



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS SISTEM SUPLAI DAYA INSTALASI LISTRIK  
TENAGA PADA GEDUNG PT.SMART TELECOM**

**SKRIPSI**

**AFFAN ARDIAN**

**06 06 04 2335**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM S1 EKSTENSI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS SISTEM SUPLAI DAYA INSTALASI LISTRIK  
TENAGA PADA GEDUNG PT.SMART TELECOM**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**AFFAN ARDIAN**

**06 06 04 2335**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM S1 EKSTENSI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2009**

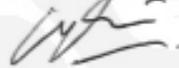
## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

8	..... Segitiga Datar	Gambar 2.1
18	..... MCB 1 Phase dan 3 Phase	Gambar 3.1
19	..... MCCB 3 Pole dan 4 Pole	Gambar 3.2

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Affan Ardian

NPM : 0606042235

Tanda Tangan : 

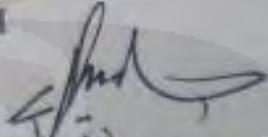
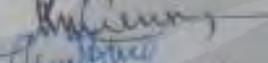
Tanggal : 29 Juni 2009

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Affan Ardian  
NPM : 0606042235  
Program Studi : S1 Ekstensi Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisis Sistem Suplai Daya Instalasi Listrik  
Tenaga Pada Gedung PT.Smart Telecom

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. I Made Ardita Y MT (  )  
Penguji : Ir. Amien Rahardjo MT (  )  
Penguji : Ir. Agus R. Utomo MT (  )

Ditetapkan di : Ruang Gatrik LT.1 DTE, Depok  
Tanggal : 29 Juni 2009

## **KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH**

Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, dengan hidayah serta inayah-Nya alhamdulillah Penulis diberi kekuatan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi Penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir. I Made Ardita Y. MT, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Istriku tercinta Fitrianie, anaku tersayang Fabian Al Kautsar serta Orang Tua dan keluarga Penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (3) Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, Semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah banyak membantu. Mudah – mudahan skripsi ini bisa membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 29 Juni 2009

Penulis

Affan Ardian

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Affan Ardian  
NPM : 0606042235  
Program Studi : Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Analisis Sistem Suplai Daya Instalasi Listrik Tenaga Pada Gedung PT.Smart Telecom**

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 29 Juni 2009

Yang menyatakan

( **Affan Ardian** )

## ABSTRAK

Nama : Affan Ardian  
Program Studi : S1 Ekstensi Teknik Elektro  
Judul : Analisis Sistem Suplai Daya Instalasi Listrik Tenaga Pada Gedung PT.Smart Telecom

Skripsi ini bertujuan untuk membuat suatu analisa sistem kelistrikan suatu gedung komersial.

Suatu gedung komersial yang di pergunakan sebagai *Mobile Switching Network* (MSC) dan pusat pengolahan data suatu perusahaan telekomunikasi yang terletak di Jakarta di lihat sistem suplai daya instalasi tenaganya kemudian di ambil kesimpulan bahwa gedung komersial tersebut memiliki kekurangan pada aspek kehandalan, efisiensi komponen kelistrikan serta proses perawatan sehingga mengakibatkan pemborosan biaya. Selanjutnya dilakukan proses analisis sistem suplai daya instalasi tenaga, merubah sumber-sumber suplai daya instalasi listrik tenaga dan menghilangkan dua sumber listrik cadangan dari PLN masing-masing sebesar 264 KVA sehingga dapat menghemat biaya langganan tetap, biaya perawatan serta biaya tenaga operator setiap bulan yang harus di bayarkan. Perubahan sistem suplai daya listrik tenaga ini tidak mengurangi pelayanannya ke beban-beban listrik yang berada di gedung komersial tersebut. Tetapi lebih bisa di handalkan dan mudah dalam perawatannya.

Kata Kunci :  
Analisis Sistem Suplai Daya, Instalasi Listrik Tenaga, Gedung Komersial, Kehandalan, Efisiensi Biaya.

## **ABSTRACT**

Name : Affan Ardian  
Study Program: S1 Extension Electrical Engineering  
Title : Building Power Supply System Installation Analysis of  
PT.SMART Telecom.

This Script aim to make analyse the electrical system for commercial building.

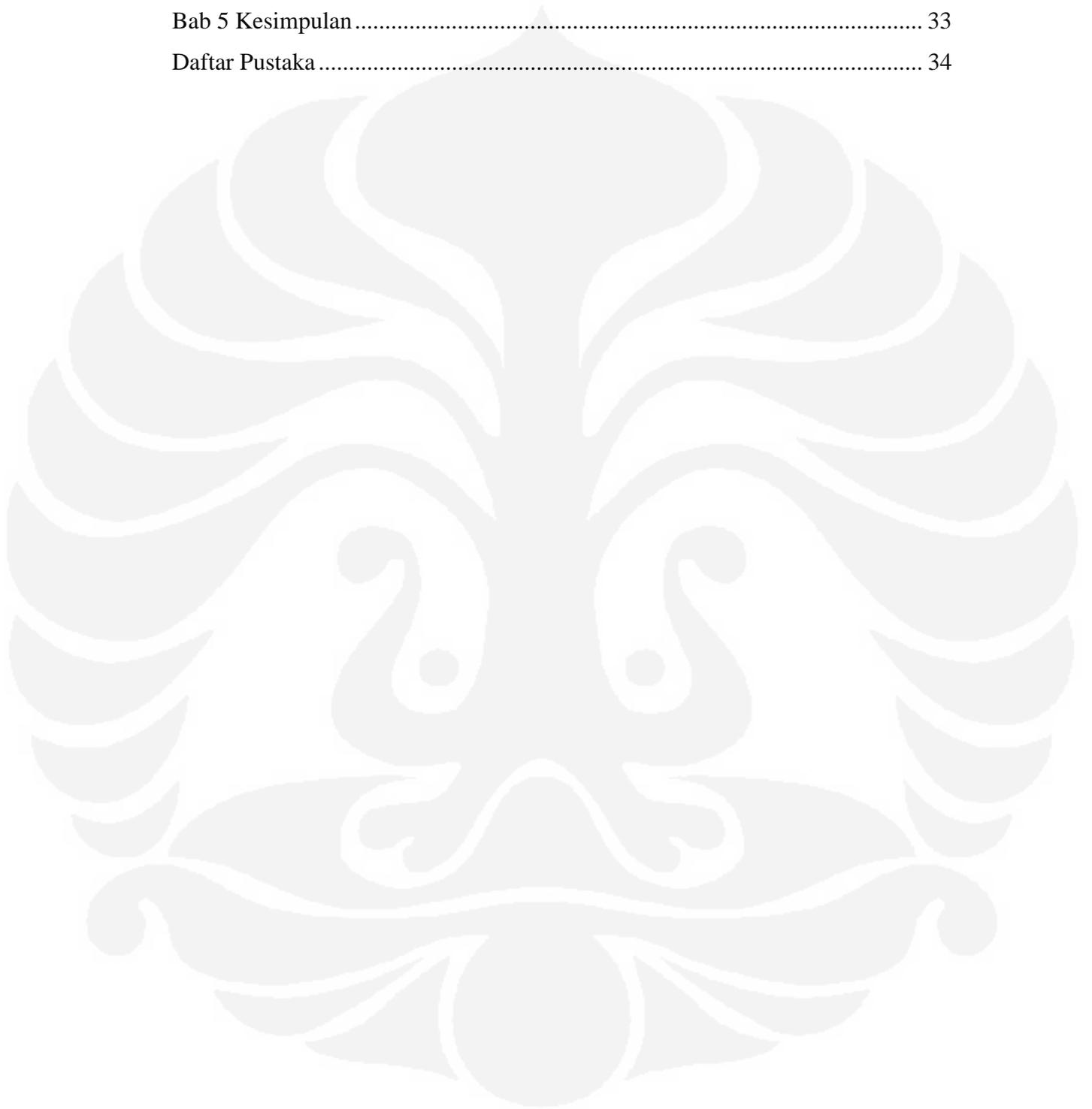
A commercial building which is utilizing as Mobile Switching Network ( MSC) and data processing center of an telecommunications company which is located in Jakarta have been analysis of the electrical system and then taking conclusion that the commercial building own the insufficiency of mainstay aspect, efficient of electrical component and expense. Herein after process of more reliable improvement the electrical system, easy to predict by lessening amount of component and cable which not needed. Changing source reserve of system of distribution of electrical power and eliminate two PLN 264 KVA electrical source reserve so that can cost effective the abodemen each month which must paying. this changing electrical system not lessen its service to electric's burden residing in the commercial building. But rather can relying on and easy to maintenance.

