

STUDI EVALUASI PERENCANAAN KEBUTUHAN DAYA PADA INSTALASI LISTRIK DI GEDUNG HARCO GLODOK JAKARTA

Oleh:

Januar Akbar¹⁾, Didik Notosudjono²⁾, Agustini Rodiah Machdi³⁾

ABSTRAK

Gedung Harco Glodok Jakarta adalah salah satu bangunan komersial yang bergerak bidang jasa perbelanjaan di Jakarta. Gedung Harco Glodok Jakarta terdiri dari 17 lantai, termasuk lantai basement, lantai utama dan lantai parkir. Beban-beban listrik yang terpasang pada gedung Harco Glodok Jakarta antara lain beban penerangan (lampu-lampu) serta beban tenaga (stop kontak) dan beban tenaga motor-motor listrik (AC, lift, eskalator dan lain-lain), yang tentunya membutuhkan suplai daya listrik yang cukup besar. Daya listrik yang terpasang di Gedung Harco Glodok Jakarta sebesar 5.981,954 kW. Daya yang disuplai sebesar 6.660 kVA dari PLN dan kapasitas total daya pada transformator sebesar 8.750 kVA dan generator-set berkapasitas sebesar 8.000 kVA. Dimana sistem *back up* suplai daya listriknya di suplai penuh oleh generator-set.

Kata Kunci : Kebutuhan Daya, Drop Voltage, Perbaikan Faktor Daya

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan daya dan tarif dasar tenaga listrik memiliki peran yang sangat penting dalam suatu industri. Hal ini bisa lihat dalam kehidupan sehari-hari, hampir setiap bangunan membutuhkan energi listrik seperti pelayanan sosial, rumah tangga, bisnis, industri, perkantoran, *mall* dan sebagainya.

Management Gedung Harco Glodok Jakarta berupaya untuk melakukan efisiensi penghematan energi listrik terutama pada pembayaran energi listrik, Sebelum melakukan studi evaluasi kebutuhan daya listrik maka dilakukan analisis ulang terlebih dahulu pada sistem yang sudah ada.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi perencanaan pembagian daya listrik yang sesuai standar PUIL 2000, dengan mengevaluasi berdasarkan perhitungan pembagian daya yang dilakukan selama proses evaluasi kebutuhan daya listrik di Gedung Harco Glodok Jakarta menjadi lebih efektif dan efisien.

2. TEORI DASAR

2.1 Daya Listrik

Daya Listrik dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi

yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut.

Mengingat bahwa tenaga listrik sangat penting dalam proses produksi, maka sumber tenaga listrik ini harus dijaga dari adanya berbagai macam gangguan tenaga listrik yang digunakan berasal dari:

1. Suplai jaringan dari PLN.
2. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) atau Generator Set.

Namun, untuk menentukan pilihan dalam penyediaan suplai tenaga listrik perlu dipertimbangkan kondisi kelompok beban listrik terpasang. (*PUIL,2000:8*)

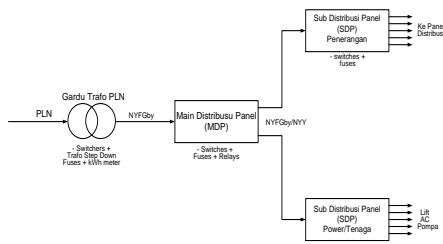
2.2 Sistem Instalasi listrik

Sistem instalasi tenaga listrik adalah proses penyaluran daya listrik yang dibangkitkan dari sumber tenaga listrik ke alat-alat listrik atau beban yang disesuaikan dengan ketentuan yang telah ditetapkan dalam peraturan dan standar listrik yang ada, misalnya IEC (International Electrotechnical Commission), PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik), IEEE, SPLN dan sebagainya. (*PUIL,2000:8*)

Sistem instalasi listrik pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 bagian:

- a. Instalasi Listrik Penerangan
- b. Instalasi Listrik Tenaga

Sistem instalasi listrik dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini : (Sumber : P.Van Harten, 1992: 141)



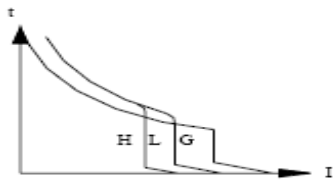
Gambar 2.1 Sistem Instalasi Listrik

(Sumber : P.Van Harten, 1992: 141)

2.3 Pengertian MCB

MCB disebut juga pengaman otomatis. Pengaman otomatis memutuskan sirkuit secara otomatis apabila arusnya melebihi *setting* dari MCB tersebut. Pengaman otomatis dapat langsung dioperasikan kembali setelah mengalami pemutusan (*trip*) akibat adanya gangguan arus hubung singkat dan beban lebih. (Guntoro Hanif. 2009. "Teori Dasar Listrik". Dunia Listrik.)

Karakteristik MCB dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini : (Guntoro Hanif. 2009. "Teori Dasar Listrik". Dunia Listrik.)



Gambar 2.3. Karakteristik MCB

(Sumber: Guntoro Hanif. 2009. "Teori Dasar Listrik". Dunia Listrik)

2.4 Transformator

Transformator adalah suatu peralatan listrik dalam sistim bolak-balik (AC) yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan atau arus dari satu nilai kenilai lain yang diinginkan. Transmisi daya listrik biasanya dilakukan dengan sistem tegangan tinggi karena dapat menekan rugi-rugi daya, rugi-rugi tegangan (*drop* tegangan), dan penampang konduktor yang digunakan akan lebih kecil sehingga biaya lebih murah. (Abdul Kadir, 1989:25)

