

PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK PELAKSANAAN PROYEK APARTEMEN

Sugianto, Abdul Mu'is

Fakultas Teknik Industri

Prodi Teknik Elektro

Institut Sains Dan Teknologi Nasional

Email : sugianto_emi@yahoo.com

ABSTRAK

Instalasi listrik kerja Pelaksanaan Proyek Apartemen termasuk fasilitas yang memerlukan energi listrik yang besar, sehingga perlu dirancang sistem instalasi listrik yang baik dan benar berdasarkan standar yang ada di Indonesia. Perencanaan beban listrik kerja sebesar 954.250 VA , maka beban keseluruhan 1.616.250 VA setelah di kali dengan diversity faktor total beban 1.137.840 VA. Kapasitas trafo 1.250 kVA dengan daya 1.137,84 kVA atau sebesar 90%. Untuk kapasitas generator 1.000 kVA dengan daya sebesar 787.864 kVA. Nilai $\cos\phi$ pada gedung sebesar 0,8 dan diperbaiki menjadi $\cos\phi$ 0,95, membutuhkan kapasitor sebesar 599,2 kVAR, dengan daya aktif 1.422.300 W. Sehingga pemakaian kapasitor yang digunakan 600 kVAR.

Kata kunci : Sistem listrik kerja, Daya, Perencanaan Beban, Kapasitor Bank.

ABSTRACT

Electrical installation work of project implementation including one Apartment facility that requires electrical energy, so it needs to be designed a system of electrical installation which is good and right based on standards that exist in Indonesia. Planning work of electric load 954,250VA, then the overall load 1,616,250VA after at times with diversity factors total load 1,137,840VA. Capacity 1,250kVA transformer with power 1,137.84kVA or amounting to 90%. To 1,000kVA generators with capacity power of 787,864kVA. $\cos\phi$ values on the building of 0.8 and $\cos\phi$ 0.95, restored as a need of the capacitor 599.2 kVAR, with active power 1,422,300w. so the discharging capacitor used 600kVAR.

Keywords: electrical system of work, resources, planning of load, the capacitor Bank.

I. PENDAHULUAN

Listrik adalah suatu bentuk energi yang berperan sangat penting bagi kehidupan manusia, baik dalam kebutuhan hidup rumah tangga, dalam perindustrian, maupun dalam bentuk usaha-usaha umum. Energi listrik kini dapat dengan mudah dibangkitkan, didistribusikan, dan dirubah ke dalam bentuk energi lainnya. Instalasi kelistrikan pada bangunan-bangunan, pendistribusian energi listrik, mesin-mesin listrik dan perlengkapannya digunakan untuk pembangkitan, konversi, distribusi, dan pemanfaatan energi listrik. Pada setiap bangunan memiliki struktur dasar instalasi

listrik, yaitu sirkuit utama, sirkuit cabang, dan sirkuit akhir.

Instalasi listrik kerja adalah listrik yang digunakan pada saat pelaksanaan proyek. Listrik kerja digunakan untuk mensuplai daya listrik peralatan-peralatan yang digunakan pada saat pelaksanaan proyek dan juga lampu penerangan pada area proyek tersebut. Instalasi listrik kerja bersifat tidak permanen (*temporary*) atau akan dilepas pada saat instalasi listrik permanen pada gedung tersebut sudah jadi dan berfungsi dengan baik dan benar. Instalasi listrik kerja Pelaksanaan Proyek Apartemen termasuk salah satu fasilitas

yang memerlukan energi listrik yang besar, sehingga perlu dirancang suatu sistem instalasi listrik yang baik dan benar berdasarkan standar-standar yang ada di Indonesia. Selain rancangan yang baik, perlu juga diperhatikan pemasangannya agar sistem kelistrikan pada proyek ini terpasang dengan baik, karena pemasangan dan pemilihan bahan serta jenis sistem pengaman yang buruk bisa menurunkan tingkat keamanan dari sistem tersebut, sehingga perlu pengawasan dan perencanaan yang baik dalam pemasangannya.

1.1 Pokok Permasalahan

Bagaimana merencanakan instalasi listrik kerja pelaksanaan proyek Apartemen yang memenuhi syarat dari sisi teknis. Listrik kerja yang dapat melayani dan mencukupi kebutuhan listrik pada pelaksanaan proyek Apartemen.