Key words:  
Power Supply System Installation Analysis, Commercial Building, the insufficiency of mainstay aspect, Cost and efficient

## DAFTAR ISI

Halaman Pernyataan Orisinalitas.....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar / Ucapan Terima Kasih.....	iii
Pernyataan persetujuan publikasi .....	iv
Abstrak .....	v
Abstract.....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel.....	x
Bab 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penulisan .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	2
Bab 2 Teori dasar sistem distribusi tenaga listrik.....	3
2.1 Pengertian dasar distribusi dan instalasi.....	3
2.2 Tegangan jatuh dan rugi-rugi daya/ tegangan .....	4
2.3 Faktor daya .....	6
2.4 Formula perhitungan beban.....	8
Bab 3 Komponen dan peralatan pengaman sistem distribusi tenaga listrik.....	10
3.1 Kabel.....	10
3.2 Komponen pengaman instalasi listrik.....	14
3.2.1 Pengaman lebur.....	15
3.2.2 Circuit breaker.....	16
3.3 Karakteristik beban listrik.....	19
3.4 Kapasitor Bank.....	22
Bab 4 Analis suplai daya instalasi tenaga listrik gedung PT. Smart Telecom	
4.1 Umum.....	23
4.2 Kebutuhan listrik pada gedung komersial.....	24
4.3 Analisis suplai daya instalasi tenaga .....	28

4.3.1 Kehandalan.....	28
4.3.2 Pemborosan biaya .....	29
4.4 Optimasi sistem suplai daya instalasi tenaga .....	30
Bab 5 Kesimpulan.....	33
Daftar Pustaka.....	34



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Segitiga Daya.....	8
Gambar 3.1	MCB 1 Phasa dan 3 Phasa.....	18
Gambar 3.2	MCCB 3 Pole dan 4 Pole.....	19
Gambar 3.3	Air Circuit Breaker (ACB).....	19
Gambar 3.4	Resistive Circuit AC Sine Wave.....	20
Gambar 3.5	Inductive Circuit AC Sine Wave.....	21
Gambar 3.6	Capacitive Circuit AC Sine Wave.....	22
Gambar 3.7	Contoh Rangkaian Ekuivalen Motor Sinkron.....	22
Gambar 4.1	Denah Ruangan.....	25
Gambar 4.2	Single Line Diagram Existing.....	29
Gambar 4.3	Single line diagram sistem yang telah di optimasi.....	32

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Kebutuhan daya gedung komersial.....	24
Tabel 4.2	Data beban harian, hari 1 s/d 4.....	26
Tabel 4.3	Data beban harian, hari 5 s/d 8.....	26
Tabel 4.4	Data beban harian, hari 9 s/d 12.....	27
Tabel 4.5	Estimasi pengurangan biaya gedung komersial .....	31
Tabel 4.6	Estimasi biaya modifikasi sistem kelistrikan.....	33

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang demikian pesat membuat energi listrik menjadi sumber energi yang sangat penting bagi manusia. Sulit dibayangkan bagaimana kita hidup tanpa listrik, karena penggunaan energi listrik telah menyentuh segala aspek kehidupan manusia. Begitu pentingnya energi listrik dalam kehidupan sehari-hari dan dalam pembangunan yang sedang kita laksanakan, menuntut suatu sistem kelistrikan yang handal serta efisien dari segi teknis maupun biaya yang dapat melayani dan mencukupi kebutuhan kita dengan baik.

Dapat diketahui bahwa dalam sistem distribusi tenaga listrik baik PLN maupun generator (genset) tidaklah mungkin dapat menyediakan tenaga listrik secara mutlak tanpa gangguan.

Dengan demikian, sekarang bagaimana cara supaya gangguan yang terjadi seminim mungkin berakibat terhadap konsumen ataupun kalau terjadi gangguan dapat sesedikit dan sesingkat mungkin tetapi dengan suatu sistem kelistrikan yang efisien. Salah satu cara adalah dengan sistem distribusi yang lebih bisa di prediksi, mudah dalam perawatannya serta efisien yang memenuhi standart atau spesifikasi instalasi listrik.

Adapun yang harus diperhatikan pada sistem distribusi tenaga listrik adalah kehandalan dan biaya.

## **1.2 TUJUAN PENULISAN**

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk analisis sistem suplai daya listrik tenaga pada gedung PT.Smart Telecom di lihat dari segi kehandalan dan biaya

## **1.3 BATASAN MASALAH**

Skripsi ini hanya membahas analisis sistem suplai daya listrik tenaga pada gedung PT.Smart Telecom di lihat dari segi kehandalan dan biaya

## **1.4 SISTEMATIKA PENULISAN**

Sistematika penulisan pada skripsi ini adalah sebagai berikut : Bab satu (1) menerangkan latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan, Bab dua (2) menerangkan prinsip-prinsip dasar persyaratan distribusi tenaga listrik, tegangan jatuh, rugi-rugi tegangan / daya dan faktor daya (Pf), Bab tiga (3) menerangkan komponen sistem distribusi tenaga listrik seperti : kabel, beban, capacitor bank dan peralatan pengaman sistem distribusi tenaga listrik, Bab empat (4) menerangkan kebutuhan / operasional daya listrik gedung komersial dan optimalisasi sistem distribusi tenaga listrik pada gedung komersial di lihat dari aspek kehandandalan dan efisiensi biaya dan Bab lima (5) berisi kesimpulan berdasarkan hasil analisis sistem suplai daya instalasi listrik tenaga pada gedung PT.Smart Telecom.

## **BAB II**

### **TEORI DASAR SISTEM**

### **DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK**

#### **2.1 PENGERTIAN DASAR DISTRIBUSI DAN INSTALASI**

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 berupa 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 pengamanan yang baik, sesuai dengan persyaratan pengamanan ( cepat kerja, peka, selektif, handal dan ekonomis).

## **2.2 TEGANGAN JATUH DAN RUGI – RUGI TEGANGAN / DAYA.**

Untuk saluran daya digunakan bahan yang memiliki sifat konduktif terhadap arus listrik, yaitu bahan yang resistansinya rendah, dan sifat ini dimiliki bahan-bahan logam pada umumnya. Dalam praktek, meskipun resistansi suatu bahan (logam) dipilih rendah bagaimanapun tetap resistif dan tetap menimbulkan rugi-rugi pada saluran itu. Besarnya rugi yang terjadi selalu tergantung pada besarnya tahanan bahan saluran, juga ditentukan oleh besar arus yang lewat saluran. Sedangkan resistansi total saluran itu sendiri selain tergantung pada jenis bahan saluran, tergantung juga pada jarak saluran dan ukuran (luas penampang) saluran. Keterkaitan antara besarnya rugi-rugi pada saluran dengan saluran itu sendiri dinyatakan dalam persamaan dasar berikut ini:

$$\text{Tahanan saluran } R = \rho \cdot (l/A) \text{ (ohm) ..... (2.1)}$$

Dimana :  $l$  = panjang saluran

$\rho$  = tahanan jenis bahan saluran

$A$  = luas penampang saluran

Karena adanya sifat resistip ini maka bila saluran dialiri arus akan terjadi rugi, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Rugi - rugi tegangan} : V_{loss} &= I \cdot R \dots\dots\dots (2.2) \\ &= I \cdot \rho \cdot (l/A) \quad (\text{Volt}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rugi - rugi Daya} : P_{loss} &= I^2 \cdot R \dots\dots\dots (2.3) \\ &= I^2 \cdot \rho \cdot (l/A) \quad (\text{Watt}) \end{aligned}$$

Akibat adanya rugi-rugi ini maka terjadi selisih antara tegangan di titik sumber dengan di titik beban :

$$V_k - V_t = I \cdot \rho \cdot (l/A) \quad (\text{Volt}) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dan selisih daya yang dikirimkan dari sumber dengan daya yang diterima oleh beban sebesar :

$$P_k - P_t = I^2 \cdot \rho \cdot (l/A) \quad (\text{Watt}) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

$V_k$  : tegangan di sisi kirim (sumber).

$V_t$  : tegangan di sisi terima (beban).

$P_k$  : daya di sisi kirim (sumber).

$P_t$  : daya di sisi terima (beban).

Rugi - rugi daya pada saluran ini akan didisipasikan dalam bentuk panas yang terbuang sia-sia di sepanjang saluran, sedangkan rugi tegangan (*drop voltage*) akan menyebabkan harga tegangan di titik beban menjadi tidak nominal. Dengan

memperhitungkan besarnya rugi-rugi pada saluran, maka salah satu cara untuk mempertahankan agar harga tegangan sisi terima tetap (mendekati) nominal adalah dengan menaikkan tegangan di sisi kirim. Cara demikian ternyata tidak selalu dapat diterapkan, sebab tidak selalu satu titik sumber hanya melayani satu titik beban, dan tidak selalu semua titik beban mengalami rugi tegangan yang sama besarnya, apalagi bila saluran distribusi terdiri atas banyak cabang-cabangnya.

Dari persamaan tentang rugi-rugi telah diketahui bahwa faktor penentunya adalah besarnya arus yang lewat dan besarnya resistansi saluran, yang bila diuraikan lebih lanjut juga berarti tergantung pada jarak saluran, jenis bahan konduktor saluran, dan ukuran penampang konduktor.

Dalam praktek, parameter-parameter konduktor adalah merupakan faktor design dengan harga konstan (artinya harga R juga konstan), Dengan demikian, dalam perencanaan suatu jaringan distribusi harus sudah ditentukan terlebih dahulu jenis bahan dan ukuran konduktor serta panjang salurannya yang variable mengikuti situasi beban berupa besar arus beban.