2.5 AMF (Automatic Main Failure) dan ATS (Automatic Transfer Switch)

AMF merupakan alat yang berfungsi menurunkan downtime dan meningkatkan keandalan sistem catu daya listrik. AMF dapat mengendalikan transfer Circuit Breaker (CB) atau alat sejenis, dari catu daya utama (PLN) ke catu daya

cadangan (*genset*) dan sebaliknya. Dan ATS merupakan pelengkap dari AMF dan bekerja secara bersama-sama. (Guntoro Hanif. 2009. "Teori Dasar Listrik". Dunia Listrik)

2.6. Sistem Pengaman Genset

Sistem pengaman harus dapat bekerja cepat dan tepat dalam mengisolir gangguan agar tidak terjadi kerusakan fatal. Proteksi pada mesin generator ada dua macam yaitu : (Guntoro Hanif. 2009. "Teori Dasar Listrik". Dunia Listrik)

- Pengaman *alarm*
- Pengaman *trip*

2.7. Rugi-Rugi Daya Dan Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah

Drop tegangan dan rugi Daya pada saluran distribusi tergantung pada luas penampang, panjang saluran distribusi dan besar tahanan dari penghantarnya. Persamaan-persamaan yang dipakai dalam menentukan *drop* tegangan adalah :

Drop tegangan

$$\Delta V = I x R \quad (\text{V}) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (\Omega) \dots\dots\dots (2.8)$$

Rugi-rugi daya

$$(\Delta P) = I^2 x R \quad (\text{W}) \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

R = Tahanan (Ohm)

ρ = Tahanan jenis ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)
= 0,0175 $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ($0,0175 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$)

ℓ = Panjang penampang (m)

A = Luas penampang penghantar (mm^2)

2.8. Klasifikasi Beban

Rencana perkembangan sekarang dan masa yang akan datang perlu diperhatikan untuk itu dalam perhitungan akan kebutuhan daya listrik harus memperhatikan tipe beban dan sifat beban tersebut. Pada umumnya tipe-tipe beban terbagi menjadi beberapa bagian : (Sumber : (AS. Pabla. Ir. Abdul Hadi; 1994, 6)

- Perumahan (Domestik)
- Komersial (*Comercial*)
- Industri (industrial)

Tabel 2.2
Faktor-Faktor Karakteristik Beban

Jenis Beban	Daya (kW)	Faktor-faktor Beban		
		Faktor Kebutuhan	Faktor Beban	Faktor Diversitas
Domestik	0,4 s/d 1,5	70-100%	10-15%	1,2-1,3
Komersial	0,5 s/d 2	90-100%	25-30%	1,1-1,2
Industrial Besar	100-500	70-80%	60-65%	-
Industrial berat	>500	85-90%	70-80%	-

(Sumber : AS. Pabla. Ir. Abdul Hadi; 1994, 6)

2.9. Perkiraan Beban

Apabila pembangkitan daya tidak mencukupi kebutuhan konsumen, maka hal ini akan ditandai oleh turunnya frekuensi dalam sistem. Sebaliknya, apabila pembangkitan daya lebih besar daripada kebutuhan konsumen, maka frekuensi sistem akan naik. (Sumber : (Ir. Djiteng Marsudi; 2005, 152)

2.10. Karakteristik Beban

Karakteristik beban diperlukan agar sistem tegangan dan pengaruh *thermos* dari pembebanan dapat dianalisa dengan baik. Analisa tersebut dalam menentukan keadaan awal yang akan diperoyeksikan dalam perencanaan selanjutnya. (Hasan Basri, 1997:6)

Dalam pengoptimalan kapasitas suatu peralatan diturunkan devinisi beberapa faktor, faktor-faktor yang dimaksud adalah :

- Faktor Kebutuhan (*Demand Factor*)
- Faktor Beban (*Load faktor*)
- Faktor Kapasitas
- Faktor Diversitas
- Faktor Kebersamaan

2.11. Kapasitor Daya

Kapasitor merupakan peralatan yang amat sederhana yang terdiri dua pelat metal yang dipisahkan satu sama lain dengan bahan isolasi. Fungsi utana dari pemakaian kapasitor adalah mengatur tegangan aliran daya reaktif pada titik dimana kapasitor tersebut terpasang.

2.12 Faktor Daya

Daya listrik umumnya yang dibangkitkan oleh pusat tenaga listrik dibagi menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu :

1. Daya aktif

Dengan daya aktif bersumber dari trafo dan ganset terdapat pada persamaan 2.23 sebagai

berikut : (Kho Dickson. 2016. "Pengertian Daya Listrik Rumus dan cara Menghitung". Teknik Elektronika)

$P = S \times \cos \varphi$ atau Line to netral / 1 fasa

$$P = V \times I \times \cos \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

P = daya nyata (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

$\cos \varphi$ = faktor daya

2. Daya semu

Daya semu untuk sistem fasa tunggal, sirkit dua kawat adalah hasil perkalian sakelar arus efektif dan beda tegangan efektif. Jadi daya semu S dinyatakan oleh persamaan 2.23 sebagai berikut :

(Ir. Hasan Basri; 1997,8)

$$\text{Daya Semu} = \frac{\text{Daya aktif}}{\cos \varphi} \text{ atau Line to netral / 1}$$

$$\text{fasa S} = V \times I \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan :

S = daya semu (VA)

V = tegangan (Volt)

I = arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

3. Daya reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang diperlukan oleh rangkaian megnetisasi untuk suatu peralatan listrik, Terdapat pada persamaan sebagai berikut : (Kho Dickson. 2016. "Pengertian Daya Listrik Rumus dan cara Menghitung". Teknik Elektronika)

$$\text{Line to netral / 1 fasa } Q = V \times I \times \sin \emptyset \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\text{Line to line / 3 fasa } Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \emptyset \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

Q = daya reaktif (VAR)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

$\sin \varphi$ = faktor daya

2.13 Segi Tiga Daya

Persamaan pada 2.30 menunjukkan daya semu dengan daya aktif dan daya reaktif. (Ir. Hasan Basri; 1997,9).

