

### III. PENGUMPULAN DATA

#### 1. SUMBER TENAGA LISTRIK

Sumber tenaga listrik di *Galaxy Mall* ada dua, yaitu:

1. Sumber tenaga listrik dari PLN
2. Sumber tenaga listrik dari Genset

Untuk sumber listrik dari PLN, *Galaxy Mall* menggunakan dua suplai, yaitu :

1. Gardu Induk Ploso/Kenjeran
2. Gardu Induk Sukolilo

Daya dari masing-masing trafo PLN adalah 3000 KVA, dan bisa digunakan salah satu saja atau dua-duanya digunakan daya kontrak dengan PLN sebesar 4330 KVA. Sumber listrik ini digunakan sebagai sumber utama dan genset digunakan sebagai sumber cadangan.

#### 2. TRAFU

Suatu alat yang berguna untuk menurunkan tegangan (*trafo step down*), di *Galaxy Mall* digunakan untuk menurunkan tegangan dari PLN yaitu 20 KV menjadi 380 V. Menggunakan dua buah trafo daya sebesar 3000 KVA, dan dihubungkan dalam bentuk delta ( $\Delta$ ) pada sisi primer dari trafo dan hubungan *star* ( Y ) pada sisi sekundernya.

### 3. PEMBAGIAN BEBAN

Besar beban listrik di *Galaxy Mall* adalah 4 hingga 4,5 MVA (peak load) dan 3,8 hingga 4 MVA. Dari PLN, daya dialirkan kedua LVMDB, dimana:

- LVMDB I digunakan untuk hal-hal yang penting dan penggunaannya hampir 24 jam.
- LVMDB II digunakan untuk hal-hal yang bekerja pada waktu biasa.

Untuk pembagian beban, maka didasarkan kepentingan atau jangka waktu pemakaian beban itu.

- LVMDB I digunakan antara lain untuk :

r- *Chiller*

> *Fire Pwmp*

'r- *Exhaust Fan*

r *Smoke Fan*

> *Lift*

> *Cinema*

> *Bank*

'r *Basement*

- LVMDB II digunakan antara lain untuk :

V *Departmen! Store*

V *Supennarket*

> *Escalator*

y *Galery Keris*

#### 4. PERALATAN DALAM PANEL KAPASITOR

##### 4.1 Fuse

Fuse/sekring adalah pengaman yang paling murah dan paling handal dalam mengamankan rangkaian listrik dari gangguan arus hubung singkat (*short circuit*). Fuse ini dapat ditambah LBS (*Load Break Switch*) atau NFB.

Panel kapasitor ini menggunakan NH2 Fuse 300 A dan Holder merk Siba.

##### 4.2 Magnetik Kontaktor

Magnetik kontaktor adalah kontaktor yang digunakan untuk memasukkan atau mengeluarkan tiap unit kapasitor, yang dapat diatur secara *manual* (dengan saklar *push button*) maupun secara otomatis (dengan bantuan *Automatic Power Factor Regulator*). Untuk keperluan kontrol, kontaktor biasanya dihubungkan dengan suatu *switch* tambahan yang dapat bersifat *normally open* atau *switch* tambahan yang bersifat *normally close*. Dalam magnetik kontaktor terdapat kumparan yang dililitkan pada koker plastik dan sebatang inti besi, sehingga arus listrik dapat mengalir pada kumparan tersebut sehingga kontaktor dapat membuka atau menutup secara magnetis.

Panel kapasitor ini menggunakan kontaktor merk Telemecanique tipe LC1-F185. Kontaktor yang terpasang ada 6 buah, yang masing-masingnya mampu menahan arus sampai 205 Ampere.

### 4.3 Circuit Breaker

*Circuit breaker* adalah alat untuk mematikan atau menghidupkan rangkaian listrik, dan untuk melindungi rangkaian listrik dari gangguan *short circuit current*, *over current*. Dalam pemilihan *circuit breaker* harus diperhatikan kapasitas pemutusan *short circuit current*, arus nominal rangkaian, tegangan operasional rangkaian, aplikasinya, dan penempatan pada panelnya.

MCCB digunakan untuk arus nominal 400 A sampai 1250 A, dengan kapasitas pemutusan dari 25.000 Ampere sampai 150.000 Ampere.