1.2 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari pokok bahasan yang telah ditentukan maka penulis akan membatasi masalah sebagai berikut :

1. Perencanaan wiring panel instalasi listrik kerja pelaksanaan proyek Apartemen.
2. Perencanaan beban instalasi listrik kerja dan pengaman yang digunakan.
3. Lingkup penelitian dilakukan pada gedung Proyek Apartemen Menteng Park di Jakarta Pusat.
4. *Schedule* pelaksanaan Proyek Menteng Park dari 5 Juli 2017 sampai dengan 14 Oktober 2018.

II. Distribusi Energi Listrik

Secara sederhana “Sistem Distribusi Tenaga Listrik dapat diartikan sebagai sistem sarana penyampaian tenaga listrik dari sumber ke pusat beban. Sementara untuk “Sistem Instalasi adalah cara pemasangan penyalur tenaga listrik atau peralatan listrik untuk semua barang yang memerlukan tenaga listrik dimana pemasangannya harus sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan di dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL).

Oleh karena sumber tenaga listrik untuk beban memiliki kondisi dan

persyaratan – persyaratan tertentu , maka sarana penyampaiannya pun dikehendaki memenuhi persyaratan tertentu pula. Kondisi dan persyaratan yang dimaksudkan tersebut antara lain :

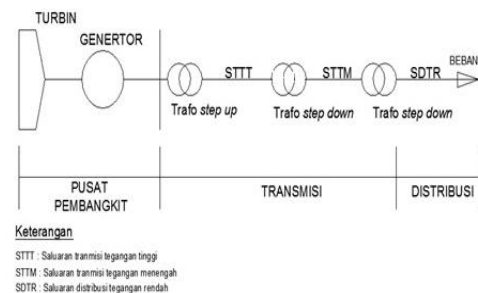
1. Setiap peralatan listrik dirancang memiliki rating tegangan, frekuensi dan daya nominal tertentu.
2. Letak titik sumber (pembangkit) dengan titik beban tidak selalu berdekatan.
3. Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dijamin keamanan bagi peralatan itu sendiri, bagi manusia pengguna, dan bagi lingkungannya.

Dalam upaya antisipasi ketiga hal tersebut, maka untuk sistem penyampaian tenaga listrik dituntut beberapa kriteria :

1. Diperlukan saluran daya (tenaga) yang handal, efektif, ekonomis dan efisien.
2. Diperlukan tersedianya daya (tenaga) listrik dengan kapasitas yang cukup (memenuhi), tegangan (dan frekuensi) yang stabil pada harga nominal tertentu, sesuai dengan *design* peralatan. Singkatnya diperlukan penyediaan daya dengan kualitas yang baik.
3. Diperlukan sarana sistem pengaman yang baik, sesuai dengan persyaratan pengaman (cepat kerja, peka, selektif, handal dan ekonomis).

II.1 Distribusi Tenaga Listrik Secara Umum

Definisi dari sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang berfungsi membangkitkan, mentransmisikan dan mendistribusikan energi listrik dari pusat pembangkit sampai dengan konsumen atau sirkit terakhir.



Gambar 2.1 diagram satu garis sistem tenaga listrik

Tiga komponen utama dari sistem tenaga listrik yaitu pembangkit, transmisi dan distribusi. Penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit sampai ke konsumen dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.1 dimana pada gambar tersebut sudah mencakup tiga unsur dari tiga komponen utama sistem tenaga listrik.

Apabila saluran transmisi menyalurkan tenaga listrik bertegangan tinggi ke pusat-pusat beban dalam tegangan tinggi atau menengah, maka saluran distribusi berfungsi membagikan tenaga listrik ke beban untuk saluran tegangan rendah. Di Indonesia generator di pusat pembangkit biasanya menghasilkan tenaga listrik dengan tegangan antara 6 sampai dengan 20 kV, kemudian, dengan bantuan transformator *step up* tegangan tersebut dinaikan menjadi 150 sampai dengan 500 kV.

Saluran transmisi tegangan tinggi (STTT) menyalurkan tenaga listrik menuju pusat-pusat beban dengan tegangan tinggi, untuk mengantisipasi adanya kerugian daya yang hilang. kemudian dibebarkan beberapa tempat tegangan akan diturunkan tahap demi tahap.