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$\text{Atau } P = S \cos \varphi ; Q = S \sin \varphi \text{ dan } \tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

Pada segitiga daya yang terdiri dari dua beban, yang pertama beban induktif dengan sudut fasa φ_1 (mengikuti) yang terdiri dari P_1 , Q_1 dan S_1 yang kedua beban kapasitif yang terdiri dari P_1 ,

Q_1 dan S_2 dengan sudut fasa ϕ_2 (mendahului). Kedua beban yang paralel ini menghasilkan segi tiga daya dengan sisi-sisinya $P_1 + P_2$, $Q_1 + Q_2$ dan sisi miringnya S_R . sudut fasa antara tegangan dan arus yang diberikan oleh beban gangguan ini adalah ϕ_R . (*Ir. Hasan Basri; 1997,9*).

2.14 Perbaikan Faktor Daya

Untuk memperbaiki faktor daya dilakukan melalui perbaikan faktor daya dengan daya aktif dengan daya semu tetap. Cara perbaikan faktor daya dengan daya aktif tetap. Dengan cara ini yang akan mengalami perubahan adalah daya semu sedangkan daya aktifnya tetap.

Besarnya faktor daya sebelum memakai kapasitor bank adalah $\cos \theta_1$, sedangkan $P_1 = P_2$, sehingga besarnya daya reaktif yang disediakan oleh pembangkit tenaga listrik adalah seperti persamaan 2.31 sebagai berikut : (*Hasan Basri, 1997 : 90*)

$$Q_1 = P_1 \times \tan \theta_1 (kVAr) \dots\dots(2.31)$$

Sedangkan setelah memakai kapasitor bank, besarnya daya reaktif yang disediakan oleh pembangkit tenaga listrik adalah seperti persamaan 2.32 sebagai berikut : (*Hasan Basri, 1997 : 90*)

$$Q_2 = P_2 \times \tan \theta_2 (kVAr) \dots\dots (2.32)$$

2.15 AC (Air Conditioner)

Fungsi *Air Condition* (AC) adalah untuk mendinginkan dan menyaring udara baik udara segar yang berasal dari luar maupun dari dalam ruangan yang disirkulasikan. AC juga memiliki daya kemampuan untuk mengeluarkan asap rokok dari dalam ruangan.

Faktor pertimbangan dan pemilihan sistem penyegaran udara meliputi:

- Faktor kenyamanan
- Faktor ekonomis
- Faktor operasi dan perawatan

2.16 Suplai Daya Listrik

Kapasitas suplai daya sangat tergantung pada jumlah kebutuhan daya dari beban terpasang dan kondisi beban saat beban puncak (maksimum). Kebutuhan tenaga listrik pada suatu industri harus disesuaikan dengan keadaan produktivitas perusahaan itu sendiri, yang paling penting adalah kontinuitas dan keandalan yang tinggi dalam pelayanaanya. Suplai daya terdiri dari : (Guntoro Hanif. 2009. "Teori Dasar Listrik". Dunia Listrik)

- Suplai daya dari PLN
- Suplai daya dari generator set (GENSET)

2.17 Motor Listrik

Motor listrik adalah peralatan listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sedangkan alat yang berfungsi sebaliknya adalah generator yang dimana mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Penggunaan motor listrik dapat kita temukan pada kehidupan sehari-hari seperti penggunaan pada peralatan rumah tangga.

2.18 Kabel

Kabel adalah Penghantar yang terbungkus isolasi, ada yang berinti tunggal atau banyak, ada yang kaku atau berserabut, ada yang dipasang di udara atau di dalam tanah, dan masing-masing digunakan sesuai dengan kondisi pemasangannya. Kabel instalasi yang bisa digunakan pada instalasi penerangan, jenis kabel yang banyak digunakan dalam instalasi rumah tinggal untuk pemasangan tetap ialah NYA dan NYM pada penggunaan kabel NYA menggunakan pipa untuk melindungi secara mekanis ataupun melindungi dari air dan kelembaban dapat merusak kabel.

2.19 Green Building

Green building merupakan konsep desain yang dapat membuat bangunan menjadi sebuah sarana/masukan energi bagi sistem lain; dimana keberadaannya mampu memperbaiki dan membangkitkan sistem di sekitarnya secara berkesinambungan. Hal ini berarti, bangunan itu tidak hanya merupakan produk hasil akhir, namun dapat mengolah keluaran energinya sehingga bermanfaat bagi sistem lain dalam lingkungan itu. (Anonim. 2010. "Green Building". Wordpress)

2.20 Penghematan Energi

Untuk menghasilkan program efisiensi energi yang sukses, audit energi mutlak dilaksanakan. Proses energi audit juga merupakan langkah awal dalam mengidentifikasi potensi-potensi penghematan energi. Audit ini akan menghasilkan data-data penggunaan energi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam program efisiensi energi.. Proses ini juga menjadi dasar dari penentuan target efisiensi yang akan menjadi acuan dalam penyusunan rencana aksi yang akan berisi berbagai rekomendasi penghematan energi.

2.21 Tarif Daya Listrik

Tarif listrik pada umumnya ditentukan dua komponen yaitu : biaya tetap dan biaya variable. Biaya tetap adalah biaya daya terpasang atau lebih dikenal sebagai biaya beban, dihitung dalam rupiah per VA atau kVA. Biaya *variable* merupakan biaya dikenakan sesuai jumlah pemakaian daya listrik per hari (kWh) dipakai pelanggan. Ditetapkan tarif dasar listrik sesuai

peraturan menteri ESDM Nomor : 07 Tahun 2010 , tabel 2.3 sebagai berikut : (Sutarto Djoko. 2010. “*Tarif Dasar Listrik*”. Diptara)

3. SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG HARCO GLODOK JAKARTA

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian analisa distribusi daya listrik yang dilaksanakan mulai pada tanggal 29 Juli 2016 yang berlokasi di jl. Hayam Wuruk, Glodok No. 3-6 Jakarta.