### 2.3 FAKTOR DAYA (PF)

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (P) dan daya nyata (S). Pergeseran faktor daya merupakan kosinus sudut antara tegangan dan arus.

$$\text{Faktor Daya} = P / S = \text{Cos } \phi \dots\dots\dots (2.6)$$

Faktor daya yang baik adalah faktor daya yang bernilai besar. Pada teorinya, faktor daya dapat mencapai 100%. tapi dalam kenyataannya. faktor daya tidak dapat mencapai 100 % tanpa adanya peralatan untuk mengkoreksi faktor daya tersebut, Hal ini disebabkan karena dalam setiap rangkaian listrik terdapat induktansi dan kapasitansi yang membutuhkan daya reaktif. Daya reaktif dibutuhkan oleh sistem listrik arus bolak-balik untuk menghasilkan daya yang berguna (*useful work*),

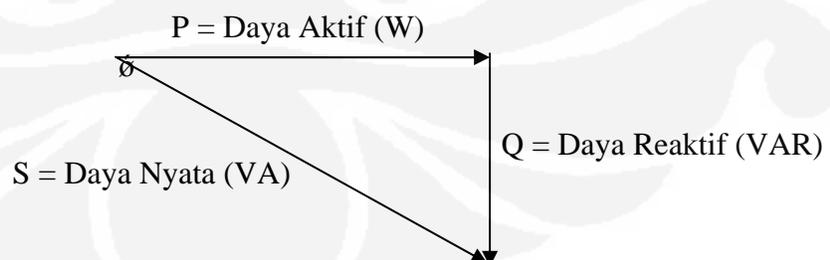
sehingga peralatan listrik AC dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Daya reaktif inilah yang menyebabkan faktor daya tidak dapat mencapai 100 %.

Faktor daya yang tinggi sangat penting untuk keseluruhan sistem kelistrikan. Selain dapat meningkatkan efisiensi, faktor daya yang tinggi juga akan membuat biaya listrik menjadi lebih ekonomis dan meningkatkan life time suatu peralatan listrik.

Dalam beberapa hal rumus hubungan daya, arus dan tegangan tidak dapat diberlakukan untuk setiap beban, karena sebuah sumber listrik arus bolak balik (AC) mengeluarkan energi listrik dalam bentuk energi aktif dan energi reaktif.

Energi aktif (dinyatakan dalam Watt) adalah energi yang diperlukan untuk ditransformasikan/diubah ke bentuk energi lain, misalnya : energi mekanik, panas, cahaya, dll. Sedangkan energi reaktif (dinyatakan dalam VAR) diperlukan oleh peralatan yang bekerja dengan sistem electromagnet, yaitu untuk pembentukan medan magnetnya, peralatan yang demikian diantaranya : trafo, motor, lampu pijar, dll.

Kedua energi diatas membentuk daya total yang disebut dengan daya nyata (dinyatakan dalam VA), daya nyata ini merupakan penjumlahan vector dari daya aktif dan daya reaktif. Hubungan ketiga jenis energi ini dapat kita gambarkan sebagai berikut :



Gbr 2.1 Segitiga Daya

Jika daya nyata (VA) :

$$S = V \times I \dots\dots\dots(2.7)$$

Maka, daya aktif (Watt) :

$$P = V \times I \cos \phi \dots\dots\dots(2.8)$$

Sedangkan daya reaktif (VAR) :

$$Q = V \times I \sin \phi \dots\dots\dots(2.9)$$

Sehingga, daya nyata (VA) :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

$\cos \phi$  pada persamaan diatas merupakan factor daya, dimana factor daya adalah perbandingan antara daya aktif (Watt) dengan daya nyata (VA). Sebuah instalasi listrik akan semakin optimum, baik dari segi teknis maupun ekonomis, jika factor dayanya mendekati atau mencapai nilai 1.

## 2.4 FORMULA PERHITUNGAN BEBAN

Hubungan antara tegangan, arus dan hambatan dapat dilihat pada rumus hukum Ohm, sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dari persamaan (2.1), maka diperoleh :

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

V : Tegangan (Volt)

I : Arus listrik (Amper)

R : Hambatan (Ohm)

Hubungan daya listrik dan hambatan dapat dilihat pada rumus sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan mensubstitusikan antara persamaan (2.11) dengan persamaan (2.14), maka diperoleh :

$$P = ( I \cdot R ) \times I$$

$$P = I^2 \cdot R \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

P : Daya listrik (Watt)

I : Arus listrik (Amper)

R : Hambatan (Ohm)

## BAB III

# KOMPONEN DAN PERALATAN PENGAMAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

### 3.1. KABEL

Kabel merupakan salah satu sarana penting dalam instalasi listrik karena kabel menghantarkan arus ke beban yang terpasang. Oleh karena itu perlu diketahui secara pasti berapa beban yang terpasang agar kapasitas kabel memadai. Pemilihan jenis dan ukuran kabel mempertimbangkan beberapa hal:

- Electrical, meliputi ukuran konduktor, type dan tebal isolasi; bahan yang tepat untuk desain tegangan menengah dan rendah, mempertimbangkan kekuatan listrik, bahan isolasi, konstanta dielektrik dan faktor daya.
- Suhu, menyesuaikan dengan suhu lingkungan dan kondisi kelebihan beban, pengembangan dan tahanan termal.
- Mechanical, meliputi kekerasan dan fleksibilitas serta mempertimbangkan terhadap kehancuran, abrasi dan kelembaban.
- Kimiawi, stabilitas dari bahan terhadap bahan kimiawi dan cahaya matahari.

Untuk pemilihan kabel di dasarkan pada arus yang mengalir pada penghantar tersebut. Ada dua macam arus , yaitu:

Arus bolak-balik 3 phasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}E \cos \phi} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana I = Arus (Ampere)

P = Daya/Beban (Watt)

E = Tegangan antar phasa (Volt)

Cos  $\phi$  = Faktor Daya (0,8 – 1)

Arus bolak-balik 1 phasa :

$$I = \frac{P}{E \cos \phi} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dari persamaan di atas di dapat arus nominal yang tinggal di kalikan dengan safety faktor (1,7) dan hasilnya di sesuaikan dengan kabel dari jenis tabel yang di gunakan maka akan di ketahui luas penampang dari kabel yang di pakai. Pemilihan kabel juga harus di sesuaikan dengan pemilihan rating pengaman.

Macam-macam kabel, yaitu :

- NYFGbY

Kabel jenis ini biasanya digunakan untuk sirkuit power distribusi, baik pada lokasi kering ataupun basah/lembab. Dengan adanya pelindung kawat dan pita baja yang digalvanisasi, kabel ini memungkinkan ditanam langsung dalam tanah tanpa pelindung tambahan. Isolasi dibuat tanpa warna dan tiga urat dibedakan dengan non strip, strip 1 dan strip 2. Kabel ini mempunyai selubung PVC warna merah dengan penampang luar mencapai 57 mm.

- NYY

Kabel ini dirancang untuk instalasi tetap dalam tanah yang harus diberikan pelindung khusus (misalnya: duck, pipa baja, PVC atau besi baja) Instalasi ini

bisa ditempatkan diluar atau didalam bangunan baik pada kondisi basah ataupun kering. Kabel jenis ini mempunyai selubung PVC warna hitam, terdiri dari 1 - 4 urat dengan penampang luar mencapai 56 mm.

- NYM

Kabel ini hanya direkomendasikan khusus untuk instalasi tetap di dalam bangunan yang penempatannya bisa di dalam atau di luar plester tembok ataupun dalam pipa pada ruangan kering atau lembah. Kabel ini tidak di ijinakan untuk dipasang di luar ruangan yang langsung terkena panas dan hujan ataupun di tanam dalam tanah.

- NYA

Kabel jenis ini dirancang dan direkomendasikan untuk digunakan pada instalasi tetap dalam kotak distribusi atau rangkaian pada panel. Pemasangan kabel ini hanya diperbolehkan untuk tempat yang kering dan tidak di rekomendasikan bila dipasang di tempat yang basah atau lansung terkena cuaca.

- NYAF

Kabel jenis ini fleksibel dan dirancang untuk instalasi didalam pipa, duct atau dalam kotak distribusi. Karena sifatnya yang fleksibel, kabel ini sangat cocok untuk tempat yang mempunyai belokan yang tajam, Kabel dengan ukuran kurang dari 1 .5 mm hanya diperbolehkan digunakan didalam peralalan ataupun papan pengontrol dan tidak diperbolehkan dipasang untuk instalasi tetap.

- Hantaran tembaga telanjang (BBC)

Untuk saluran distribusi udara yang direntangkan diantara tiang-tiang dan isolator-isolator yang khusus dirancang untuk itu. Disamping itu juga bisa digunakan untuk hantaran pentanahan (grounding).

- Twisted cabel saluran rumah (service enterance)

Kabel jenis ini khusus digunakon untuk saluran dan jaringan distribusi ke kousumen. Dengan adanya bahan penghantar dari tembaga jenis setengah keras atau keras, maka kabel ini memungkinkan dapat di gantungantar tiang tanpa penunjang khusus. Zat karbon hitam yang terdapat pada isolasi sangat memungkinkan ketahanannya terhadap cuaca tropis.

- Twisted cabel jaringan distribusi tegangan rendah ( JTR )

Kabel jenis ini khusus digunakan untuk jaringan distribusi tegangan rendah yang jauh lebih praktis dari pada hantaran telanjang. Dengan adanya penunjang yang sekaligus sebagai netral, kabel ini memungkinkan untuk ditegangkan. Sesuai kebutuhan kabel ini bisa dilengkapi dengan saluran penerangan jalan yang biasanya terdiri dari dua urat 16 mm almunium.

- N2XSY

Kabel jenis ini sering digunakan untuk jaringan distribusi tegangan menengah. Dengan konduktor yang terbuat dari tembaga.