: ACB digunakan untuk arus nominal 800 A sampai 6300 A, dengan kapasitas pemutusan dari 65.000 Ampere sampai 150.000 Ampere.

*Circuit breaker* sekarang ada dua jenis, yaitu :

a. Fixed Circuit Breaker

*Circuit breaker* yang tidak dapat ditarik keluar, model *circuit breaker* yang konvensional. Bila mau mengganti *circuit breaker* ini, maka kita harus melepaskan secara manual, karena di dalam *circuit breaker* ini tidak ada mekanisme untuk menarik diri keluar.

b. Draw Out Circuit Breaker

*Circuit breaker* yang dapat ditarik keluar, model *circuit breaker* yang modern.

Panel kapasitor ini menggunakan MCCB Merlin Gerin tipe M20N1 dengan arus pengenal 2000 Ampere.

#### 4.4 Kabel

Kabel merupakan komponen terpenting dalam suatu instalasi listrik karena fungsinya untuk menyalurkan arus listrik dari sumber ke beban listrik. Ukuran dan jenis kabel ditentukan dari besarnya arus yang melewatinya (lihat tabel ukuran kabel).

Panel kapasitor ini menggunakan kabel NYY 30 x 1 x 500 mm<sup>2</sup> (@500 mm<sup>2</sup> mampu ± 1000 A pada suhu 30°C).

#### 4.5 Busbar

Busbar merupakan komponen yang menampung semua arus listrik dari sumber kemudian dibagi-bagikan keluar. Sama seperti kabel, ukuran dan jenis busbar ditentukan dari besarnya arus yang melewatinya (lihat tabel ukuran busbar).

Panel kapasitor di *Galcay Mall* ini menggunakan busbar ukuran 100 mm x 10 mm.

#### 4.6 Unit Kapasitor

Unit kapasitor dalam sistem tenaga biasanya berbentuk tabung, komponen inilah sebagai bahan kapasitif yang menghasilkan daya reaktif, sehingga pengertian daya reaktif dari suatu sistem tenaga listrik dapat disuplai oleh kapasitor ini. Kapasitor ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Merk : MERLIN GERIN
- Tipe : VARPLUSM

- Sistem koneksi : delta
- DayaReaktif : 50 KVAR
- Tingkat insulasi : 6 KV RMS, 25 KV peak
- Toleransi kapasitansi : 0 + 10%
- Toleransi kelebihan tegangan : 10%
- Toleransi kelebihan arus : 30%
- Rugi : kurang dari 0,5 W/KVAR
- Suhu maksimum : 55°C
- Berat : 10 kg
- Ukuran : 350 mm x 192 mm x 210 mm

#### 4.7 Automatic Power Factor Regulator

*Automatic Power Factor Regulator* (APFR) merupakan peralatan kontrol yang memonitor  $\cos \phi$  dari sistem dan membandingkan dengan  $\cos \phi$  yang kita atur, sehingga  $\cos \phi$  dari sistem selalu konstan walaupun beban berubah-ubah, karena APFR ini yang memerintah kapasitor masuk atau keluar dari rangkaian listrik tergantung dari beban.

Panel kapasitor ini menggunakan *CIRCUTOR Microprocessor reactive power controllers with digital  $\cos \phi$  display 12 steps*.

#### 4.8 Box Panel

*Box panel* merupakan kotak yang terbuat dari besi plat atau baja plat yang digunakan sebagai tempat komponen-komponen untuk dirangkai.

Jenis-jenis *boxpanel* antara lain :

a. Free Standing Panel

Panel ini merupakan panel yang dapat berdiri sendiri, biasanya dipakai untuk membagi daya listrik yang cukup besar.

b. Wall Mounting Panel

Panel ini tergantung pada dinding atau dapat pula ditanam dalam dinding, biasanya dipakai untuk membagi daya listrik dalam ukuran kecil.

## 5. UNIT CHILLER

Agar kenyamanan berbelanja para pengunjung terjamin, maka *Galaxy Mall* mengoperasikan kedua buah *chillernyo*. untuk mendinginkan gedung, sedangkan satu buah *chiller* lagi sebagai cadangan.