3.2 Sumber Bahan Analisa

Adapun sumber bahan analisa yang ada di gedung Harco Glodok Jakarta, untuk memenuhi kebutuhan daya listrik di gedung tersebut memerlukan suatu analisa, agar sistem pensuplaian daya listrik dapat dioptimalkan dengan baik serta handal dalam pengoperasiannya dalam mensuplai kebutuhan daya listrik beban-beban peralatan. Ada beberapa jenis sistem sumber daya listrik yaitu:

- Sumber daya listrik dari gardu distribusi PLN
- Sumber daya listrik dari pembangkit sendiri berupa generator-set

3.2.1 Sumber Daya Listrik PLN

Sumber daya listrik dari PLN yang ada di gedung Harco Glodok Jakarta yang memiliki suplai daya listrik dari PLN sebesar 6.660 kVA dan menggunakan trafo distribusi yang berkapasitas dengan total daya sebesar 8750 kVA. Sumber daya listrik PLN ini diperoleh dari jaringan tegangan menengah 20 kV yang diturunkan menjadi tegangan rendah 380/220 V tiga fasa dengan menggunakan trafo *step down* tiga fasa pada hubungan segi tiga-bintang (Δ -Y).

3.2.2 Sumber Daya Listrik Generator-Set

Generator-set adalah suatu alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Secara umum ada dua macam generator, yaitu generator *sinkron* dan generator *asinkron*. Sedangkan yang paling banyak digunakan adalah generator *sinkron* karena muda dalam pengontrolannya, generator *sinkron* dapat dioperasikan sebagai mesin tunggal, tetapi mesin ini akan tergabung dalam suatu sistem interkoneksi.

3.2.3. Perlengkapan Hubung Bagi (Panel)

Pengaturan pembagian dari kedua jenis pembangkit listrik yaitu PLN dan generator diatur oleh pusat pengatur beban. Pengaturan pengoperasian tersebut bertujuan untuk meningkatkan keandalan, keamanan dan stabilitas penyaluran daya listrik. Peralatan pusat pengaturan beban terdiri dari alat ukur tegangan

(V), arus (A) dan frekuensi (F), faktor daya (Q), dan kWh baik untuk sumber daya listrik PLN maupun generator.

3.3 Metode Perancangan Sistem Kelistrikan
Sistem kelistrikan di gedung Harco menggunakan *back-up* daya sendiri yaitu listrik dari PLN dan generator-set.

3.3.1 Sistem Daya Listrik (PLN)

Sistem daya dari PLN sebagai sumber daya listrik utama dengan kapasitas daya 6.660 kVA. Penyaluran daya listrik dari PLN ini dilakukan melalui panel distribusi tegangan menengah 20 kV (*EXISTING*).

3.3.2 Sistem Daya Listrik Generator-Set

Disamping mendapatkan suplai daya listrik dari PLN, gedung Harco Glodok Jakarta juga dapat mendapatkan sumber daya listrik dari generator-set dengan kapasitas 2000 kVA, yang berfungsi sebagai sistem suplai *back-up* daya listrik dari PLN padam.

3.4 Data Daya Listrik Gedung Harco Glodok Jakarta

Di bawah ini adalah macam-macam jenis beban yang didistribusikan ke 10 lantai termasuk lantai basement, dengan data daya listrik dan ruangnya dari beban stop kontak, AC, pompa air, *lift*, penerangan di dalam dan di luar ruangan serta beban tenaga dan beban lainnya yaitu :

1. Skedul Beban Panel Lantai *LG*
2. Skedul Beban Panel Lantai *GF 1*
3. Skedul Beban Panel Lantai *GF 2*
4. Skedul Beban Panel Lantai *UG*
5. Skedul Beban Panel Lantai 1
6. Skedul Beban Panel Lantai 2
7. Skedul Beban Panel Lantai 3
8. Skedul Beban Panel Lantai 5
9. Skedul Beban Panel Lantai 6
10. Skedul Beban Panel Lantai P1
11. Skedul Beban Panel Lantai P2
12. Skedul Beban Panel Lantai P3
13. Skedul Beban Panel Lantai P4
14. Skedul Beban Panel Lantai 7
15. Skedul Beban Panel Lantai 8
16. Skedul Beban Panel Lantai 9
17. Skedul Beban Panel Lantai 10

3.5 Beban terpasang

Beban terpasang disini adalah kapasitas daya terpasang yang terdapat di gedung Harco Glodok Jakarta. Beban ini disuplai dari panel PUTR (Panel Utama Tegangan Rendah). Beban terpasang terdiri dari panel utama terbagi menjadi beberapa jalur untuk mensuplai beban pada gedung Harco Glodok Jakarta.

4. STUDI EVALUASI PERENCANAAN KEBUTUHAN DAYA PADA INSTALASI LISTRIK DI GEDUNG HARCO GLODOK JAKARTA

4.1 Analisa Kebutuhan Daya Listrik

Untuk menghitung dan menganalisa kapasitas dari suatu peralatan listrik, terlebih dahulu harus mengetahui perkiraan keadaan beban yang ada di gedung Harco Glodok Jakarta. Keadaan beban listrik di gedung Harco Glodok Jakarta antara lain:

- Beban maksimum
- Beban rata-rata

4.1.1 Beban Maksimum

Untuk menentukan seberapa besar daya listrik yang dibutuhkan pada masing-masing panel, perlu diketahui beban maksimum yang terjadi pada masing-masing panel, dibutuhkan faktor kebutuhan (F_k), faktor diversitas dan faktor kebersamaan. Untuk komersial faktor kebutuhan yaitu berkisar dari 90-100%, dan faktor diversitas 1,1-1,2 sesuai dengan pada tabel 2.2.