Arti huruf-huruf kode yang digunakan ialah :

N : Kabel jenis standard dengan penghantar tembaga

- Na : Kabel jenis standard dengan penghantar aluminium
- Y : Isolasi atau selubung PVC
- F : Perisai kawat baja pipih
- R : Perisai kawat baja bulat
- Gb : Spiral pita baja
- Re : Penghantar padat bulat
- Rm : Penghantar bulat kawat banyak
- Se : Penghantar padat bentuk sektor
- Sm : Penghantar kawat banyak bentuk sektor

### **3.2. KOMPONEN PENGAMAN INSTALASI LISTRIK**

Salah satu faktor teknis yang perlu diperhatikan dalam penyediaan dan penyaluran daya listrik adalah kualitas daya itu sendiri. Faktor kualitas daya ini meliputi stabilitas tegangan, kontinuitas pelayanan, keandalan pengaman, kapasitas daya yang memenuhi (sesuai) kebutuhan dan sebagainya.

Dalam hal keandalan pengaman tidak berarti bahwa penyediaan daya yang baik adalah penyediaan daya yang tidak pernah mengalami gangguan. Sebaliknya pengaman yang baik adalah bila setiap terjadi gangguan akan merespon alat-alat pengaman untuk segera memutuskan hubungan (trip) sehingga bahaya terbakar atau bahaya yang lainnya dapat dihindarkan.

Jenis gangguan yang seringkali terjadi pada suatu sistem yang bekerja normal adalah gangguan beban lebih dimana arus yang lewat pada peralatan pembatas arusnya melebihi harga batas (Rating). Sedangkan jenis gangguan lain yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat. Secara umum arus gangguan yang terjadi pada gangguan ini jauh lebih besar dibanding rating nominalnya.

Fungsi dari pemutus daya :

- Isolasi, memisahkan isolasi dari catu daya listrik untuk pengaman
- Proteksi, pengaman terhadap kabel, peralatan listrik manusia dari gangguan yang terjadi.
- Kontrol, membuka dan menutup rangkaian untuk mengontrol dan perawatan.

### 3.2.1. Pengaman Lebur (*Fuse*)

Pengaman lebur berfungsi untuk mengamankan sistem instalasi dari kemungkinan terjadinya hubung singkat atau beban lebih. Bekerja berdasarkan besar arus yang melewatinya, jadi ketika besarnya arus yang lewat melebihi nilai yang tertera pada badan pengaman lebur, maka bagian dalam pengaman lebur yang menghubungkan kedua terminal langsung lebur atau meleleh. Untuk pengaman tersebut terdapat beberapa jenis, diantaranya adalah pengaman lebur dengan LBS (*Load Breaker Switch*) dan NFB (*No Fuse Breaker*).

Untuk membedakannya dari circuit breaker, pengaman lebur memiliki ciri spesifik sebagai berikut :

- Bekerja langsung apabila batasan arus dalam rangkaian terlewati.
- Tidak mampu menghubungkan kembali rangkaian secara otomatis setelah terjadi gangguan
- Kapasitas pemutusan arus hubung singkat sampai dengan 120 kA dalam waktu dibawah 1 detik.
- Bekerja pada fasa tunggal, tidak bisa untuk 3 fasa

*Rating* pengaman lebur yang beredar di pasaran adalah :

- 6A            - 8A            - 10A            - 12A            - 16A            - 20 A  
 - 25A           - 32A           - 40A           - 50 A           - 63A           - 80A  
 - 100 A

### 3.2.2. *Circuit Breaker* (CB)

Fungsi dari komponen ini adalah untuk memutuskan atau menghubungkan rangkaian pada saat berbeban atau tidak berbeban serta akan membuka dalam keadaan terjadi gangguan arus lebih atau arus hubung singkat. Dengan demikian berbeda dengan saklar biasa, *circuit breaker* dapat berfungsi sebagai saklar dalam kondisi normal maupun tidak, serta dapat memutus arus lebih dan arus hubung singkat.

*circuit breaker* dapat dipasang untuk dua tujuan dasar, yaitu :

- Berfungsi selama kondisi pengoperasian normal, untuk menghubungkan atau memutus rangkaian dalam keadaan berbeban dengan tujuan untuk pengopersian dan perawatan dari rangkaian maupun bebannya.
- Bekerja selama kondisi opsional yang tidak normal, misalnya jika terjadi hubung singkat atau arus lebih

Arus lebih maupun arus hubungan singkat dapat merusak peralatan dan instalasi suplai daya jika dibiarkan mengalir didalam rangkaian dalam kondisi yang cukup lama.

Komponen lain yang hampir sama dengan *circuit breaker* (CB) adalah *disconnecting switch* (DS) yang dipasang untuk mewujudkan suatu pemisahan dari tegangan hidup. Sesungguhnya kegunaan Disconnecting Switch muncul saat dilakukan maintenance pada CB. Jadi DS tidak untuk memutus arus nominal dan arus short circuit.

Jenis *circuit breaker* yang banyak digunakan untuk perlengkapan instalasi listrik, yaitu :

a) *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

*Miniature Circuit Breaker* (MCB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. MCB merupakan kombinasi fungsi fuse dan fungsi pemutus arus. MCB dapat digunakan sebagai pengganti fuse yang dapat juga untuk mendeteksi arus lebih.



Gambar.3.1. MCB 1 Phasa & 3 Phasa

b) *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB)

Moulded Case Circuit Breaker (MCCB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. MCCB mempunyai unit trip dimana dengan adanya unit trip tersebut kita dapat mengeset Ir

(merupakan pengaman terhadap arus lebih) dan  $I_m$  (merupakan pengaman terhadap arus short circuit)



Gambar.3.2. MCCB 3 Pole & 4 Pole.

c) *Air Circuit Breaker (ACB)*

Air Circuit Breaker (ACB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan hampir sama dengan MCCB tetapi medianya menggunakan udara.



Gambar.3.3. Air Circuit Breaker (ACB)

Untuk mengetahui rating dan pengaman yang dipakai dapat diketahui dari arus nominal yang melalui saluran tersebut kemudian disesuaikan dengan ranting dari katalog. Dan perlu diketahui pula arus short circuitnya.

$$I_{sc} = \frac{I_L}{\%Z} \dots\dots\dots (3.3)$$

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat prospektif pada titik instalasi (kA).

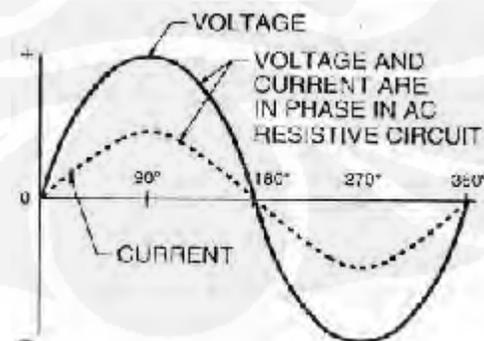
$I_L$  = Arus beban.

$\%Z$  = Per unit transformer impedansi.

### 3.3. KARAKTERISTIK BEBAN LISTRIK

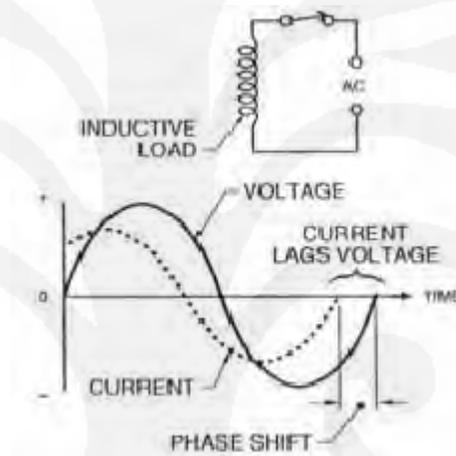
Dalam sistem listrik arus bolak-balik (AC), dapat diklasifikasikan 3 macam beban yaitu :

1. Beban resistif (R) yaitu beban yang hanya terdiri dari komponen tahanan Ohm saja (*resistance*), seperti elemen pemanas (*heating element*) dan lampu pijar. Beban ini hanya mengkonsumsi daya aktif saja dan mempunyai faktor daya bernilai satu.



Gambar.3.4. Resistive Circuit AC Sine Wave.

2. Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti *coil*, transformator dan solenoida. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (*phase shift*) pada arus sehingga bersifat *fagging*. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan mengakibatkan fasa arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan.



Gambar.3.5. Inductive Circuit AC Sine Wave.

Untuk menghitung besarnya *inductive reactance* ( $X_L$ ), dapat digunakan rumus :

$$X_L = 2.\pi.f.L \dots\dots\dots (3.4)$$

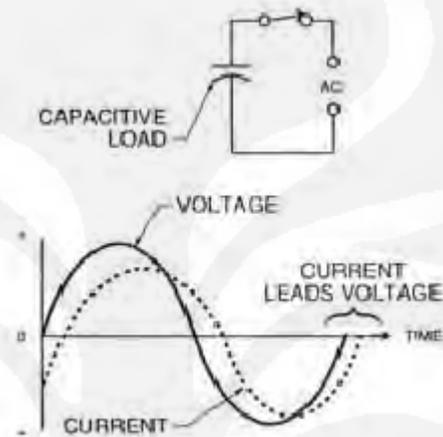
Dimana :

$X_L$  = Inductive reactance ( $\Omega$ )

f = Frequency (Hz)

L = Inductance (Henry)

3. Beban kapasitif yaitu komponen yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian elektrik (*electrical discharge*) dalam suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus menjadi leading terhadap tegangan.



Gambar.3.6. Capacitive Circuit AC Sine Wave.