Sebuah *chiller* memiliki daya sebesar 630 KW, dimana kedua buah *chiller* tersebut pengoperasiannya melalui LVMDB I yang memiliki kapasitas daya sebesar  $4330/2 \text{ KVA} = 2165 \text{ KVA}$

Rumus untuk mencari besar ACB pada LVMDB I:

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V_{pp} \cdot I \\
 2165 &= \sqrt{3} \cdot 380 \cdot I \\
 I &= 2165 / (\sqrt{3} \cdot 380) \\
 I &= 3290 \text{ A.}
 \end{aligned}$$

Maka besar ACB yang digunakan mampu menerima arus sebesar 3290 A.

Sedangkan untuk besar kabel, kabel tersebut harus mampu menahan arus sebesar  $3290 \times 1,7 = 5593$  A.

*Galaxy Mall* menggunakan ACB dengan rating antara 4500 - 5000 A.

LVMDB I ini disuplai oleh PLN melalui transformer dengan menggunakan kabel NYY 30 x 1 x 500 mm<sup>2</sup> (@ 500 mm<sup>2</sup> mampu  $\pm 1000$  A pada suhu 30°C).

Perhitungan kabel-kabel dan MCCB beban terpasang pada LVMDB I adalah sebagai berikut:

> *Chiller* WCCH 1 dan 2 dengan daya sebesar 1911 KVA.

Rumus :

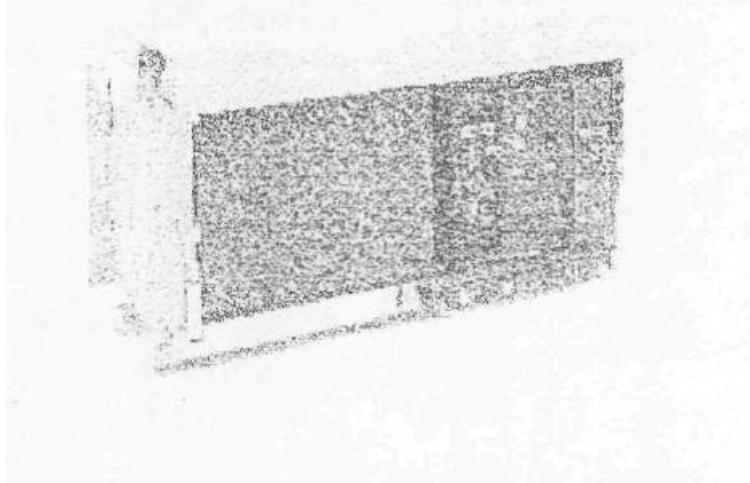
$$P = \sqrt{3} \cdot V_{pp} \cdot I$$

$$1911 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot I$$

$$I = 1911 / (\sqrt{3} \cdot 380)$$

$$I = 2,9 \text{ KA}$$

Maka digunakan MCCB tipe M40H1 dengan rating 3750 - 4000 A. Untuk diameter kabel yang digunakan NYY 4 x 1 x 300 mm<sup>2</sup>. Dalam tabel kabel Yamanaka, kabel ini memiliki kuat arus maksimum sebesar 820 A (dalam tanah, 20°C) oleh karena itu digunakan 7 buah NYY dimana tiap phasanya terdiri dari 2 buah sehingga besarnya menjadi  $6 \times 820 = 4920$  A.



Gambar3.1

MCCBTipeM40H1\*

> *Chiller* WCCH 3 dengan daya sebesar 991 KVA

Rumus :