Kebutuhan daya maksimum (beban puncak) pada tiap-tiap kelompok panel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.19 dan 2.22 (bab 2 hal ; 46) yaitu :

$$F_c = \frac{1}{F_d}$$

$$F_d = \frac{\sum_{i=1}^n TDT_i \times Fdd_i}{D_k}$$

Keterangan :

TDT_i = jumlah daya tersambung dari suatu kelompok atau beban i ,

Fdd_i = Faktor kebutuhan dari suatu kelompok atau beban i

D_k = kebutuhan maksimum (puncak) tiap kelompok beban.

Daya yang terpasang pada lantai satu DP-PEN 1 adalah 5280, maka daya aktif dapat dihitung dengan persamaan 2.19 dan 2.22 hal 44 adalah sebagai berikut :

- Beban Penerangan Lampu *Down Light* dan *Exit Lamp*

Diketahui :

$$\sum_{i=1}^n TDT_i = 5280 \text{ Watt}$$

$$\text{Faktor Kebutuhan } Fdd_i = 90 \% = 0,9$$

$$\text{Faktor Diversitas } Fd = 1,1$$

$$\text{Faktor Kebersamaan } F_c = \frac{1}{F_d} = \frac{1}{1,1} = 0,9$$

$$D_k = \frac{\sum_{i=1}^n TDT_i \times Fdd_i}{\frac{1}{F_c}} = \frac{5280 \times 0,9}{\frac{1}{0,9}}$$

$$= 4320 \text{ Watt}$$

4.1.2 Beban Rata-Rata

Beban rata-rata yang akan dihitung ini berdasarkan standarisasi dari faktor karakteristik beban yang dapat dilihat pada persamaan 2.11 halaman 40, pada faktor beban komersial diasumsikan sebesar 30 % = 0,3 Maka dapat dihitung beban rata-rata dari beban kebutuhan daya maksimum dari panel PUTR (Panel Utama Tegangan Rendah), yaitu :

$$\text{Faktor Beban (FB)} = \frac{\text{Beban Rata-Rata}}{\text{Beban Maksimum Total}}$$

Pada panel didapat beban daya maksimum sebesar 4.923.062 Watt, untuk mengetahui besaran daya rata-rata maka harus disesuaikan dengan hasil akhir dari perhitungan daya maksimum tiap perlantainya. Pada tabel 4.2 Hasil analisis perhitungan total kebutuhan daya maksimum (D_k) yang terpasang di gedung Harco Glodok Jakarta, dengan menggunakan persamaan 2.11 adalah :

- Beban Rata-Rata = Faktor Beban x Total Daya Maksimum
= 0,3 x 4.923. 062 Watt
= 1.476.919 Watt

4.2 Analisa Beban terpasang

Dalam perhitungan dan analisa ini menggunakan faktor daya ($\cos \varphi$) rata-rata sebesar 0,9 lagging. Pemakaian faktor daya ini dimaksudkan untuk kebutuhan daya semu yang cukup besar, maka $\cos \varphi = 0,9$ lagging.

Kapasitas daya terpasang dari transformator dan generator masing-masing. Untuk mengetahui seberapa besar beban terpasang dapat menggunakan persamaan 2.23 adalah :

$$\text{Daya Semu} = \frac{\text{Daya aktif}}{\cos \varphi}$$

Daya aktif beban terpasang yang ada di gedung Harco Glodok Jakarta pada tabel 4.2 sebesar 5.981.954 Watt = 5.981,954 kW (beban terpasang)

- Beban Terpasang = $\frac{5.981,954 \text{ kW}}{0,9} = 6.646,615 \text{ kVA}$

Daya aktif beban maksimum yang ada di gedung Harco Glodok Jakarta pada tabel 4.2 sebesar 4.923.062 Watt = 4.923,062 kW (beban maksimum)

- Beban Maksimum = $\frac{4.923,062 \text{ kW}}{0,9} = 5.470,068 \text{ kVA}$

Daya aktif beban rata-rata yang ada di gedung Harco Glodok Jakarta sebesar 1.476.919 Watt = 1.476,919 kW (beban rata-rata)

- $$\begin{aligned} \text{Beban Rata-Rata} &= \frac{1.476,919 \text{ kW}}{0,9} \\ &= 1.641,021 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dicari faktor kapasitas dari transformator dan generator serta faktor kebutuhan untuk panel utama pada gedung Harco Glodok Jakarta, dengan menggunakan persamaan 2.10 halaman 40 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor kebutuhan/demand} &= \frac{\text{kebutuhan maksimum}}{\text{Jumlah beban terpasang}} \\ &= \frac{5.470,068 \text{ kVA}}{6.646,615 \text{ kVA}} = 0,82 \end{aligned}$$

Sudah mencapai standar karakteristik beban jenis beban domestik, untuk mencapai standar karakteristik beban, maka harus ada perbaikan faktor daya supaya untuk mencapai standar karakteristik beban untuk gedung komersial, karena seperti yang telah dijelaskan pada tabel 2.3 bahwa faktor kebutuhan untuk beban industri komersial antara 90-100% dan dengan Persamaan 2.14, hal 45 berikut ini :

Faktor kapasitas Trafo

$$= \frac{\text{beban rata-rata}}{\text{Kapasitas daya terpasang Dari Trafo}}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor Kapasitas} &= \frac{1.641,021 \text{ kVA}}{8750 \text{ kVA}} \\ &= 0,187 = 18,7 \% \text{ (Dari Total Daya Terpasang)} \end{aligned}$$

4.3 Analisa Kapasitas Pengaman (MCCB/MCB)

Penggunaan pengaman (MCB/MCCB) pada suatu instalasi listrik sangat diperlukan, mengingat keselamatan, keamanan mutlak diperlukan. Besar nilai pengaman yang dipakai tergantung pada besarnya arus yang mengalir. Perhitungan kapasitas pengaman yang terdapat di lantai satu gedung Harco Glodok Jakarta, dengan asumsi tegangan kerja 380 Volt untuk tiga fasa dengan faktor daya rata-rata ($\text{Cos } \varphi$) sebesar 0,9 dengan menggunakan dengan menggunakan persamaan 2.3 halaman 12. Seperti perhitungan kapasitas pengaman yang ada di lantai satu (DP-KIOS 1, DP-PEN 1) di bawah ini :

