahas pada bab sebelumnya, sehingga didapatkan beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

- a. Beban listrik yang terpasang pada Gedung Pelayanan Terpadu Rumah Sakit Panti Rahayu adalah sebesar 1331,4 kVA.
- b. Dengan faktor keserampakan terhadap bebabn sebesar 70% didapatkan beban maksimal sebesar 794,4 kVA dengan nilai  $\cos \varphi$  sebesar 0,72.
- c. Untuk memperbaiki / menaikkan  $\cos \varphi$  dari 0,72 menjadi 0,9 maka dipasang kapasitor bank dengan kapasitas 300 kVAr dengan kombinasi 12 step dikali 25 kVAr pada masing masing kapasitor.
- d. Nilai total beban normal maksimal setelah di tambahkan dengan kapasitor bank menjadi 626,7 kVAr dengan nilai  $\cos \varphi$  0,9.
- e. Suplai PLN yang di perlukan adalah tegangan Menengah 20kV dengan daya 865 kVA, 3 fasa 50Hz.
- f. Dari hasil perhitungan beban keseluruhan didapatkan nilai kapasitas trafo yang dipilih adalah 1250 kVA.
- g. Nilai kapasitas genset yang dipilih dari perhitungan seluruh beban adalah 1000 kVA.
- h. Nilai *drop* tegangan pada setiap masing-masing panel berbeda seperti yang di tujukan pada tabel perhitungan, semakin panjang kabel dan luas kabel maka nilai *drop* tegangan akan semakin besar. Nilai *drop* tegangan pada setiap panel besarnya masih berada di bawah 5 %.
- i. Hasil perhitungan hubung singkat dapat di simpulkan bahwa semakin jauh jarak kabel maka nilai hubung singkat pada panel tersebut akan semakin kecil.
- j. Penyalur petir yang digunakan untuk melindungi bangunan dari sambaran petir adalah *splitzen* berbasis sangkar *faraday*.

### 2. Saran

Dalam merencanakan pekerjaan instalasi listrik, terdapat banyak analisis perhitungan dapat meminimalisirkan asumsi-asumsi yang mengakibatkan *over-design* atau berakibat

memberikan dampak berlebih dalam suatu perencanaan. Penulis sangat berharap kedepan untuk penulisan skripsi yang memiliki topik sejenis dapat memberikan anailsis-analisis mengenai pekerjaan kelistrikan yang lebih jelas rinci sepetri menghitung beban AC dengan perhitungan sesuai agar dapat memberikan efisiensi dalam hal waktu dan biaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Kamil, R. M. (2016). *Perancangan Sistem Instalasi Listrik Royal Sanur Hospital Bali*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Badaruddin, & Lihawa, A. R. (2009). Evaluasi Rancangan Instalasi Listrik Pada Proyek Pembangunan Gedung Blok I Universitas Tarumanagara Jakarta. *Jurnal Sinergi*, 43-48.
- CENELEC. (2011). *Determination of Cross-sectional Area of Conductors and Selection of Protective Device (CLC/TR 50480)*. Brussels.
- International Electrotechnical Commission. (2016). Short-circuit Currents in Three-phase a.c. Systems - Part 0: Calculation of Currents (IEC-60909-0:2016).
- International Electrotechnical Cummission. (1996, April). Electrical Installations of Buildings - Part 7-714: Requirements for Special Installations or Locations - External Lighting Installations (IEC-60364-7-714). Swiss.
- Ismansyah. (2009). *Perancangan Instalasi Listrik Pada Rumah Dengan Daya Yang Besar*. Depok: Universitas Indonesia.
- Jamaaluddin, & Sumarno. (2017). Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan. *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 29-33.
- Juningtyastuti, Warsito, A., & Hadisusanto, F. (2012). Optimisasi Kinerja Pencahayaan Buatan Untuk Efisiensi Pemakaian Energi Listrik Pada Ruang Dengan Metode Algoritma Genetika . *Jurnal Momentum*, 40-49.
- Kelompok Pembakuan Bidang Transmisi . (1997, Juli 8). Spesifikasi Transformator Distribusi (SPLN 50:1997).
- KEMENKES. (2016). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit*.
- Khairy, E. K. (2016). *Perancangan Instalasi Listrik Gedung Rumah Sakit Al-Irsyad Surabaya*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- Nurfitri, Notosudjono, D., & Machdi, A. R. (2016). Studi Perancangan Instalasi Listrik pada Gedung Bertingkat ONIH Bogor. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM)*, 1-12.
- Nurfitri, Notosudjono, D., & Machdi, A. R. (t.thn.). Studi Perancangan Instalasi Listrik Pada Gedung Bertingkat ONIH Bogor. 1-12.
- Panggayudi, D. S. (2015). Study Design Of Electrical Building Distribution. *Journal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya*, 54-59.
- Ridwan, E., Arsyad, M. I., & Razikin, A. (t.thn.). Analisis Perencanaan Pembagian Beban Dan Instalasi Listrik Pada Hotel Golden Tulip Di Kota Pontianak.
- Schneider Electric S.A. (2016). Electrical Installation Guide: According to IEC International Standards.
- Standar Nasional Indonesia. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) (SNI 04-0225-2000).
- Standar Nasional Indonesia. (2001). Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung (SNI 03-6575-2001).
- Standar Nasional Indonesia. (2004). Sistem Pasokan Daya Listrik Darurat Menggunakan Energi Tersimpan (SPDDT) (SNI 04-7019-2004).
- Standar Nasional Indonesia. (2004). Sistem Pasokan Daya Listrik Darurat dan Siaga (SNI 04-7018-2004).
- Standar Nasional Indonesia. (2004). Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung (SNI 03-7015-2014).
- Z, I., & Kamil, I. (2011). Analisa Sistem Instalasi Listrik Rumah Tinggal dan Gedung Untuk Mencegah Bahaya Kebakaran. *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, 40-44

PENULIS:

Afif Ilham Saifudin

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183.

Email: [afif.ilham.2014@ft.umy.ac.id](mailto:afif.ilham.2014@ft.umy.ac.id)