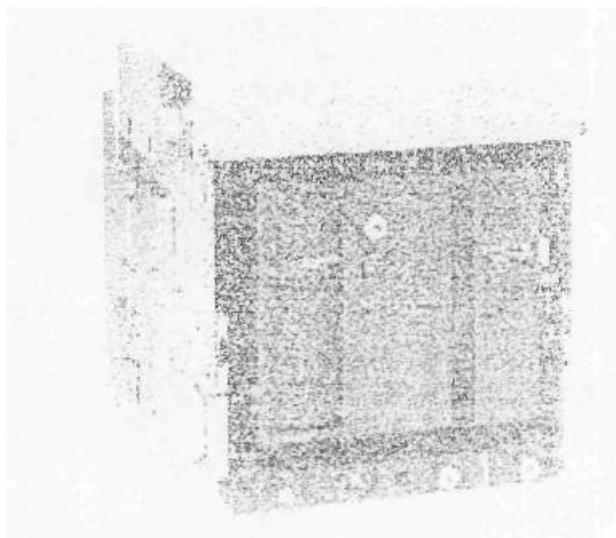
$$P = \sqrt{3} \cdot V_{pp} \cdot I$$

$$991 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot I$$

$$I = 991 / (\sqrt{3} \cdot 380)$$

$$I = 1,5 \text{ KA}$$

Maka digunakan MCCB tipe M20N1 dengan rating 2000 - 2500 A. Untuk diameter kabel yang digunakan NYY 4 x 1 x 300 mm<sup>2</sup>. Dalam tabel kabel Yamanaka, kabel ini memiliki kuat arus maksimum sebesar 820 A (dalam tanah, 20°C) oleh karena itu digunakan 4, dimana tiap phasanya terdiri dari 1 buah NYY sehingga besarnya menjadi 3 x 820 = 2460



Gambar 3.2

## MCCBTipeM20Nr

Spesifikasi masing-masing *chiller*, sebagai berikut:

- Merk : YORK
- Tegangan : 380V
- *Phase* : 3
- Daya : 630 KW
- Frekuensi : 50 Hz
- *Mimum circuit capacity* : 1380 A
- *Mvcinmm dual element fuse amps* : 2000 A
- *Maximum circuit breaker amps* : 2000 A
- *Kleclro Mechanical Starter* : York Control Assembly

## 6. UNIT SOFT STARTER

Untuk mematikan dan menghidupkan masing-masing *chiller*, *Galaxy Mall* menggunakan alat yang disebut dengan *Soft Starter*. Alat ini mampu mengatur start awal bagi mesin-mesin listrik, sehingga didapat start awal yang halus.

Spesifikasi masing-masing *soft starter*, sebagai berikut:

- Merk : Telemecanique
- Jenis : ALTISTART
- Tipe : ATS23PM12N
- Tegangan : 380 V
- Fasa : 3
- Frekuensi : 50/60 Hz
- Arus : 1200 A
- Daya : 630 KW

## 7. ALAT UKUR YANG DIGUNAKAN

Alat ukur yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dari softstarter hubungan dengan kapasitor bank maupun tidak adalah *Power Harmonic Analyzer Fluke 41B*, *Power Quality Analyzer Fluke 43*, dan tang ampere. Alat Ukur *Poweir' Harmomc Analyzer Fluke 4JB* digunakan untuk mengukur besaran tegangan, arus, daya, faktor daya, dan lain-lain. *Power OualUy Analyzer Fluke 43* digunakan untuk mengukur arus dan waktu inrush, harmonisa, dip dan surge dalam satu siklus, dan lain-lain. Sedangkan tang ampere digunakan untuk mengukur arus. Dengan

menggunakan alat ukur *Power Harmonic Analyzer Fluke 41B* dan *Power Quality Analyzer Fluke 43* akan diperoleh tampilan berupa teks dan bentuk gelombang, sedangkan pada pengukuran menggunakan tang ampere akan diperoleh besar dari arus yang lewat.

### 7.1 Data Teknik Power Harmonic Analyzer Fluke 41B

Spesifikasi dari *Power Harmonic Analyzer Fluke 41B* adalah sebagai berikut:

<i>Size</i>	: 234 x 200 x 64 mm
<i>Minimum Input Levels</i>	: 5 V <sub>rms</sub> or 1 A <sub>rms</sub>
<i>Input Range (V<sub>measurement</sub>)</i>	: 5,0 sampai 600 V <sub>rms</sub> 5,1 sampai ± 933 V <sub>peak</sub>
<i>Input Range (A<sub>measurement</sub>)</i>	: 1,0 sampai 1000 A <sub>rms</sub> 1,0 sampai ± 2000 A <sub>peak</sub>
<i>Input Range (W<sub>measurement</sub>)</i>	: 0 W (VA) sampai 600 kW (kVA) <sub>average</sub> 0 W (VA) sampai 2000 kW (kVA) <sub>peak</sub>
<i>Accuracy</i>	: ± 0,5%
<i>Safety</i>	: - <i>voltage</i> atau <i>current probe input</i> 600 V maksimum - <i>surge protection</i> 6 kV per IEC 1010-1

### 7.2 Teknik Pengukuran Power Harmonic Analyzer Fluke 41B

Pengukuran dapat dilakukan secara langsung karena tegangan dan arus yang mengalir ke beban masih dalam *range* alat ukur yang dipakai ( $V_{rms} < 600$  V dan  $I_{m,5} < 1000$  A).

### 7.3 Power Quality Analyzer Fluke 43

Alat ini digunakan untuk mengukur:

- *INRUSH*, arus inrush dan waktu inrush
- *VOL'rS'AMPS'HHRTZ*, tegangan, arus dan frekuensi
- *POWER*, semua pembacaan power
- *HARMONICS*, mengukur harmonisa
- *SAGS & SWELLS*, menunjukkan dip dan surge dalam satu siklus

### 7.4 Data Teknik Tang Ampere

*Digiial Clamp Meter* atau sering disebut tang ampere.

- Merk : YFE
- Tipe : YF-8010
- Maksimum AC : 1000 A  
: 750 V  
: 2 K $\Omega$
- Range : 20A-200A-1000A  
: 200V-750V  
: 2 K $\Omega$

Pengukuran dapat dilakukan secara langsung pada kabel atau penghantar listrik.

## 7.5 Interface Connections

Agar dapat menyimpan data ke dalam komputer diperlukan sebuah alat *interface* yang disebut *Optical Isolated RS-232 Interface*.

## 7.6 Penyimpanan Data

Alat ukur dihubungkan pada *panel chiller* dan dapat merekam harga sesaat (*instantaneous values*) ke dalam memori untuk kemudian dicetak melalui terminal RS-232 pada sistem komputer dan printer.

## 8. DATA YANG DIPEROLEH

Sebagian data pada *Power Harmonic Analyzer fluke 41B* dan *Fluke 43* terlampir.

### 8.1 Pengukuran Start Satu Chiller

Pengukuran dilakukan pada satu buah chiller tanpa terhubung kapasitor, angka yang ditunjukkan pada pengukuran I adalah ketika start awal, angka yang ditunjukkan pada pengukuran II adalah saat sedang start menuju running, sedangkan angka yang ditunjukkan pada pengukuran III adalah saat running. Tabel pengukuran sebagai berikut:

TabelS.1

Pengukuran Tegangan, Arus dan Daya

Pengukuran	Tegangan "(V)	Arus (A)	Daya (KW)
I	397	339	145
II	393	408	200
III	390	907	525

Tabel 3.2

## Pengukuran Faktor Daya dan Harmonisa

Pengukuran	Faktor Daya (PF)	Harmonisa (% THD-F)
I	0,62	5,2
II	0,72	5,5
III	0,86	6,8

Dari hasil pengamatan dan pengukuran, diperoleh kesimpulan bahwa makin besar nilai arus, maka faktor daya makin membaik sedang harmonisa arus makin tinggi.

## 8.2 Pengukuran Dua Chiller Dengan Kapasitor Terpasang

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Fluke 43, dengan langkah-langkah pengukuran sebagai berikut:

- Chiller II lebih dahulu distart
- Setelah chiller II beroperasi normal, maka Chiller I distart
- Sofit starter panel chiller I ternyata trip dengan indikator "*Phase Failure*" menyala.

Dari pengamatan hasil print out pengukuran diketahui bahwa tegangan pada saat chiller II distart ialah 370 V, yang masih berada dalam range yang ditoleransi oleh soft starter.

Pada pengamatan berikutnya tegangati saat start adalah 360 V. Selanjutnya terlihat bahwa pada saat trip tegangan sudah mendekati tegangan 380 V dan waktu trip berkisar antara 10 menit setelah chiller I distart.

### 8.3 Pengukuran Dengan Dua Chiller Tanpa Kapasitor

Dari hasil pengamatan dan pengukuran apabila kapasitor dimatikan, maka chiller I dapat distart dan dioperasikan secara normal.

Hal ini terlihat dari hasil print out pengukuran dan faktor daya yang tercatat sebesar 1, ini menunjukkan bahwa alat dapat bekerja dengan baik dari segi teknis maupun ekonomis.