➤ Panel Pengaman Penerangan dan Stop Kontak Area Penerangan 1

Daya yang terpasang pada panel pembagi lantai 1 adalah 5280 watt, jadi besar nilai MCB pada panel pembagi DP-KIOS 1, DP-PEN 1 adalah :

$$\begin{aligned} I_n &= \frac{P \text{ (watt)}}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos } \varphi} \text{ [Ampere]} \\ &= \frac{5280 \text{ watt}}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9} \end{aligned}$$

= 8,91 Ampere, maka MCB yang digunakan adalah 10 A.

Dengan cara yang sama untuk mencari pengaman sirkit akhir dengan memperhatikan (PUIL Bab 7, pasal 7.5.1.1.) “Penghantar harus diproteksi dengan gawai proteksi (pengaman lembur atau pemutus sirkit) yang harus dapat membuka sirkit dalam waktu yang tepat bila timbul bahaya bahwa suhu penghantar akan menjadi terlalu tinggi. Proteksi harus dipilih yang mempunyai nilai arus pengenal lebih rendah atau sama dari KHA penghantar”. Perhitungan arus beban untuk kapasitas pengaman pada panel lantai satu (DP-KIOS 1) dapat di hitung dengan persamaan 2.3 dengan cara yang sama semua dari lantai LG sampai 10.

4.4 Analisa Kapasitas Transformator dan Kapasitas Generator

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, diketahui kapasitas beban terpasang pada gedung Gedung Harco Glodok Jakarta yaitu sebesar 5.981,954 KW atau 6.646,615 KVA dengan kapasitas daya terpasang transformator dan generator masing-masing sebesar 8750 KVA untuk transformator dan 8000 KVA untuk generator. Sehingga kondisi kapasitas daya terpasang dari transformator dan generator ini masih mencukupi untuk mensuplai daya listrik kebeban-beban yang terpasang di Gedung Harco Glodok Jakarta.

4.4.1 Transformator Step Down 8750 KVA

Transformator 8750 KVA ini di gunakan untuk mensuplai seluruh beban yang terpasang pada Gedung Harco Glodok (data transformator dari tabel 3.1), kemudian masuk kedalam Panel untuk mensuplai daya listrik pada, lampu-lampu penerangan, stop kontak, escalator dan beban terpasang pada gedung sebesar 5.981.954 W, (data dari tabel 3.3).

Daya aktif yang bersumber dari Transformator 8750 KVA, maka daya aktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.23 adalah :

$$\begin{aligned} P &= S \times \text{Cos } \varphi \\ P &= 8750 \text{ KVA} \times 0,9 = 7875 \text{ KW} \end{aligned}$$

Beban yang terpasang pada panel PUTR Gedung Harco Glodok adalah 5.981,954 KW menggunakan daya yang bersumber dari PLN melalui transformator *step-down* menghasilkan daya dari persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Kapasitas} &= \frac{\text{Beban Terpasang}}{\text{Daya aktif Transformator}} \times 100 \% \\ &= \frac{5.981,954 \text{ KW}}{7875 \text{ KW}} \times 100 \% \\ &= 75,96 \% \end{aligned}$$

Jadi daya yang terpakai pada transformator sebesar 75,96 %

4.4.2 Generator- Set 8000 kVA

Daya aktif yang bersumber dari Generator- Set 8000 KVA, maka daya aktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.23 adalah :

$$P = S \times \cos \phi$$

$$P = 8000 \text{ kVA} \times 0,9 = 7200 \text{ KW}$$

Beban yang terpasang pada panel PUTR Gedung Harco Glodok adalah 5.981,954 KW menggunakan daya yang bersumber dari PLN melalui generator menghasilkan daya dari persamaan 2.14 berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Kapasitas} &= \frac{\text{Beban Terpasang}}{\text{Daya aktif Generator-Set}} \times 100 \% \\ &= \frac{5.981,954 \text{ KW}}{7200 \text{ KW}} \times 100 \% \\ &= 83,08 \% \end{aligned}$$

Jadi daya yang terpakai pada generator sebesar 83,08 %

4.5 Analisa Turun Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Listrik Pada Saluran Distribusi

Turun tegangan dan rugi-rugi daya ditentukan berdasarkan panjang dari panjang penghantar, luas penampang penghantar dan tahanan jenis penghantar. Dalam analisa turun tegangan (*Drop Voltage*) dan rugi-rugi daya listrik yang dihitung hanya dari penghantar-penghantar panel utama (MDP) ke Sub Panel Distribusi (SDP) diambil dari data jaringan distribusi di gedung Harco Glodok Jakarta, dengan arus beban seimbang untuk setiap fasa dan berikut perhitungannya :

Panel utama sampai dengan Panel operasiaonal dengan asumsi arus seimbang untuk setiap fasanya, maka dengan mengacu pada persamaan 2.3, hal 12 dan 2.8, hal 36 sebagai berikut :

- Untuk arus bolak balik tiga fasa

$$I = \frac{P(\text{Watt})}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} [\text{Ampere}]$$

$$\text{Drop tegangan} \quad \Delta V = I \times R \quad (\text{V})$$

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (\Omega)$$

$$\text{Rugi-rugi daya} \quad (\Delta P) = I^2 \times R \quad (\text{W})$$

Keterangan :

R= tahanan (Ohm)

ρ = tahanan jenis ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)

$$= 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$= 0,0175 \times 10^{-6} \Omega \text{m}$$

ℓ = panjang penampang (m)