Pada gardu induk (GI), tenaga listrik yang diterima kemudian dikirimkan menuju transformator distribusi (TD) dalam bentuk tegangan menengah 20kV. Melalui transformator distribusi, yang berupa transformator penurun tegangan (*step down*) diberbagai pusat beban, tegangan tersebut diturunkan menjadi tegangan rendah 230/400 V yang akhirnya diterima konsumen.

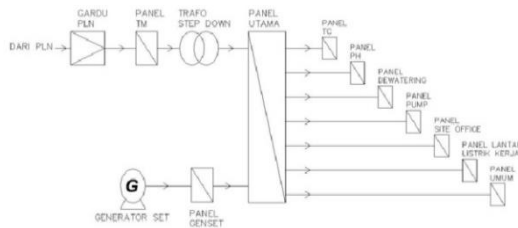
Fungsi dari saluran distribusi adalah untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke beban dengan mengalirkan tegangan rendah sehingga siap untuk dipakai peralatan listrik di sisi konsumen. Dalam pelaksanaanya di lapangan sistem distribusi tegangan rendah ini ada yang di salurkan fasa tiga ke konsumen dan ada juga yang di salurkan fasa satu ke beban. Dalam sebuah gedung bertingkat biasanya memiliki sub gardu distribusi tersendiri dimana pasokan tenaga listriknya langsung dipasok dari gardu distribusi dengan tegangan menengah 20

kV dari gardu distribusi di daerah atau lokasi regional gedung tersebut. Kemudian tegangan menengah akan diturunkan dengan trafo *step down* yang ada di masing masing gedung, dan didistribusikan melalui panel utama tegangan rendah.

II.2 Distribusi Tenaga Listrik pada Proyek Apartemen

Distribusi tenaga listrik pada Proyek Apartemen dimulai dari sub gardu distribusi pada gedung tersebut setelah melalui tahapan distribusi tenaga listrik dari pusat pembangkit tenaga listrik yang di salurkan oleh PLN hingga sampai pada gardu distribusi dengan tegangan menengah 20 kV pada masing-masing daerah atau regional dari gedung tersebut dibangun. Untuk gambar diagram distribusi tenaga listrik pada gedung ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini. Pada gambar tersebut digambarkan proses pengiriman energi listrik dari gardu distribusi milik PLN atau sering disebut dengan gardu beton yang ditempatkan di area gedung sampai dengan peralatan-peralatan listrik berikutnya.

Dalam suatu sistem kelistrikan dengan daya listrik besar maka sudah pasti harus memiliki sistem peng-konversi tegangan berupa transformator *step down* untuk merubah tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 400 V. Tenaga listrik disalurkan dari gardu beton ke panel tegangan menengah (MVMDP) sebagai hubung bagi dan pengaman pertama sebelum masuk ke sistem kelistrikan gedung atau sebelum masuk kedalam sistem transformator distribusi, untuk dirubah teganganya dari tegangan menengah menjadi tegangan rendah, yang nantinya akan disalurkan ke masing-masing peralatan listrik pada suatu gedung melalui panel utama tegangan rendah (LVMDP). Panel utama tegangan rendah inilah yang mengatur pembagian daya listrik ke masing masing panel sub ditribusi, sebagai pengatur sampai dengan sirkit akhir.

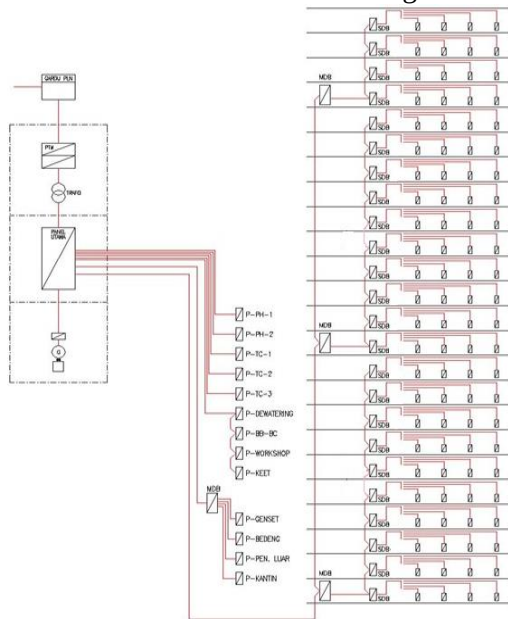


Gambar 2.2 Diagram distribusi tenaga listrik proyek apartemen

III. Perencanaan Sistem Distribusi Listrik

III.1 Sistem Kelistrikan

Dibawah ini digambarkan sistem penyaluran instalasi listrik kerja pada proyek apartemen yang dapat beroperasi secara berkesinambungan. Sumber tegangan yang ada selalu mensuplai, instalasi pada gedung ini tidak boleh padam. Maka dari itu, Pada sistem instalasi ini menggunakan dua sumber tenaga yaitu dari sisi PLN dan dari sisi generator.