Untuk menghitung besarnya *capacitive reactance* ( $X_c$ ), dapat digunakan rumus :

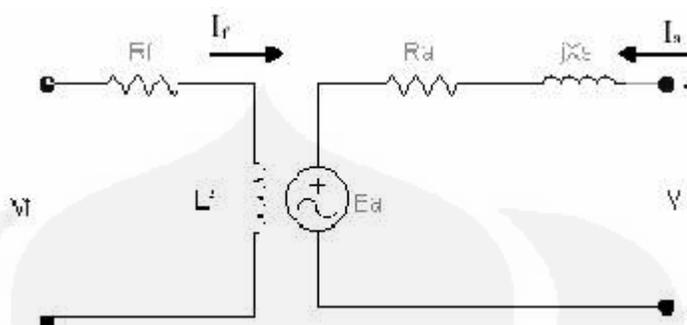
$$X_c = 1/2.\pi.f.C \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana :

$X_c$  = Capacitive reactance ( $\Omega$ )

f = Frequency (Hz)

C = Capacitance (Farad)



Gambar.3.7. Contoh Rangkaian Ekuivalen Motor Sinkron.

### 3.4. KAPASITOR BANK

Beban-belan yang tersambung pada saluran tenaga listrik sebagian besar adalah beban induktif, dimana beban-belan induktif ini menyebabkan pemakaian daya semu menjadi berlebih dan tegangan pada jaringan menjadi turun. Hal tersebut disebabkan turunnya faktor daya pada jaringan, yang disebabkan oleh beban tersebut. Begitu juga beban-belan/pelanggan listrik yang mempunyai daya besar yang mempunyai beban induktif dapat mengurangi faktor daya sehingga pemakaian daya semu sangat berlebihan, hal ini sangat merugikan beban/pelanggan tersebut. Kapasitor, dapat membangkitkan daya reaktif kapasitif yang dibutuhkan untuk mengkompensir daya reaktif induktif dari beban, pemasangannya dapat dilakukan pada tegangan menengah maupun tegangan rendah.

Bila dilihat pada penampilannya, kapasitor tersebut merupakan peralatan yang terdiri dari dua buah pelat metal yang dipisahkan satu sama lain dengan bahan isolasi. Bagian penghantar biasanya dibuat dari lapisan alumunium murni atau semprotan logam. Untuk semua kapasitor yang berdielektrik kertas, pada umumnya digunakan askarel sebagai pematat. Dalam prakteknya, kapasitor ini di desain dapat menahan kuat medan berkisar 15 kV per centi meter. Rugi dayanya berkisar antara 2,4-3,5 Watt/KVAR. Lapisan kertas tipis/tissue tersebut ketebalannya sekitar 10-16 mm. Kombinasi antara keduanya digulung berbentuk silinder, biasanya untuk kapasitor daya beberapa silinder tersebut dipadatkan dalam bentuk segi empat dan dimasukkan dalam selubung/casing kapasitor.

# BAB IV

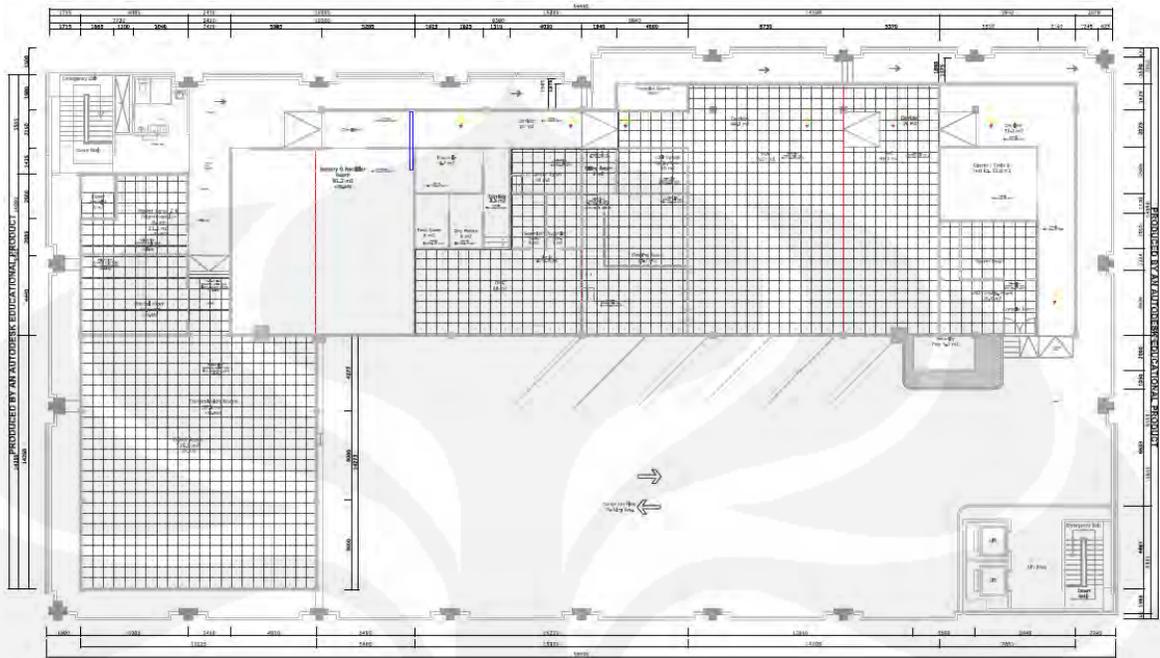
## ANALISIS SISTEM SUPLAI DAYA INSTALASI LISTRIK TENAGA PADA GEDUNG PT.SMART TELECOM

### 4.1 UMUM

Gedung komersial ini merupakan gedung *Mobile Switching Network* (MSC) dan pusat pengolahan data salah satu perusahaan telekomunikasi yang berlokasi di tengah ibukota Jakarta dengan luas 1200 M<sup>2</sup> yang memiliki beberapa ruangan. Adapun ruangan tersebut antara lain :

Tabel 4.1. Kebutuhan daya gedung PT.Smart Telecom

No	Nama Ruangan	Luas Ruangan ( M2)	Lampu Penerangan		Tata Udara	
			Intensitas Cahaya (lx)	Kebutuhan Daya (Watt)	Kapasitas (Btu/h)	Kebutuhan Daya (Watt)
1	Ruang Inti & Transmisi	190	350	3034	152000	14592
2	Ruang Nortel	35	350	656	28000	2688
3	Ruang Panel Daya 1	5	350	82	3500	336
4	Ruang Panel Daya 2 & Interkoneksi	21	350	738	16800	1612,8
5	Ruang Battery & Rectifier	84	350	1476	67200	6451,2
6	Ruang Server IT	10	350	246	8000	768
7	Ruang Filling	5	350	82	3750	360
8	Ruang OMC	85	350	1476	63750	6120
9	Ruang Peralatan Call Center	10	350	246	8000	768
10	Ruang BSS & VAS	150	350	2460	120000	11520
11	Ruang Peralatan VSAT & Server	36	350	656	28800	2764,8
12	Ruang Peralatan Test & Spares/Tool	22,5	350	820	18000	1728
13	Ruang Meeting & Office	50	350	902	37500	3600
14	Ruang Istirahat, Dapur & Toilet	35	250	640	4200	403,2
15	Musholla	10	250	164	8000	768
16	Koridor	150	150	1300	120000	11520
17	Pos Security	7	200	82	5600	537,6



Gambar 4.1. Denah ruangan

Sistem distribusi tenaga listrik di gedung komersial ini menggunakan sistem mesh, dikarenakan beban pada gedung ini memerlukan tingkat kehandalan yang tinggi untuk memenuhi kontinuitas penyaluran dayanya agar tetap terjamin. Suplai listrik gedung komersial ini memiliki 6 sumber yang bertujuan apabila salah satu sumber mengalami gangguan maka beban dapat di suplai dari sumber yang tidak mengalami gangguan. Sedangkan untuk beban/peralatan yang sangat vital terdapat UPS yang digunakan untuk memback up suplai pada selang waktu terjadi pemindahan dari PLN ke diesel genset.

#### 4.2. KEBUTUHAN LISTRIK PADA GEDUNG KOMERSIAL

Kebutuhan daya beban harian berdasarkan dari data beban pada main distribution panel (MDP) selama 12 hari dapat di simpulkan daya beban maksimal ialah 396 KVA ( $I_{maks} = 600 \text{ Amp}$  ;  $Pf = 0,95$ ). Data – data sebagai berikut :

Tabel 4.2. Data beban harian, hari 1 s/d 4

Tgl	Hari	Jam (wib)	MDP														Teknisi												
			Voltage			A			Max KA/Day	kVA			Max kVA/Day (LWBP)	Max kVA/Day (WBP)	kVA R S T			Cos φ	Freq (Hz)										
			R	S	T	R	S	T		R	S	T			R	S				T									
1	Wednesday	6:00	393	395	392	454.1	488.6	469.3	543,30	103.1	108.6	106.1	349,5	345,2	331,1	332,8	26	33	33	0,95	50,16	Sugi							
		9:00	387	389	387	451.1	481.5	461.5		100	100	105					23	32	30	0,96	29,9	Iwan							
		12:00	389	391	388	481.1	529	491.4		112,2	122,1	115,2					24	35	36	0,96	49,82	Iwan							
		15:00	386	388	388	504.9	543.3	495.2		109,7	116,2	108,8					25	33	33	0,96	50,02	Tomo							
		18:00	395	397	395	486.7	529.4	482.9		114,4	120,3	110,5					31	39	37	0,95	50,1	Tomo							
		21:00	397	399	396	483.6	506.2	483		110,4	112,1	108,6					29	34	26	0,95	50,07	Tomo							
		0:00	394	396	394	477.6	498.7	470.7		111,3	113,8	107,7					30	37	34	0,95	49,73	Sugi							
		3:00	397	398	396	460.6	488	468.7		106	109.8	100.3					27.7	34.9	32.4	0,95	49,93	Sugi							
		2	Thursday	6:00	395	397	395	461.3		490.5	467.3	550,80					107.2	113.6	111	358,9	350,7	339,5	334,1	28.6	36.9	34.1	0,95	49,96	Sugi
				9:00	387	389	387	485.5		527.2	488.5						111.4	119	112.1					28	37.2	34.3	0,95	49,99	Rudi
				12:00	389	392	390	512.8		550.8	501.1						114.8	121.5	112.8					32.1	42.1	38.5	0,95	50,05	Tomo
				15:00	394	396	394	511.2		542.7	488.7						118.2	126.4	114.3					34.6	39.8	34.6	0,95	50,06	Tomo
18:00	395			396	394	512.6	541.8	488.7	118.4	118.4	113.9		28.5	31.5	33.3	0,95	49,84	Tomo											
21:00	399			399	397	485	507.6	477.6	112.7	118.2	108.6		28.4	35.8	32.3	0,95	49,9	Sugi											
0:00	398			399	396	480.5	500.6	470.7	112.8	112.6	108.7		28	35.4	31.9	0,95	49,91	Sugi											
3:00	396			398	395	471.7	497.7	469.6	107.3	112.5	105.8		28	38	35	0,95	50,06	Sugi											
3	Friday			6:00	393	395	393	471.10	499.90	469.80	542,70		112.1	117	110.5	365,6	337,9	316,2	316,5					28.3	30.4	30.2	0,95	50,4	Rudi
				9:00	389	391	389	497	521	498			115	120.2	115.2									30	37	34	0,95	49,73	Rudi
				12:00	394	396	394	511.2	542.7	488.7			112.7	118.2	108.6									29.2	36.7	36.7	0,95	50,01	Iwan
				15:00	391	393	392	495.7	520.9	501.9			119.2	127.5	118.9									28	36.2	33.4	0,95	50,1	Iwan
		18:00	394	396	394	490	509.3	483.9	106.5	103.9		105.8	25.6	31.9	31.3					0,96	50,21	Iwan							
		21:00	394	395	393	485.1	507	477.2	106.9	106.3		103.3	27.3	34.1	26.6					0,96	50,06	Tomo							
		0:00	393	395	392	476.9	502.1	472.8	104.6	108.1		104.5	24.5	33.4	29.8					0,95	50,05	Tomo							
		3:00	395	397	394	458.6	483.4	457.8	107.4	116.6		109.2	22.3	38.1	33.1					0,95	50,27	Tomo							
		4	Saturday	6:00	396	398	395	457.7	485.1	457.2		516,60	109.1	111.1	108.3					338,2	325,6	327,9	338,2	27.5	28	30.9	0,96	50,13	Rudi
				9:00	396	398	395	409.9	512.2	479			103.3	107.1	105.7									23.4	31.6	37.9	0,96	49,88	Pur
				12:00	393	395	392	474.1	508.1	485.8			108	115.4	109.3									26.8	36.2	35.3	0,95	49,87	Pur
				15:00	395	397	394	470.6	508.2	476			106.1	112.3	107.2									25.3	33.8	32.9	0,95	49,97	Tomo
18:00	393			395	391	473.3	516.6	479.2	105.2	114.2	108.5		25.2	32.1	35.6	0,95	50,13	Tomo											
21:00	391			394	390	474.9	507.9	477.6	109.2	118.8	110.2		27.2	36.1	35.1	0,96	49,96	Tomo											
0:00	394			397	392	470.2	507.8	471.1	104.2	110.9	106.1		26.4	35.6	32.6	0,95	50,09	Tomo											
3:00	397			399	395	450.9	492.5	462.7																					

Tabel 4.3. Data beban harian, hari 5 s/d 8

Tgl	Hari	Jam (wib)	MDP														Teknisi												
			Voltage			A			Max KA/Day	kVA			Max kVA/Day (LWBP)	Max kVA/Day (WBP)	kVA R S T			Cos φ	Freq (Hz)										
			R	S	T	R	S	T		R	S	T			R	S				T									
5	Sunday	6:00	397	399	396	449.5	491.5	463.5	509,80	104.9	113.1	107.4	345,5	335,3	334,2	308,7	27.2	37.4	34.7	0,96	50,3	Tomo							
		9:00	397	389	387	471.4	504.8	481.6		103.5	106.9	103.9					24.8	29.7	27.6	0,96	50,16	Sugi							
		12:00	392	393	392	477.9	508.1	485.2		113.7	116.9	114.9					29.3	37.3	37.1	0,95	49,81	Sugi							
		15:00	391	393	392	495.3	507	474.6		114.3	117.3	110.8					29.8	36.8	34.1	0,95	50,02	Iwan							
		18:00	392	394	391	488.1	509.8	471.9		113.6	113.4	108.3					27.2	34.8	33.2	0,95	50	Iwan							
		21:00	392	394	391	481.7	500.7	466.9		110.9	116.8	106.5					28.1	37.5	33.7	0,95	50,06	Iwan							
		0:00	398	400	397	479.7	500.6	469.7		104.5	104.3	99.9					25.2	30.5	28	0,96	50,18	Tomo							
		3:00	393	394	392	463.3	494.3	457.7		105.5	109.7	103.8					25.9	34.4	30.8	0,96	49,88	Tomo							
		6	Monday	6:00	392	393	391	456.7		491	456.8	533,00					107.8	113.1	106.6	337,2	337,2	315,6	316,5	27.4	36.9	34.6	0,95	50,11	Tomo
				9:00	386	388	386	480		520	491.5						105.8	114.3	107.8					35.6	33.2	30.6	0,96	49,94	Sugi
				12:00	388	390	388	488.7		533	487.3						107.2	111.4	106.6					25.3	33.5	32.2	0,96	49,93	Sugi
				15:00	387	390	387	476.2		526.7	480.4						105.6	113.6	105.8					26.4	35.1	30.2	0,95	50,1	Iwan
18:00	395			396	394	462	502.5	485	109.3	119.1	108.8		28.4	39.5	35.2	0,95	49,86	Iwan											
21:00	398			399	397	458.5	497	457.2	103.2	108.7	103.7		24.6	34	31.1	0,95	50,35	Iwan											
0:00	398			399	396	460.9	496.3	451.6	104.6	110.9	101		26.8	36.2	32.4	0,95	50,02	Tomo											
3:00	396			397	395	455.3	488.6	444.4	99.5	103.4	97.9		24.4	31.2	27.6	0,96	49,86	Tomo											
7	Tuesday			6:00	392	394	392	459.6	493.9	452.1	531,40		103.4	110.9	102.5	340,2	330,5	337	332					23.1	31.9	29	0,95	50,32	Tomo
				9:00	386	389	386	477.2	521.4	479.2			107.5	109.2	104.7									24.4	33.1	31.8	0,96	51,13	Rudi
				12:00	392	394	392	482	531.4	483			110.8	118.7	110.7									26.1	35	33	0,95	49,91	Sugi
				15:00	394	392	392	459.6	493.9	452.1			107.5	109.2	104.7									26.1	35	33	0,95	49,91	Sugi
		18:00	393	395	393	480.1	523	479.3	108.2	112.5		109.8	28	37.8	33.5					0,95	50,07	Sugi							
		21:00	397	398	396	477.2	505.7	470.6	111.3	115.2		110.5	28.6	35.1	34.2					0,95	50,01	Iwan							
		0:00	396	398	395	462	498	466.2	109.5	113.2		109.3	28.1	37	35.7					0,95	50,23	Iwan							
		3:00	397	399	397	457.7	478.9	453.7	104.7	106.3		102.8	24.3	33.1	30.7					0,95	50,15	Iwan							
		8	Wednesday	6:00	391	392	390	462.9	490.3	462.9		521,80	101.6	107.1	102.7					349,5	313,4	322	332	22.8	31.5	28.4	0,96	50,12	Iwan
				9:00	389	391	388	465.2	500.2	470.5			101	105.9	100.9									27.7	36.2	33.5	0,95	50,05	Pur
				12:00	393	394	393	476.2	521.8	478.7			113.3	123.5	112.7									29.2	39.8	35.7	0,95	50,02	Sugi
				15:00	393	395	393	482.5	520.4	478			102.5	109.5	101.4									24.1	33.7	38.6	0,96	50,15	Sugi
18:00	393			394	393	471.4	515.5	471.5	106.3	110.7	105		26.5	34.6	32	0,95	50,16	Sugi											
21:00	394			395	393	462.8	499.5	460.8	107.1	116.6	108.3		26.5	37.1	33.5	0,95	49,98	Sugi											
0:00	398			399	396	450.2	487.8	450.4	104.1	107.5	102.2		25.6	34.8	30.8	0,95	49,94	Iwan											
3:00	396			397	395	458.2	495	455.7																					

Tabel 4.4. Data beban harian, hari 9 s/d 12

Tgl	Hari	Jam (wib)	MDP															Teknisi			
			Voltage			A			Max kA/Day	kVA			Max kVA/Day (L/WBP)	kVA			Cos Φ		Freq (Hz)		
			R	S	T	R	S	T		R	S	T		R	S	T					
9	Thursday	6:00	395	396	393	448.7	494.3	444.2	<b>582,50</b>	97.7	106.3	97.8	<b>343,9</b>	23.3	34.6	24.2	0.95	49.88	Iwan		
9:00		396	397	394	532.4	582.5	558.1	105.7		116.4	107.1	25.4		37.2	32.4	0.95				50.1	Rudi
12:00		409.7	410.1	409.9	532	582.5	558.1	111.9		120.7	111.3	24.9		23.1	31.3	0.96				51.1	Rudi
15:00		392	393	390	479.5	526	472.9	109.6		124.4	106.1	26.7		26.9	32.2	0.95				50.01	Rudi
18:00		389	389	388	482.9	511.9	471.2	107.9		111.8	105.1	27.6		35.9	31.1	0.95				49.87	Tomo
21:00		393	393	392	476.4	507.1	465	109.3		118.1	107.2	28.3		38.8	31.5	0.95				49.97	Tomo
0:00		394	395	393	468.5	510.9	464.1	102.8		111.8	104.2	24.6		33.6	28.3	0.95				49.9	Sugi
3:00		395	398	395	466.8	501.8	459.1	102.3		110.5	100.3	24.5		33.6	28.3	0.95				49.98	Sugi
10		Friday	6:00	398	399	396	460.2	499.2		441.8	<b>582,00</b>	102.3		108.7	100.2	<b>347,3</b>				23.8	34.6
9:00	388		390	388	473.1	510	415.7	112.8	113.1	110.2		25.8	35.5	31.4	0.95		49.92	Rudi			
12:00	392		394	392	532	582	550	110.7	118.4	105.9		27.2	35.1	32.2	0.95		50.11	Rudi			
15:00	392		394	392	492.2	523.4	467.8	115.7	113.1	110.3		29.2	39.4	34.1	0.95		50.01	Tomo			
18:00	390		391	291	486.1	512.4	469.4	114.2	123.5	109.6		30.1	37.5	32.8	0.95		49.91	Tomo			
21:00	393		394	393	471.6	506	453.6	111.6	118.1	105.9		28.8	36.6	30.6	0.95		49.9	Tomo			
0:00	394		395	394	467.9	494.6	452.7	108.6	115.4	103.6		28	37.8	29.5	0.95		50.1	Sugi			
3:00	397		398	396	462.8	498.5	448.4	102.7	111.3	100.4		25.8	34.5	28.8	0.95		50.04	Sugi			
11	Saturday		6:00	392	393	391	466.8	508.4	453.8	<b>532,00</b>		103.3	114.1	102.2	<b>337,3</b>		24.6	35.7	29.2	0.95	49.82
9:00		388	390	388	473	510	457	112.8	118.4		100.2	25.8	35.1	31.4		0.96	49.97	Rudi			
12:00		392	394	392	532	528.2	530	110.7	113.1		105.9	27.3	35.1	32.2		0.96	49.86	Rudi			
15:00		395	396	395	485.8	523.9	471.7	110.1	116.9		107.1	30.2	39.4	34.1		0.95	50.23	Iwan			
18:00		395	396	395	474.6	515.8	456.8	112.6	117.1		107	29.9	37.2	32		0.96	49.78	Iwan			
21:00		398	399	398	473.3	502.4	455.9	109.3	114.8		104.1	28.8	37.7	31.1		0.96	50.15	Tomo			
0:00		395	396	394	476.5	507.7	452.2	111.9	119.1		106.3	25.5	33.3	31.6		0.95	50.03	Tomo			
3:00		398	399	398	464.6	508.5	459.5	101.3	107.1		101.9	25.2	31.1	28.7		0.95	49.86	Tomo			
12		Sunday	6:00	394	395	393	468.2	504.3	453.1		<b>582,50</b>	100.9	109.3	99.7		<b>335,3</b>	23	32.7	27.4		
9:00	388		390	388	532.4	582.5	558.1	107.4	114.4	103.7		26.1	34.9	31.4	0.96		51.13	Rudi			
12:00	390		392	390	522.6	562.5	552.2	105.6	112.6	111.7		24.9	34.8	30.3	0.96		50.91	Rudi			
15:00	388		389	387	484.7	532.7	473	110.1	118	107.2		25.9	34.7	31.2	0.96		50.03	Iwan			
18:00	387		388	387	483.6	524.9	470.9	106.7	116	107.1		26.3	34.8	30.6	0.96		49.83	Iwan			
21:00	392		393	392	470.3	499.4	453.1	103.1	110.5	100.9		26.2	36.4	28	0.96		49.96	Iwan			
0:00	397		398	396	463.9	500.9	445.7	105.9	111.6	102.6		25.9	34.2	29.3	0.95		49.76	Tomo			
3:00	393		394	393	469	500	450.3	109.1	113.6	102.1		28.6	38.2	30.6	0.95		49.95	Tomo			

Sumber-sumber suplai listrik berasal dari PLN utama dengan daya 1200 KVA yang di *back up* oleh diesel genset utama dengan daya 1735 KVA untuk menyuplai kebutuhan listrik secara keseluruhan, PLN cadangan 1 dengan daya 264 KVA yang di *back up* oleh diesel genset cadangan 1 dengan daya 385 KVA dan PLN cadangan 2 dengan daya 264 KVA yang di *back up* oleh diesel genset cadangan 2 dengan daya 385 KVA masing-masing untuk menyuplai cadangan kebutuhan listrik keseluruhan secara sebagian.

Penyaluran daya dari sumber-sumber di atas kemudian di salurkan ke main distribution panel (MDP) di ruang panel daya 2 & interkoneksi dan dari MDP daya di salurkan ke sub distribution panel (SDP) yang melayani beban seperti : AC, sentral-sentral *Mobile Switching Network* (MSC), peralatan interkoneksi, server, peralatan VSAT, komputer, lampu penerangan, pompa air bersih dan lain sebagainya. Adapun mekanisme pengoperasian penyaluran dayanya ialah sebagai berikut :

- Mekanisme 1 (kondisi normal)

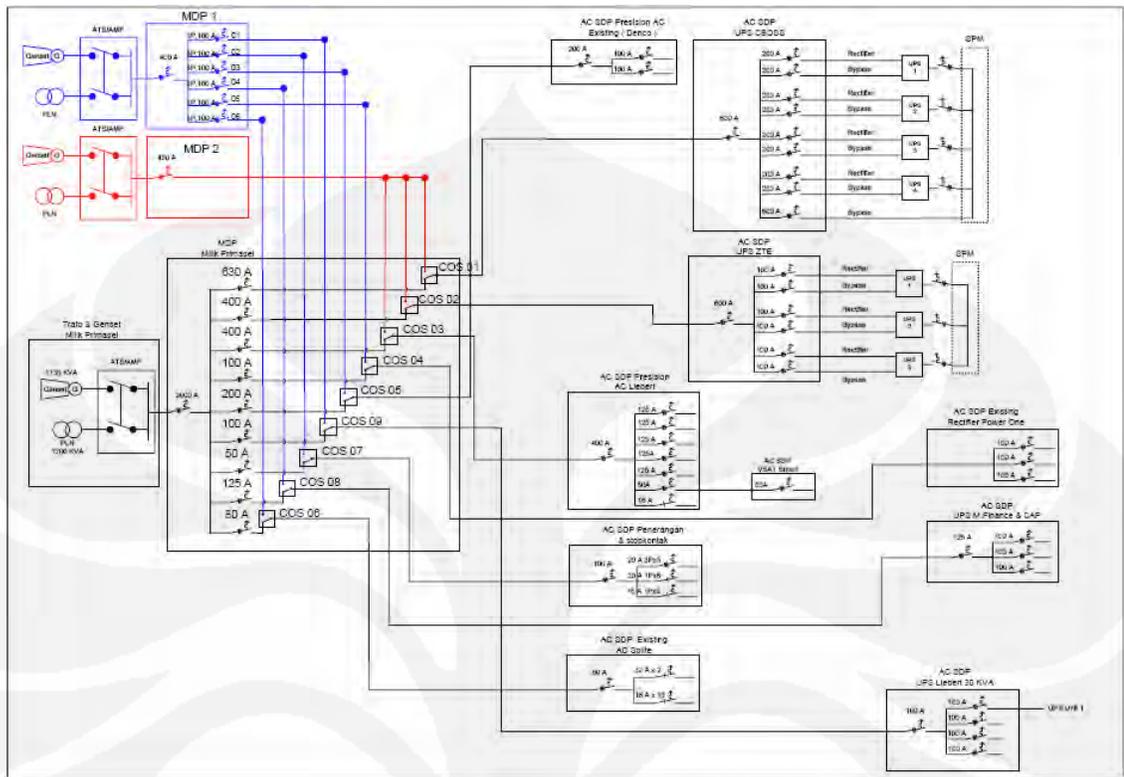
Suplai utama PLN dengan daya 1200 KVA (sumber 1), apabila suplai utama PLN gagal beroperasi maka suplai akan di ambil alih oleh diesel genset 1735 KVA (sumber 2) yang merupakan sumber listrik cadangan dan perpindahannya di lakukan secara otomatis.

- Mekanisme 2 (kondisi suplai PLN utama & diesel genset utama gagal)

Apabila suplai utama PLN - 1200 KVA & diesel genset utama - 1735 KVA gagal beroperasi maka suplai akan di ambil alih oleh PLN cadangan 1 - 264 KVA (sumber 3) dan PLN cadangan 2 - 264 KVA (sumber 4) yang merupakan sumber listrik cadangan dan perpindahannya di lakukan secara manual dengan cara mengoperasikan change over switch (COS) pada *main distribution panel* (MDP) di ruang panel daya 2 & interkoneksi.

- Mekanisme 3 (kondisi suplai PLN cadangan juga gagal)

Apabila suplai utama PLN cadangan gagal beroperasi maka suplai akan di ambil alih oleh genset cadangan 1 - 385 KVA (sumber 5) dan genset cadangan 2 - 385 KVA (sumber 6) yang merupakan sumber listrik cadangan dan perpindahannya di lakukan secara otomatis.



Gambar 4.2. Single line diagram existing

### 4.3. ANALISIS SISTEM SUPLAJ DAYA INSTALASI TENAGA

Dilihat dari data –data sistem distribusi tenaga listrik pada gedung komersial tersebut, sistem dapat lebih bisa di sederhanakan dengan kehandalan yang lebih baik dan di temukan pemborosan biaya yang seharusnya lebih bisa di efisienkan.

#### 4.3.1. Kehandalan

Di tinjau dari gambar single line diagram terlalu banyak sambungan pada sistem tersebut di karenakan oleh banyaknya jumlah peralatan listrik dan kabel listrik yang semestinya bisa lebih di sederhanakan sehingga berakibat adanya losses dan drop tegangan pada sistem tersebut. Selain itu dengan banyaknya peralatan listrik yang di gunakan, probability kegagalan pada sistem tersebut lebih tinggi, proses perawatan menjadi lebih sulit serta kegagalan sistem sulit untuk di prediksi dan perlunya operator yang mengatur secara manual untuk melakukan pemindahan suplai listrik

dari sumber – sumber listrik apabila salah satu sumber mengalami gangguan serta adanya pemborosan waktu untuk melakukan pemindahan manual tersebut oleh operator. Oleh karena itu di butuhkan sistem suplai daya instalasi tenaga yang lebih bisa di jamin kehandalannya dengan mengurangi jumlah peralatan listrik sementara beban tetap bisa dilayani dengan baik.

#### 4.3.2. Pemborosan Biaya

Di tinjau dari data-data di atas seharusnya dapat dilakukannya optimasi biaya pada sistem agar bisa lebih efisien yaitu dengan pengurangan jumlah peralatan listrik dan biaya langganan tetap bulanan pada sumber listrik PLN cadangan 1 & 2 sebesar 2 x 264 KVA.

Jumlah peralatan yang dapat di kurangi untuk sistem distribusi tenaga listrik pada gedung komersial tersebut ialah :

- Change over switch (COS) sebanyak 9 Unit ; COS 4P, 630 Amp – 1 unit, COS 4P, 400 Amp – 2 unit, COS 4P, 200 Amp – 1 unit, COS 4P, 125 Amp – 1 unit, COS 4P, 100 Amp – 2 unit, COS 4P, 80 Amp – 1 unit & COS 4P, 50 Amp – 1 unit
- Kabel – kabel instalasi power ; NYY 4 x 35 mm<sup>2</sup> , NYY 4 x 240 mm<sup>2</sup>, NYY 4 x 500 mm<sup>2</sup>.
- Komponen peralatan listrik pada MDP 1 seperti : MCCB 3P, 100 Amp sebanyak 6 unit.

Optimasi lain yang dapat dilakukan dengan mengurangi daya terpasang PLN cadangan 1 & 2 dengan masing – masing daya 264 KVA. Dengan menghilangkan daya terpasang PLN ini dapat menghemat biaya bulanan pembayaran abodemen tarif B3 dari PLN.

Estimasi pemborosan biaya yang telah dilakukan pada sistem suplai daya instalasi listrik tenaga gedung PT.Smart Telecom tersebut ialah sebagai berikut :

Tabel 4.5. Estimasi pemborosan biaya di gedung PT. Smart Telecom

No	Uraian	Sat	Qty	Harga ( Rp )	
				Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
<b>I. KOMPONEN PERALATAN LISTRIK</b>					
a.	Change Over Switch (COS)				
	- COS 4P, 630 A Merk Socomec	Unit	1	Rp 4.471.500	Rp 4.471.500
	- COS 4P, 400 A Merk Socomec	Unit	2	Rp 4.147.000	Rp 8.294.000
	- COS 4P, 200 A Merk Socomec	Unit	1	Rp 2.931.500	Rp 2.931.500
	- COS 4P, 125 A Merk Socomec	Unit	1	Rp 1.512.500	Rp 1.512.500
	- COS 4P, 100 A Merk Socomec	Unit	2	Rp 1.447.600	Rp 2.895.200
	- COS 4P, 80 A Merk Socomec	Unit	1	Rp 1.135.200	Rp 1.135.200
	- COS 4P, 63 A Merk Socomec	Unit	1	Rp 1.071.400	Rp 1.071.400
b.	Breaker Panel MDP 1				
	- MCCB 4P-36KA, 80-100 A / NS-100N (TM100D) Merk Merlin Gerin	Unit	6	Rp 1.400.000	Rp 8.400.000
c.	Kabel power Instalasi				
	- NYY 4 x 500 mm <sup>2</sup> Merk Kabelindo	Mtr	100	Rp 1.500.000	Rp 150.000.000
	- NYY 4 x 240 mm <sup>2</sup> Merk Kabelindo	Mtr	200	Rp 780.000	Rp 156.000.000
	- NYY 4 x 70 mm <sup>2</sup> Merk Kabelindo	Mtr	100	Rp 250.000	Rp 25.000.000
	- NYY 4 x 35 mm <sup>2</sup> Merk Kabelindo	Mtr	300	Rp 125.000	Rp 37.500.000
	- NYY 4 x 25 mm <sup>2</sup> Merk Kabelindo	Mtr	200	Rp 95.000	Rp 19.000.000
<b>Total I</b>					<b>Rp 361.711.300</b>
<b>II. ABODEMEN DAYA PLN TARIF B3</b>					
a.	Pencabutan daya terpasang PLN				
	- Biaya per Bulan Daya PLN 2 x 264 KVA	VA	528	Rp 30.000	Rp 15.840.000
<b>Total II</b>					<b>Rp 15.840.000</b>
<b>Total Pemborosan Biaya</b>					<b>Rp 377.551.300</b>

#### 4.4. OPTIMASI SISTEM SUPLAI DAYA INSTALASI TENAGA

Di lihat dari data tersebut diatas kita dapat melakukan optimasi sistem tenaga listrik pada gedung komersial di lihat dari segi kehandalan dan biaya dengan



- Mekanisme 2 (kondisi suplai PLN utama & diesel genset utama gagal)

Apabila suplai utama PLN - 1200 KVA & diesel genset utama - 1735 KVA gagal beroperasi maka suplai akan di ambil alih oleh genset cadangan 1 - 385 KVA (sumber 3) dan genset cadangan 2 - 385 KVA (sumber 4) yang merupakan sumber listrik cadangan dan perpindahannya di lakukan secara otomatis.

Estimasi biaya modifikasi yang dapat di lakukan pada sistem distribusi tenaga listrik gedung komersial tersebut agar optimal ialah sebagai berikut :

No	Uraian	Sat	Qty	Harga ( Rp )	
				Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
<b>I.</b>	<b><u>KOMPONEN PERALATAN LISTRIK</u></b>				
a.	NH FUSE				
	- NH Fuse 2000 A Merk Nora	2	Unit	Rp 570.000	Rp 1.140.000
	- NH Fuse 400 A Merk Nora	4	Unit	Rp 106.400	Rp 425.600
b.	Panel Koneksi (Busbar)	1	Unit	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
c.	Modifikasi busbar Panel MDP	1	Unit	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000
				<b>Total I</b>	<b>Rp 11.565.600</b>

Tabel 4.6. Estimasi biaya modifikasi sistem kelistrikan

Dengan penghilangan biaya abodemen daya PLN sebesar Rp. 15.840.000,- / bulan, maka dalam waktu satu bulan biaya modifikasi sistem suplai daya listrik tenaga yang membutuhkan biaya Rp.11.565.600 tersebut sudah mencapai BEP.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

1. Pemborosan biaya pada sistem suplai daya instalasi listrik di Gedung PT.Smart Telecom ialah sebesar Rp.377.551.300,-
2. Penghematan yg dapat di lakukan ialah dengan tidak berlangganan daya terpasang PLN 1 & 2 dengan masing – masing daya 264 KVA, biaya perawatan dan biaya tenaga operator. Tidak berlangganan daya PLN sebesar 2 x 264 KVA dapat menghemat biaya langganan tetap bulanan tarif B3 sebesar Rp.15.840.000,- per bulan,
3. Dengan melakukan optimasi sitem suplai daya instalasi listrik tenaga dengan melakukan pengurangan peralatan listrik pada sistem distribusi tenaga listrik gedung PT.Smart Telecom tersebut membuat sistem suplai daya instalasi listrik tenaga pada gedung tersebut mudah dalam melakukan perawatannya.

## DAFTAR PUSTAKA

Turan, Goenen, *Electric Power Distribution System*, McGraw-Hill. 1988

Pabla, *Power Distribution*, McGraw-Hill, 1981

Jones, *Distribution System Engineering*, John Wiley, 1986

E. Lakervi & EJ Holmen, *Electricity Distribution Design*, IEEE Power Engineering Network Design, 1989.

Burks, James J, *Power Distribution Engineering*. New York, Marcel Dekker, inc, 1994.

Harten, P Van, *Instalasi Listrik Arus Kuat 1* , Binacipta, 1974.

Harten, P Van, *Instalasi Listrik Arus Kuat 2* , Binacipta, 1974.

Harten, P Van, *Instalasi Listrik Arus Kuat 3* , Binacipta, 1974.

Mulyono, Nono, *Pengantar Sistem Distribusi*, Institut Sepuluh November, 1999

Panitia Revisi PUIL - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2000.