A= luas penampang penghantar (mm^2)

Panjang penghantar dari panel MDP ke SDP panel lantai satu = 30 m dengan beban terpasang sebesar 5.280 Watt, luas penampang penghantar NYA 4 x

2,5 mm^2 dan $\rho = 0,0175 \times 10^{-6} \Omega \text{m}$, maka jatuh tegangannya adalah :

$$\begin{aligned} R = \rho \frac{\ell}{A} &= 0,0175 \times 10^{-6} \times \frac{30}{2,5 \times 10^{-6}} \\ &= 0,21 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{P(\text{Watt})}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \\ &= \frac{5.280}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9} \\ &= 8,91 \text{ A} \end{aligned}$$

Turun tegangan pada penghantar

$$\Delta V = I \times R = 8,91 \times 0,21 = 1,87 \text{ Volt}$$

Persentase turun tegangan

$$\begin{aligned} (\% \Delta V) &= \frac{\Delta V}{V} \times 100 \% \\ &= \frac{1,87}{380} \times 100 \% \\ &= 0,0049 \times 100 \% \\ &= 0,49 \% \end{aligned}$$

Rugi-rugi daya penghantar

$$\begin{aligned} (\Delta P) &= I^2 \times R \\ &= (8,91)^2 \times 0,21 \\ &= 16,7 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Persentase rugi daya

$$\begin{aligned} (\% \Delta P) &= \frac{\Delta P}{P} \times 100 \% \\ &= \frac{16,7}{5.280} \times 100 \% \\ &= 0,0032 \times 100 \% \\ &= 0,32 \% \end{aligned}$$

4.6 Perbaikan Faktor Daya ($\cos \phi$)

Faktor daya ($\cos \phi$) yang digunakan pada gedung Harco Glodok Jakarta yaitu sebesar 0,9 *lagging* sedangkan faktor daya ($\cos \phi$) yang paling baik adalah mendekati 1 atau sebesar 0,99. Dengan mengetahui suplai daya semu (KVA) dari PLN yaitu 6.660 KVA, maka daya aktif dengan persamaan 2.23 sebagai berikut :

$$P = S \times \cos \phi$$

$$P = 6.660 \times 0,9$$

$$= 5.994 \text{ KW}$$

Dengan menggunakan bahwa $\cos \phi$ awal (Q_1) sebesar 0,9, maka dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.31 sebagai berikut :

$$P = 5.994 \text{ KW}$$

$$Q_1 = P \times \tan \phi_1$$

$$= 5.994 \times \tan (\cos^{-1} 0,9)$$

$$= 5.994 \times \tan 25,841^\circ$$

$$= 5.994 \times 0,484$$

$$= 2901,096 \text{ KVAR}$$

Sedangkan untuk memperbaiki menjadi $\cos Q_2$ sebesar 0,99, maka dengan menggunakan persamaan 2.32 sebagai berikut :

$$P = 5.994 \text{ KW}$$

$$Q_2 = P \times \tan \phi_2$$

$$= 5.994 \times \tan (\cos^{-1} 0,99)$$

$$= 5.994 \times \tan 8,109^\circ$$

$$= 5.994 \times 0,1424$$

$$= 853,545 \text{ KVAR}$$

Dari perhitungan di atas diketahui besar kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya dengan persamaan 2.33 sebagai berikut :

$$Q_c = Px(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$= 5.994 \times \tan (\cos^{-1} 0,9) - \tan (\cos^{-1} 0,99)$$

$$= 5.994 \times \tan 25,841^\circ - \tan 8,109^\circ$$

$$= 5.994 \times (0,484 - 0,1424)$$

$$= 5.994 \times 0,3416$$

$$= 2.047,55 \text{ KVAR}$$

Dari perhitungan di atas maka gedung Harco Glodok Jakarta dapat dipasang kapasitor berkapasitas 2.047,55 KVAR, yakni dengan menggunakan 3 buah kapasitor bank berkapasitas 2.500 KVAR, jadi kapasitor tersebut sudah mencukupi untuk memperbaiki faktor dayanya.

Sedangkan beban yang terpasang pada gedung Harco Glodok Jakarta adalah sebesar 5.981.954 watt atau sebesar 6.646,615 KVA, dengan menggunakan cara dan perhitungan yang sama seperti di atas maka dapat diketahui daya aktifnya dengan persamaan 2.23 sebagai berikut :

$$P = \text{KVA} \times \cos \varphi$$

$$= 6.646,615 \times 0,9$$

$$= 5.981,4 \text{ KW}$$

Menggunakan $\cos \varphi$ awal (φ_1) sebesar 0,9 maka dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.31 sebagai berikut :

$$P = 5.981,4 \text{ KW}$$

$$Q_1 = P \times \tan \varphi_1$$

$$= 5.981,4 \times \tan (\cos^{-1} 0,9)$$

$$= 5.981,4 \times \tan 25,841^\circ$$

$$= 45.981,4 \times 0,484$$

$$= 2.894,997 \text{ KVAR}$$

Sedangkan untuk memperbaiki menjadi $\cos \varphi_2$ sebesar 0,99 dengan menggunakan persamaan 2.32 sebagai berikut :

$$P = 5.981,4 \text{ KW}$$

$$Q_2 = P \times \tan \varphi_2$$

$$= 5.981,4 \times \tan (\cos^{-1} 0,99)$$

$$= 5.981,4 \times \tan 8,11^\circ$$

$$= 5.981,4 \times 0,1424$$

$$= 851,751 \text{ KVAR}$$

Dari perhitungan di atas maka dapat diketahui besar kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya dengan menggunakan persamaan 2.33 sebagai berikut :

$$Q_c = P x (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$= 5.981,4 \times \tan (\cos^{-1} 0,9) - \tan (\cos^{-1} 0,99)$$

$$= 5.981,4 \times \tan 25,841^\circ - \tan 8,109^\circ$$

$$= 5.981,4 \times (0,484 - 0,1424)$$

$$= 5.981,4 \times 0,3416$$

$$= 2.043,246 \text{ KVAR}$$

Hasil perhitungan di dapat besarnya kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor dayanya adalah sebesar 2.043,246 KVAR, dari hasil perhitungan tersebut, maka dapat dipasang dengan kapasitor bank yang berkapasitas $1000 \times 3 = 3000 \text{ KVAR}$. Jadi kapasitor tersebut sudah mencukupi untuk memperbaiki faktor dayanya.