Gambar 3.1 Sistem kelistrikan

Pada gambar 3.1 adalah sistem kelistrikan pada proyek apartemen. Untuk pemakaian sehari-hari atau menjadi prioritas adalah sumber tenaga dari PLN yang akan memberi tegangan ke dalam gedung. Adapun sistem pengamanan mekanik elektrik yang digunakan antara ACB sisi PLN dan ACB sisi generator, untuk menghindari dari masuknya dua sumber berbeda kedalam satu jaringan (salah pengoperasian). Untuk kerjanya generator

secara otomatis yang menerima inputan sumber dari sisi PLN, terdapat sensor yang berfungsi untuk membaca apabila tegangan dari PLN ada masalah (masalah dimana terjadi tegangan kurang, tegangan lebih, dan hilang satu fasa). Saat terjadi masalah tersebut maka modul pada panel control ATS memerintahkan untuk generator menyala, ATS akan mensinkronisasikan frekuensi, tegangan dan phasa maka akan terjadi pemadaman ACB sisi PLN jadi off. Bila daya dari PLN off maka akan beralih ke UPS dan control ATS memerintahkan untuk menghidupkan generator ON dan ini diatur dalam waktu ± 5 detik sampai sisi generator siap on untuk dibebani. Setelah PLN ON maka control ATS akan mensinkronkan sumber PLN dan generator, tetapi generator akan off setelah 15 menit untuk memastikan bahwa sumber dari PLN tidak stabil.

Tahapan dalam perencanaan instalasi listrik kerja pada Proyek Apartemen dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Diagram Sistem Satu Garis (Single Line Diagram System)
2. Diagram Pengawatan (Wiring Diagram)
3. Denah Ruangan.

III.2 Panel Tegangan Utama Rendah (LVMDP)

Beban panel-panel distribusi, panel *site office*, panel peralatan utama contoh panel tower crane, panel passenger hoist kemudian dijumlahkan dan dikumpulkan di panel utama tegangan rendah (LVMDP) ini. Dari panel LVMDP inilah dapat diketahui seberapa besar kapasitas beban keseluruhan yang di perlukan oleh gedung. Langkah yang perlu di ambil dalam merancang diagram panel utama tegangan rendah (LVMDP) ini adalah :

1. Membuat diagram satu garis yang berisi rincian beban-beban panel distribusi dari lantai-lantai yang ada di dalam gedung, dan panel-panel khusus lainnya.
2. Menentukan proteksi arus lebih untuk masing-masing kabel feeder tersebut.

3. Menentukan kabel feeder untuk masing-masing konduktor penghubung panel.
4. Menentukan saklar incoming panel.
5. Menentukan besar penampang grounding.

Karena panel LVMDP adalah panel utama tegangan rendah dari beberapa atau semua panel sub distribusi yang ada, maka pengaman arus lebih di dalam panel LVMDP biasanya memiliki rating yang tinggi. Dan sebagai pengaman arus lebih yang di dalam panel LVMDP ini bisa digunakan MCCB atau ACB.

Perhitungan pemutus arus (circuit breaker) pada LVMDP dimana beban di sisi sekunder transformator *step down* yang terhubung ke LVMDP dihitung dengan menggunakan rumusan berikut :

$$I_n = \frac{S \times 10^3}{V_{LL} \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Dengan,

I = Arus (ampere)

S = Daya semu (volt ampere)

V = Tegangan (volt)

Karena arus pada LVMDP cenderung besar maka kebanyakan pengaman arus lebih memakai ACB bukan MCCB.

III.3 Panel Tegangan Utama Menengah (MVMDP)

Setelah menentukan kapasitas LVMDP, maka langkah selanjutnya adalah menghitung pemutus arus (Circuit Breaker) untuk pemutus arus yang menghubungkan gardu PLN ke MVMDP dihitung menggunakan persamaan (3.1).

III.4 Suplai Tenaga Listrik Darurat (Genset)

Untuk menentukan suplai darurat dari generator set dalam gedung, sebaiknya melalui tahapan berikut :

1. Menentukan kapasitas generator set
Untuk menentukan kapasitas dapat langsung dilihat dari jumlah beban

yang ada di panel LVMDP atau jumlah kapasitas trafo step down yang di pasang.

2. Menentukan tegangan yang akan disuplai
Untuk suplai gedung dengan beban yang besar perlu untuk menjaga dari kerugian hantaran, tegangan yang dipakai sebaiknya tegangan menengah juga dan akan masuk melalui *incoming* panel tegangan menengah.
3. Menentukan bagian-bagian mana yang akan diback up full 100% ataupun hanya sebagian tergantung dari kebutuhan ataupun sistem emergensi nya.
4. Menentukan proteksi yang akan dipakai.

III.5 Trafo Penurun Tegangan

Trafo Penurunan Tegangan dipasang setelah MVMDP, dimana berfungsi untuk menurunkan tegangan ke LVMDP sebelum digunakan ke Panel Distribusi. Dalam perencanaan transformator pemilihan trafo cairan dengan trafo kering juga berdasarkan tempat lokasi yang akan digunakan sebagai lokasi transformator. Tingkat kemungkinan dari sambaran petir karena tidak memiliki sistem proteksi penangkal petir yang sempurna, kondisi lingkungan yang buruk (berdebu), tingkat kelembaban yang tinggi, persentase keasaman dan tingkat oksidasi yang membuat korosif yang tinggi maka sebaiknya sistem memakai transformator oil dan tidak di anjurkan untuk memakai trafo kering pada gedung bertingkat tersebut. Tetapi jika kondisi cukup baik dan tidak ada kemungkinan sambaran petir maka lebih baik menggunakan transformator kering karena lebih murah.

Nilai arus hubung singkat 3-fase (I_{SC}) di instalasi diperlukan untuk menentukan switch gear (rating arus gangguan), kabel (rating pengaman thermal), alat pengaman (cara menentukan dan pengaturan) dan seterusnya. Arus hubung singkat dihitung dengan menggunakan rumusan berikut :

$$I_{SC} = \frac{I_n \times 100}{U_{SC}}$$

Dengan,

S = Rating transformator (daya beban tersambung) (kVA)

V_{LL} = Tegangan line to line (volt)

I_n = Arus nominal (ampere)

I_{SC} = Arus hubung singkat (ampere)

U_{SC} = Impedansi tegangan transformator (%)

Tabel 3.1 Nilai impedansi transformator berbeda kVA

Rating transformator (kVA)	Impedansi tegangan transformator (U_{SC}) dalam %	
	Tipe Oil Cooled	Tipe Dry
50 to 750	4	6
800 to 3.200	6	6

Disamping Nilai arus hubung singkat 3-fase (I_{SC}) di instalasi, diperlukan juga perhitungan KVA_{SC} atau S_{SC} , dimana dapat dihitung dengan menggunakan rumusan berikut ini :

$$S_{SC} = 1,1 \times V \times I_{SC} \times \sqrt{3}$$

Dengan,

S_{SC} = Daya hubung singkat (volt ampere)

V = Tegangan line to line (volt)

I_{SC} = Arus hubung singkat (ampere)

Hasil dari penentuan arus nominal yang dapat dari rumus diatas, digunakan sebagai acuan untuk memilih jenis kabel dan luas penampangnya. Untuk menentukan luas penampang (A) penghantar tiga fasa dapat digunakan rumus berdasarkan rugi tegangan yaitu :

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi}{\gamma \cdot u}$$

Dengan :

A = Luas penampang penghantar yang diperlukan (mm^2)

l = Panjang penghantar (meter)

I = Kuat arus yang mengalir (ampere)

μ = Rugi – rugi tegangan (volt)

γ = Daya hantar jenis penghantar tembaga = 56.2×10^6 m/ohm mm^2

aluminium = 33×10^6 m/ohm mm^2

IV. Perhitungan dan Analisis

IV.1 Perencanaan Sistem Kelistrikan Proyek Apartemen

Perencanaan sistem kelistrikan merupakan acuan awal dalam perencanaan instalasi sistem tenaga listrik. Disini dibahas tentang kebutuhan elektrikal yang akan dibangun disebuah proyek apartemen. Dalam penentuan bebannya bisa dinyatakan dalam perhitungan daya VA. Untuk Proyek Apartemen adapun penentuan beban yang di rencanakan sebagai berikut :

- Tower Crane 1 : 125 kVA/unit
- Tower Crane 2 : 125 kVA/unit
- Passenger Hoist 1 : 66 kVA/unit
- Passenger Hoist 2 : 66 kVA/unit
- Bar Cutter : 10 kVA/unit
- Bar Bender : 10 kVA/unit
- Temporary Lighting & Power Kerja : 954,25 kVA/unit
- Site Office Kontraktor : 30 kVA/unit
- Site Office Sub Kontraktor: 200 kVA/unit
- Site Office Owner: 20 kVA/unit
- Dewatering : 10 kVA/unit

Dari daftar desain kriteria diatas dapat dihitung kebutuhan total dan kebutuhan semua peralatan distribusi listrik ataupun gensetnya.

IV.2 Perhitungan Beban Listrik Per Lantai

Kebutuhan daya per lantai dapat ditentukan dengan menghitung jumlah beban yang terpasang pada masing-masing lantai.

$$I_n = \frac{28,6 \times 10^3}{380 \times \sqrt{3}} = 43,45 \text{ A}$$

$$I_{SC} = \frac{43,45 \times 100}{6} = 724,17 \text{ A}$$

$$I_{SC} = 0,72 \text{ kA}$$

$$S_{SC} = 1,1 \times V \times I_{SC} \times \sqrt{3}$$

$$S_{SC} = 524.282 \text{ VA} = 524,28 \text{ kVA}$$

$$S_{SC} = 1,1 \times 380 \times 724,17 \times 1,732$$

Dalam hal ini diambil sebagai contoh beban di SDP 11 lantai 10 dimana lantai tersebut tipikal (Lt. 2 s/d 32) sebagai berikut :

A. Beban Koridor / Area Unit Proyek Lantai 10 :

- TL 1 x 36 Watt : 80 buah = 2880 W
- Stop Kontak : 20 buah = 20000 W +
Jumlah total Kebutuhan daya per lantai adalah :

- Beban Koridor / Area Unit(P)
:= 22.880 W

Beban Tersambung

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}$$

$$S = \frac{22.880}{0,8} = 28.600 \text{ VA}$$

Adapun Perhitungan pemutus arus (circuit breaker) dan besar penampang kabel pada panel lantai dengan total beban 28.600 VA adalah sebagai berikut :

a. Kuat hantar arus pada circuit breaker yang ditentukan dengan mengambil persamaan (3.2), sebagai berikut:

$$I_n = \frac{S \times 10^3}{V_{LL} \sqrt{3}} \quad I_{SC} = \frac{I_n \times 100}{U_{SC}}$$

Arus yang mengalir 43,45 A dan dikalikan 110% sebagai faktor keselamatan (safety factor), akan didapat $43,45 \times 1,1 = 47,795 \text{ A}$, maka digunakan MCCB ukuran 50 A. Untuk MCCB dengan tipe *adjustable*, dapat digunakan MCCB 3P TM 50 D.

b. Besar penampang kabel (A)

Panjang kabel yang ditarik dari SDP-11 yang terletak di lantai 10 ke MDP lantai 2 yaitu 32 meter. Untuk mencari besar atau luas penampang kabel dengan daya hantar untuk tembaga $56,2 \times 10^6 \text{ m/ohm mm}^2$.

$$\text{Jika } \gamma = 56,2 \times 10^6 \text{ m/ohm mm}^2$$

$$\mu = 3\% \times 380 = 11,4 \text{ volt}$$

$$l = 32 \text{ meter}$$

Maka:

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot u}$$

$$A = \frac{\sqrt{3} \times (32 \times 47,795 \times 0,8)}{56,2 \times 11,4}$$

$$A = 12,40 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan di atas, untuk penghantar yang sesuai dengan arus nominal beban 43,45 A adalah kabel berdiameter 12,40 mm². Tetapi untuk ukuran tersebut tidak ada dipasaran, sesuai dengan lampiran 3 digunakan ukuran kabel NYY 4 x 16 mm².

IV.3 Perhitungan pemutus arus (circuit breaker) dan besar penampang kabel di LVMDP

Pada pembebanan di sisi sekunder transformator step down 1250 kVA yang terhubung ke LVMDP perhitungan pemutus arus (circuit breker) adalah sebagai berikut :

$$I_n = \frac{S \times 10^3}{V_{LL} \sqrt{3}}$$

$$I_n = \frac{1.250 \times 10^3}{380 \times \sqrt{3}} = 1.899,18 \text{ A}$$

$$S_{SC} = 1,1 \times V \times I_{SC} \times \sqrt{3}$$

$$S_{SC} = 1,1 \times 380 \times 31.653 \times 1,732$$

$$S_{SC} = 22.916.012 \text{ VA} = 22.916 \text{ kVA}$$

Dari hasil perhitungan diatas, digunakan pemutus arus (circuit breaker) jenis ACB 4 pole 2000 A, karena ACB 1899.18 A tidak terdapat dipasaran. Berdasarkan perhitungan diatas maka kabel yang digunakan adalah kabel jenis Alumunium NA2XY. Untuk ukuran besar penampang kabel yang digunakan sesuai dengan standar kabel yang ditetapkan oleh produsen kabel yang terlampir pada lampiran 3 , yaitu NA2XY 24 x (1 x 300 mm²) + NA2XY 120 mm².

$$I_{SC} = \frac{I_n \times 100}{U_{SC}}$$

$$I_{SC} = \frac{1.899,18 \times 100}{6} = 31.653 \text{ A}$$

$$I_{SC} = 31,65 \text{ kA}$$

IV.4 Perhitungan pemutus arus (circuit breaker) dan besar penampang kabel di MVMDP

- Kuat hantar arus dan besar penampang kabel pada sisi keluaran panel MVMDP instalasi proyek Apartemen yang terhubung ke sisi primer masing-masing transformator step down 1250 kVA adalah:

$$I_n = \frac{S \times 10^3}{V_{LL} \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{1.250 \times 10^3}{20.000 \times \sqrt{3}} = 36,08 \text{ A}$$

$$I_{SC} = \frac{S}{\sqrt{3} \times Z \times V}$$

$$I_{SC} = \frac{1.250.000}{1,732 \times 0,025 \times 20.000} = 1.443 \text{ A}$$

$$I_{SC} = 1,443 \text{ kA}$$

$$S_{SC} = 1.1 \times V \times I_{SC} \times \sqrt{3}$$

$$S_{SC} = 1.1 \times 20.000 \times 1.443 \times 1,732$$

$$S_{SC} = 54.984.072 \text{ VA} = 54.984 \text{ kVA}$$

Maka digunakan HRC (High Rupturing Capacity) Fuse 63 A sebagai pemutus arus, karena untuk kapasitas 36,08 A tidak ada dipasaran maka dipilih kapasitas yang mendekati. Untuk kabel penghantarnya digunakan kabel NA2XS 3 x 50 mm² yang akan menghubungkan keluaran MVMDP ke sisi transformator step down 1250 kVA.

- Kuat hantar arus pada MVMDP Apartemen dan besar penampang kabel yang menghubungkan MVMDP Apartemen ke gardu PLN adalah:

$$I_n = \frac{S \times 10^3}{V_{LL} \sqrt{3}}$$

$$I_n = \frac{1.616,25 \times 10^3}{20.000 \times \sqrt{3}} = 46,66 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan kuat hantar arus didapat 46,66 A dan dikalikan 110% akan didapat 46,66 x 1,1 = 56,46 A maka digunakan kabel Aluminium untuk tegangan menengah 20 kV yaitu NA2XSEFGbY 3 x 70 mm². Kabel ini merupakan jenis kabel tanah yang akan ditanam didalam tanah untuk menghubungkan Gardu PLN ke MVMDP.

IV.5 Analisa Perbaikan Faktor Daya

Pada suatu instalasi listrik proyek Apartemen dimana banyak terdapat beban-beban antara lain, motor-motor, lampu fluorescent / TL, peralatan elektronik dan

$$I_{SC} = \frac{S}{\sqrt{3} \times Z \times V}$$

$$I_{SC} = \frac{1.161.250}{1,732 \times 0,025 \times 20.000} = 1.340,94 \text{ A}$$

$$I_{SC} = 1,34 \text{ kA}$$

lain sebagainya, dapat menimbulkan beban induktif yang membuat arus tertinggal (lagging) terhadap tegangan akan berdampak juga pada nilai cos φ menjadi kecil. Hal ini lah yang akhirnya membuat Pengelola harus membayar kVAR yang merugikan, untuk mengatasi hal tersebut dipasanglah kapasitor bank. Dengan memakai data beban pada LVMDP, disini kita akan hitung berapa besar kapasitor bank yang harus dipasang jika cos φ yang diharapkan 0,95.

$$S_{SC} = 1.1 \times V \times I_{SC} \times \sqrt{3}$$

$$S_{SC} = 1.1 \times 20.000 \times 1.340,94 \times 1,732$$

$$S_{SC} = 51.095.177 \text{ VA} = 51.095,18 \text{ kVA}$$

- Beban total LVMDP sebagai daya aktif (P) : 1.422.300 W
 - Cos φ sebelum perbaikan
 - Cos φ setelah perbaikan yang ingin dicapai
 - Daya reaktif sebelum perbaikan
 - Daya reaktif setelah perbaikan
 - Daya reaktif koreksi
- $$Q_1 = P \times \tan \phi_1$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.422.300 \times \tan 36,869^\circ \\
 &= 1066,69 \text{ kVAR} \\
 Q_2 &= P \times \tan \phi_2 \\
 &= 1.422.300 \times \tan 18,195^\circ \\
 &= 467,49 \text{ kVAR} \\
 Q &= Q_1 - Q_2 \\
 &= 1066,69 - 467,49 \\
 &= 599,2 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan perhitungan diatas maka kapasitor bank yang digunakan untuk LVMDP adalah 600 kVAR.

IV.6 Perencanaan kapasitas transformator

Dari data kebutuhan daya pada proyek Apartemen, dapat direncanakan pemakaian transformator dengan daya transformator sebesar 1.250 kVA, dengan data-data berikut :

- Tegangan kerja = **380V/3Ph/50Hz**
- Jumlah daya = **1.137,84 kVA**
- Perencanaan kapasitas daya transformator = **1.250 kVA**
- Persentase pemakaian = **90 %**

Pemakaian transformator yaitu sebesar 90% dari total kapasitas daya transformator.

IV.7 Perencanaan Back Up Genset untuk Proyek Apartemen

Proyek Apartemen ini membutuhkan back up listrik yang memadai untuk keberlangsungan pelaksanaan proyek agar lancar tidak ada kendala . Untuk peralatan bar bender dan bar cutter tidak di *back up* power listrik kerja , sedangkan untuk fasilitas alat Crane dan Passenger Hoist beserta site office diback up listrik kerja full 100%. Pada tabel dibawah ini diperlihatkan total kebutuhan dari listrik proyek Apartemen dimana total kebutuhan dan emergensi dikalikan lagi dengan diversity faktor

- Daya Terpasang : 1.616.250 VA
- Daya Kebutuhan : 1.137.840 VA
- Daya Emergensi : 787.864 VA

Berdasarkan kebutuhan Daya emergensi sebesar 787.864 VA, dapat disimpulkan untuk Kapasitas genset yang direncanakan adalah sebesar 1.000.000 VA atau 1.000 kVA. Perencanaan Kapasitas 1.000 kVA

dipakai, dikarenakan kapasitas 787.864 kVA tidak ada dipasaran.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Van Harten, P., dan Setiawan, E Ir, Instalasi Listrik Arus Kuat Jilid 1, 2 dan 3, Binacipta-Bandung, 1995
2. Basri Hasan, Ir, Sistem Distribusi Daya Listrik, ISTN, Jakarta 1997
3. Djiteng Marsudi, Ir, Operasi Sistem Tenaga Listrik, ISTN, Jakarta 1990
4. Standar Nasional Indonesia (SNI), Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, (PUIL 2000). SNI-0225-2000
5. Menteng Park Apartemen – Menteng Park, Project data – Jakarta, 2017
6. Schneider Electric, Catalog Price List Schneider, Jakarta, 2010
7. Schneider Electric S.A, Electrical Installation Guide 2010, AXESS - Valence –France, 2010
Voksel Electric, Catalog Voksel cables, Jakarta, 2013