5. KESIMPULAN

Hasil analisa dan perhitungan kebutuhan daya listrik di Gedung Harco Glodok Jakarta maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan beban terpasang panel utama sebesar 6.646,651 kVA. Gedung Harco Glodok Jakarta suplai daya listrik dari PLN sebesar 6.660 kVA, total daya kapasitas terpasang di transformator sebesar 8750 kVA, jadi kondisi tersebut mencukupi untuk mensuplai daya listrik.
2. Hasil perhitungan pengaman MCB/MCCB panel pembagi lantai 1 dayanya 5.280 watt, nilai MCB terpasang sebesar 8,91 A, MCB yang digunakan adalah 10 A. Jadi untukantisipasi penambahan beban, maka MCCB/MCB terpasang harus sesuai dengan pemasangan.
3. Hasil perhitungan analisa turun tegangan (*Drop Voltage*) yang tertinggi pada beban *Lift* Penumpang sebesar 2,00 V, presentase turun tegangannya 0,53 % dan rugi-rugi daya penghantar sebesar 228,45 W, presentase rugi dayanya 0,34 %. Jadi *drop voltage* pada gedung Harco Glodok Jakarta masih di bawah 2%, sehingga memenuhi standar yang ditetapkan oleh PT.PLN sebesar 2%.
4. Hasil perbaikan faktor daya untuk gedung Harco Glodok Jakarta dengan perbaikan faktor daya dari 0,9 lagging menjadi 0,99, yaitu hasil perbaikan kapasitornya sebesar 2.043,246 KVAR, maka dapat dipasang dengan kapasitor bank yang berkapasitas $1000 \times 3 = 3000 \text{ KVAR}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrin Muhammad. 2012. "*Sistem Pendingin Transformator*". All Thewin.
- Anonim. 2010. "*Jenis Kabel dan Nomenklatur Kabel*". Kamus Listrik.

- Anonim. 2013. “*Sistem dan Cara Kerja Genset (Generator Set)*”. Genset Diesel.
- Badan Standarisasi Nasional SNI 04-0225-2000. 2000. “*Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*”. Jakarta:Yayasan PUIL.
- Basri Hasan. 1997. “*Sistem Distribusi Daya Listrik*”. Jakarta:ISTN.
- Erikson. 2012. “*Generator Arus Searah*”. Sitoruserik.
- Fajar Rahmat. 2013. “*Pengertian dan Rumus-rumus Daya Listrik*”. Ghojer
- File PT. Jaya Teknik Indonesia, Gedung Harco Glodok Jakarta.
- Guntoro Hanif. 2009. “*Teori Dasar Listrik*”. Dunia Listrik.
- Harten Van P, Setiawan E. 1999. “*Instalasi Listrik Arus Kuat Jilid I,II, dan III*”. Bandung:Bina Cipta.
- Harumsari Anisah. 2016. “*Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*”. Scribd.
- Kho Dickson. 2016. “*Pengertian Daya Listrik Rumus dan cara Menghitung*”.Teknik Elektronika.
- Luqman. 2009. “*Motor Asincron 3 Fasa*”. Wordpress.
- Marsudi Djiteng. 2005. “*Pembangkit Energi Listrik*”. Jakarta:Erlangga.
- Muchlisi Riadi. 2013. “*Sistem Pencahayaan Alami*.” Jakarta:Kajian Pustaka.
- Nafiar Rizki. 2015. “*Prinsip Kerja Transformator*”. Insinyoer.
- Nugroho Setiyawan Dwi. 2015. “*Perencanaan Instalasi Daya Listrik Pada PT. Indofood Sukses Makmur Tbk di Gudang Depo Kertososno*”. Unpak.
- Nurfitri. 2016.”*Perancangan Instalasi Listrik Pada Gedung Bertingkat Onih Bogor*”. Unpak.
- Paramita Beta. 2014. “*Buku Pedoman Efisiensi Energi Untuk Desain Bangunan Gedung di Indonesia*”. Scribd.
- Pratama Maulana Achyar. 2015. “*Transformator dalam Sistem Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*”. Documents.
- Ramandhani Robi. 2013. “*Motor Listrik Arus Bolak Balik*”. Wordpress.
- Rianto Agus. 2007. “*Penghematan Energi di Gedung Bertingkat*”. UNS.
- Ryan Gusti Nathan. 2013. “*Pengertian Kelistrikan dan Sistem*”. Erbelog.
- Sumanto.1991.“*TRANSFORMATOR*”. Jakarta:Andi Offset.
- Sumardjai Pirih. 2008. “*Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I,II,III*”. Jakarta:Bina Cipta.
- Surhadi. 2008. “*Teknik Distribusi Tegangan Listrik Jilid I,II,III*”. Jakarta:Bina Cipta.
- Sutarto Djoko. 2010. “*Tarif Dasar Listrik*”. Diptara.
- Theo. 2012. “*Kapasitor Bank Industri*”. Electric Mechanic.

BIODATA PENULIS



1) JANUAR AKBAR, ST., Alumni (2017) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan.

PEMBIMBING

2) Prof. Dr. Ir. H. Didik Notosudjono, M.Sc. Staf Dosen

/ Pembimbing I Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor.

3) Agustini Rodiah Machdi, ST.,MT. Staf Dosen / Pembimbing II Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor.