



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS PERUBAHAN LANGGANAN LISTRIK SISTEM  
TERPUSAT MENJADI SISTEM TERPISAH DI UNIVERSITAS  
INDONESIA**

**SKRIPSI**

**RUDI DARUSSALAM  
0706199861**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JULI 2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS PERUBAHAN LANGGANAN LISTRIK SISTEM  
TERPUSAT MENJADI SISTEM TERPISAH DI UNIVERSITAS  
INDONESIA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar ST**

**RUDI DARUSSALAM  
0706199861**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JULI 2009**



**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

**Nama : RUDI DARUSSALAM**

**NPM : 0706199861**

**Tanda Tangan : .....**

**Tanggal : 7 Juli 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Rudi Darussalam  
NPM : 0706199861  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : **ANALISIS PERUBAHAN LANGGANAN  
LISTRIK SISTEM TERPUSAT MENJADI  
SISTEM TERPISAH DI UNIVERSITAS  
INDONESIA**

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Budi Sudiarto ST, MT (.....)

Penguji : Prof.Dr.Ir. Rudy Setiabudi (.....)

Penguji : Ir. Amien Rahardjo, MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juli 2009

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, saya banyak mendapatkan bantuan baik materil maupun moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- Budi Sudiarto ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- Bapak Budi selaku pembimbing di lapangan kampus Universitas Indonesia;
- Ibu, Bapak, Nenek dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan doa dan motivasi;
- Sahabat seperjuangan yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini;
- Semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Harapan saya kiranya Skripsi ini dapat memberikan pengetahuan yang bermanfaat bagi saya khususnya dan pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah pada kita semua. Amin.

Depok, 7 Juli 2009

Penyusun

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

---

---

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

Nama : Rudi Darussalam  
NPM : 0706199861  
Program Studi : Teknik Elektro  
Departemen : 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 PERUBAHAN LANGGANAN LISTRIK SISTEM TERPUSAT  
MENJADI SISTEM TERPISAH DI UNIVERSITAS INDONESIA”**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : 7 Juli 2009  
Yang menyatakan

( Rudi Darussalam )

## ABSTRAK

Nama : Rudi Darussalam  
Program Studi : Teknik Elektro  
judul : **ANALISIS PERUBAHAN LANGGANAN LISTRIK SISTEM TERPUSAT MENJADI SISTEM TERPISAH DI UNIVERSITAS INDONESIA**

Universitas Indonesia (UI) merupakan salah satu pelanggan besar PLN sejak tahun 1987 dengan kapasitas daya tersambung 6300 kVA pada Tegangan Menengah 20 kV. UI memiliki 13 gardu listrik yang terhubung dengan jaringan listrik tegangan menengah melalui kabel bawah tanah. Gardu listrik tersebut berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah 380 Volt. Sebagai konsumen energi listrik, UI berkewajiban untuk menjaga dan merawat peralatan kelistrikan yang ada dalam area tanggung jawab pihak UI. Untuk menjaga tingkat keamanan dan kualitas daya listrik, maka peralatan kelistrikan yang sudah beroperasi lebih dari 20 tahun harus di regenerasi atau diganti. Agar lebih efektif dan efisien hal tersebut dapat dilakukan dengan cara berubah langganan energi listrik sistem terpusat menjadi langganan energi listrik sistem terpisah

**Kata Kunci :**

Langganan listrik sistem terpusat, langganan listrik sistem terpisah, regenerasi.

## ABSTRACT

Name : Rudi Darussalam  
Study Program: Eletrical  
Title : **ANALYSIS OF CHANGE ELECTRIC SUBSCRIBER IN  
CENTRAL SYSTEM TO DISTRIBUTE SYSTEM AT  
UNIVERSITY OF INDONESIA**

University of Indonesia is one of the big subscribe PLN since 1987 with power capacity 6300 kVA in medium voltage 20 kV. UI have 13 power stations which connected medium feeder voltage through underground cable. The Function of power station is to transform from medium voltage to low voltage 380 Volt. As the consumer, UI must maintain electric equipment in the area. To keep safety and power quality UI must regenerate the equipment higher than 20 years old. For better, effective and efficient UI must change electric subscribe from central system to distribute system.

**Key Word :**  
Central system, distributes system, regenerate.



## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pernyataan Orisinalitas.....	ii
Halaman Pengesahan.....	iii
Ucapan Terima Kasih.....	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	v
Abstrak.....	vi
Abstract.....	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel.....	xi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI.....</b>	<b>4</b>
2.1 Tipe konfigurasi Jaringan Tegangan Menengah.....	4
2.1.1 Tipe Konfigurasi Radial.....	4
2.1.2 Tipe Konfigurasi Spindel.....	5
2.1.1 Tipe Konfigurasi Ring.....	5
2.2 Tegangan Distribusi.....	6
2.2.1 Tegangan Menengah.....	6
2.2.2 Tegangan Rendah.....	6
2.2.3 Tegangan Pelayanan.....	7
2.3 Daya dan Energi Listrik.....	7
2.4 Penghantar (kabel).....	9
2.4.1 Penghantar SUTM.....	9
2.4.2 Penghantar SKTM.....	9
2.5 Penyusutan Energi Listrik Pada Jaringan Tegangan Menengah.....	10
2.5.1 Penyusutan Energi Pada Trafo Distribusi.....	11
2.5.2 Penyusutan Energi Pada Kabel.....	13
2.6 Biaya Penyambungan Listrik.....	16
2.6.1 Biaya Penyambungan.....	16
2.6.2 Uang Jaminan Langgan (UJL).....	17
2.7 Penambahan Daya Listrik Atau Penyambungan Baru .....	19
<b>BAB 3 DATA.....</b>	<b>23</b>
3.1 Jaringan Kelistrikan Tegangan Menengah di UI.....	23
3.2 Data Teknis Peralatan Kelistrikan Tegangan Menengah UI.....	26
3.2.1 Data Trafo Distribusi.....	26
3.2.2 Data Kabel Jaringan Tegangan Menengah.....	34
3.3 Pengukuran Arus Pada Masing-masing Trafo.....	35
3.4 Biaya Perawatan Rutin Tahunan.....	36

<b>BAB ANALISIS.....</b>	<b>38</b>
4.1 Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambung Listrik Tiap Gedung..	39
4.1.1 Fakultas Teknik.....	40
4.1.2 Fakultas Ekonomi.....	41
4.1.3 Fakultas Hukum dan Mesjid MUI.....	43
4.1.4 Fakultas Psikologi.....	44
4.1.5 Fakultas FISIP.....	45
4.1.6 Fakultas MIPA.....	46
4.1.7 Fakultas Kesehatan Masyarakat dan Balai Sidang.....	47
4.1.8 Fakultas Ilmu Kesehatan.....	48
4.1.9 Fakultas Ilmu Komputer.....	49
4.1.10 Fakultas Ilmu Budaya.....	50
4.1.11 Fakultas Pusat Studi Jepang.....	51
4.1.12 Gedung Rektorat dan Balairung.....	52
4.1.13 Gedung Perpustakaan Pusat.....	53
4.1.14 Lapangan Sepak Bola dan Pusgiwa .....	53
4.2 Menghitung Losses Kabel Pada Jaringan Tegangan Menengah UI.....	55
4.3 Menghitung Losses Trafo Distribusi .....	58
4.4 Peralatan Kelistrikan yang Harus Diganti.....	61
4.5 Analisis Perbandingan Langgan Listrik.....	63
4.5.1 Langgan Listrik Sistem Terpusat .....	63
4.5.2 Langgan Listrik Sistem Terpisah .....	64
<b>BAB 5 KESIMPULAN.....</b>	<b>65</b>
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konfogurasi Jaringan Radial.....	4
Gambar 2.2	Konfigurasi Jaringan Spindel.....	5
Gambar 2.3	Konfigurasi Jaringan Ring.....	6
Gambar 2.4	Segitiga Daya .....	8
Gambar 2.5	Gambar Rangkaian Ekuivalen Trafo.....	12
Gambar 3.1	Kondisi Awal Jaringan Listrik Tegangan Menengah UI.....	23
Gambar 3.2	Kondisi Existing Jaringan Listrik Tegangan Menengah UI.	25
Gambar 4.1	Denah Lokasi Fakultas Teknik .....	40
Gambar 4.2	Denah Lokasi Fakultas Ekonomi .....	42
Gambar 4.3	Denah Lokasi Fakultas Hukum dan MUI.....	43
Gambar 4.4	Denah Lokasi Fakultas Psikologi .....	44
Gambar 4.5	Denah Lokasi FISIP.....	45
Gambar 4.6	Denah Lokasi FMIPA.....	46
Gambar 4.7	Denah Lokasi FKM dan Balai Sidang.....	47
Gambar 4.8	Denah Lokasi Fakultas Ilmu Kesehatan.....	48
Gambar 4.9	Denah Lokasi Fasilkom.....	49
Gambar 4.10	Denah Lokasi FIB.....	50
Gambar 4.11	Denah Lokasi Fakultas Pusat Studi Jepang.....	51
Gambar 4.12	Denah Lokasi Rektorat dan Balairung.....	52
Gambar 4.13	Denah Lokasi Perpustakaan Pusat.....	53
Gambar 4.14	Denah Lokasi Lapangan Sepak Bola dan Pusgiwa.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tarif Biaya Uang Jaminan Langgan (UJL).....	18
Tabel 2.2	Tabel Daya Tersambung Tegangan Rendah.....	19
Tabel 2.3	Tabel Daya Tersambung Tegangan Menengah.....	20
Tabel 3.1	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.1.....	26
Tabel 3.2	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.2.....	26
Tabel 3.3	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.3.....	27
Tabel 3.4	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.4.....	27
Tabel 3.5	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.5.....	28
Tabel 3.6	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.6.....	29
Tabel 3.7	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.7.....	29
Tabel 3.8	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.8.....	30
Tabel 3.9	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.9.....	30
Tabel 3.10	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.10.....	31
Tabel 3.11	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.11.....	32
Tabel 3.12	Tabel Data Trafo Pada Gardu Listrik UI.12.....	32
Tabel 3.13	Tabel Data Kubikel 20 kV.....	33
Tabel 3.14	Tabel Pengukuran Arus Beban Pada Masing-masing Trafo.....	35
Tabel 3.15	Tabel Biaya Perawatan Rutin Peralatan Listrik.....	36
Tabel 4.1	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada Fakultas teknik.....	41
Tabel 4.2	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada Fakultas Ekonomi.....	42
Tabel 4.3	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada Fakultas Hukum dan Mesjid MUI.....	43
Tabel 4.4	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada Fakultas Psikologi.....	44
Tabel 4.5	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada FISIP.....	45

Tabel 4.6	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada FMIPA.....	46
Tabel 4.7	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada FKM dan Balai Sidang.....	48
Tabel 4.8	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada Fakultas Ilmu Kesehatan.....	49
Tabel 4.9	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di Fasilkom.....	49
Tabel 4.10	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di FIB.....	50
Tabel 4.11	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di Pusat Studi Jepang.....	51
Tabel 4.12	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di Rektorat dan Balairung.....	52
Tabel 4.13	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di Perpustakaan Pusat.....	53
Tabel 4.14	Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada Lapangan Sepak Bola dan Pusgiwa.....	54
Tabel 4.15	Tabel Losses Kabel Jaringan Tegangan menengah bagian pertama...	57
Tabel 4.16	Tabel Losses Kabel Jaringan Tegangan menengah bagian kedua.....	57
Tabel 4.17	Tabel Losses Kabel Jaringan Tegangan menengah bagian ketiga.....	57
Tabel 4.18	Tabel Losses Trafo Pada Sistem Kelistrikan UI.....	60
Tabel 4.19	Peralatan Kelistrikan yang Harus Diganti.....	61

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kelancaran aktivitas masyarakat. Penyediaan energi listrik yang andal berperan sangat vital pada pengembangan dan kestabilan pembangunan daerah, yang antara lain meliputi sektor-sektor pemerintahan, lembaga pendidikan, industri dan perencanaan prasarana pemukiman masyarakat. Penggunaan tenaga listrik pada saat ini tidak hanya digunakan untuk perusahaan-perusahaan besar, melainkan digunakan juga untuk kebutuhan masyarakat, seperti pada jasa transportasi, Perguruan Tinggi, serta peralatan rumah tangga.

Peralatan instalasi listrik yang beroperasi pada umumnya akan mengalami penurunan kualitas keandalan isolasi seiring berjalannya waktu. Di industri-industri, atau tempat lainnya yang di suplai oleh energi listrik tegangan menengah, pada umumnya kurang memperhatikan umur pakai dari peralatan instalasi listrik yang digunakan. Untuk menjaga keandalan suatu sistem energi listrik diperlukan perawatan pada peralatan listrik atau bahkan harus diganti jika sudah melewati umur pakai suatu alat.

Universitas Indonesia (UI) Depok merupakan salah satu pelanggan besar PLN, yang berlangganan energi listrik Tegangan Menengah (TM) 20.000 Volt dengan kapasitas daya tersambung sebesar 6300 kVA. Di UI sendiri jaringan kelistrikan sudah ada sejak tahun 1987, sehingga banyak peralatan-peralatan kelistrikan yang sudah tergolong tua dan selayaknya harus diganti karena sudah melewati batas umur pemakaian peralatan listrik (20 tahun).

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka saya akan membahas tentang “Analisis perubahan langganan listrik sistem terpusat menjadi sistem terpisah di Universitas Indonesia” .

## **1.2. Tujuan Penulisan**

- Melakukan analisa perubahan langganan listrik sistem terpusat menjadi langganan sistem terpisah di Universitas Indonesia Depok.

## **1.3. Batasan Masalah**

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

- Membahas tentang kebutuhan daya yang terpasang pada tiap-tiap gedung di lingkungan UI saat ini.
- Beberapa pengukuran luas gedung yang ada di lingkungan UI menggunakan bantuan software google earth.
- Tidak membahas tentang kebutuhan daya listrik dan biaya penyambungan listrik di gedung asrama UI dan gedung makara.

## **1.4. Metodologi Penulisan**

Penulisan diawali dengan pembahasan tentang jaringan tegangan menengah yang ada di UI, peralatan kelistrikan yang digunakan, umur peralatan kelistrikan, biaya untuk perawatan kelistrikan, membahas losses jaringan tegangan menengah, dan perbandingan menggunakan sistem kelistrikan terpusat tegangan menengah dan sistem kelistrikan terpisah tegangan menengah di lingkungan UI.

## **1.5. Sistematika Penulisan**

Penulisan Skripsi ini terbagi ke dalam 5 Bab, diantaranya adalah Bab 1 berisi tentang latar belakang masalah, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab 2 berisi tentang dasar teori, dimana dasar teori ini berisi tentang konfigurasi jaringan tegangan menengah, daya dan energi listrik, penghantar kabel, penyusutan energi pada jaringan tegangan menengah didalamnya termasuk penyusutan energi pada penghantar dan penyusutan energi pada trafo. Bab 3 berisi tentang data teknis diantaranya adalah jaringan kelistrikan tegangan menengah 20 kV di UI, data trafo distribusi, data kabel jaringan tegangan menengah, pengukuran arus

pada masing-masing trafo distribusi, dan biaya perawatan tahunan peralatan listrik tegangan menengah. Bab 4 berisi tentang daya yang tersambung dan biaya total penyambungan listrik tiap gedung, menghitung losses kabel pada jaringan tegangan menengah, menghitung losses trafo distribusi, peralatan kelistrikan tegangan menengah yang harus diganti, dan analisa perbandingan langganan listrik sistem terpusat dan langganan listrik sistem terpisah. Bab 5 berisi tentang kesimpulan.



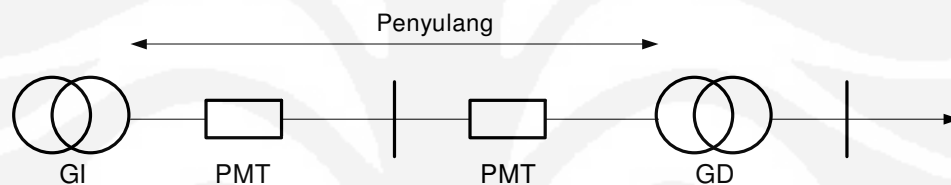


## BAB 2 DASAR TEORI

### 2.1 Tipe Konfigurasi Jaringan Tegangan Menengah

#### 2.1.1 Tipe Konfigurasi Radial

Tipe konfigurasi jaringan radial adalah sistem jaringan distribusi listrik dimana cabang – cabangnya dapat dipasok dari satu tempat atau dari dua tempat. Jaringan ini umumnya merupakan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Jaringan ini memenuhi kontinuitas penyaluran dan umumnya jaringan luar kota.



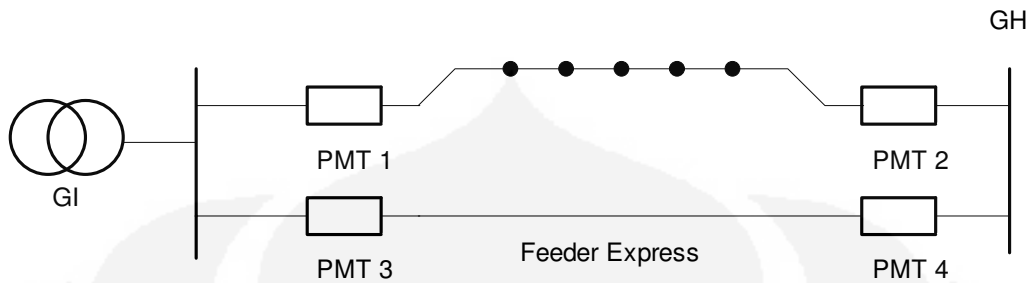
**Gambar 2.1** Konfigurasi Jaringan Radial

Adapun sifat tipe konfigurasi radial adalah sebagai berikut :

1. Bentuknya jaringannya sederhana
2. Pengaturannya lebih mudah
3. harga pembangunan dan perawatannya murah
4. Sistem kurang andal karena jika terjadi gangguan pada penyulang maka distribusi listrik akan terhenti

#### 2.1.2 Tipe Konfigurasi Spindel

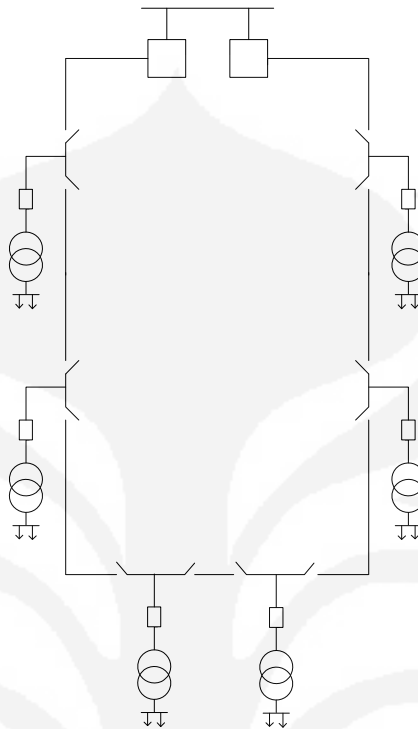
Tipe konfigurasi jaringan spindel yang merupakan saluran yang memiliki ciri dimana cabang – cabangnya disuplai dari banyak sumber serta terdiri dari beberapa Gardu Hubung (GH), biasanya jaringan spindel ini merupakan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM). jaringan ini umumnya terdapat di daerah kota – kota besar.



**Gambar 2.2** Konfigurasi Jaringan Spindel

### 2.1.3 Tipe Konfigurasi Ring

Struktur jaringan distribusi ring merupakan struktur jaringan distribusi tertutup yang dimulai dari sumber daya besar (GI) kemudian melewati beberapa gardu distribusi kemudian kembali lagi menuju sumber semula sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.3. kelebihan utama dari struktur jaringan distribusi ini adalah apabila terjadi gangguan, maka gangguan tersebut dapat diisolir sehingga tidak mengganggu jaringan distribusi secara keseluruhan. Hal ini dapat terjadi karena pada struktur jaringan distribusi ring ini terdapat dua titik yang dapat disambungkan secara bergantian atau secara bersamaan. Sehingga kontinuitas penyalurannya sudah cukup baik. Walaupun apabila terjadi gangguan pada banyak titik rangkaian, maka keseluruhan jaringan dapat terganggu juga.



**Gambar 2.3** Konfigurasi Jaringan Ring

## 2.2 Tegangan Distribusi

Tegangan untuk jaringan distribusi dapat dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

### 2.2.1 Tegangan Menengah (TM)

Tegangan menengah adalah tegangan dengan rentang nilai 1 kV sampai dengan 30 kV. Untuk di Indonesia menggunakan tegangan menengah sebesar 20 kV. Di Indonesia menggunakan tegangan menengah sebesar 20 kV. Tegangan menengah dipakai untuk penyaluran tegangan listrik dari GI menuju gardu –gardu distribusi atau langsung menuju pelanggan tegangan menengah.

### 2.2.2 Tegangan Rendah (TR)

Tegangan rendah adalah tegangan dengan nilai dibawah 1 kV yang digunakan untuk penyaluran daya dari gardu –gardu distribusi menuju pelanggan tegangan rendah. Penyalurannya dilakukan dengan menggunakan sistem tiga fasa empat kawat yang dilengkapi netral. Di Indonesia menggunakan tegangan rendah 380/220 V.

Dengan 380 V merupakan besar tegangan antar fasa dan tegangan 220 V merupakan tegangan fasa-netral.

### 2.2.3 Tegangan Pelayanan

Tegangan pelayanan merupakan ketetapan dari penyedia tenaga listrik untuk pelanggan-pelanggannya. Di Indonesia besarnya tegangan pelayanan pada umumnya antara lain :

- 220 V                    satu fasa dua kawat
- 380 / 220 V            tiga fasa empat kawat
- 6 kV                    tiga fasa tiga kawat
- 12 kV                    tiga fasa tiga kawat
- 20 kV                    tiga fasa tiga kawat

Selama beberapa tahun ini sistem distribusi mengarah pada sistem dengan tegangan yang lebih tinggi. Dengan tegangan sistem distribusi yang lebih tinggi. Dengan tegangan sistem distribusi yang lebih tinggi, maka sistem dapat membawa daya lebih besar dengan nilai arus yang sama. Arus yang lebih kecil berarti jatuh tegangan yang lebih kecil, rugi-rugi yang lebih sedikit dan kapasitas membawa daya yang lebih besar.

## 2.3 Daya dan Energi Listrik

Daya listrik dapat didefinisikan sebagai ukuran pada saat energi listrik dikonversi, besarnya adalah Watt. Daya listrik selalu akan mengalir menuju beban. Pada dasarnya beban dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu beban statis dan beban dinamis. Beban – beban ini dapat direpresentasikan sebagai impedansi tetap  $Z$ , sebagai daya tetap  $S$ , tegangan ( $V$ ) atau arus ( $I$ ) yang tetap, tetapi lazimnya pembebanan dipilih menggunakan tegangan yang konstan. Dalam Daya listrik terdapat 4 parameter atau besaran, antara lain :

Daya nyata (Watt), kadang kadang disebut daya sebenarnya atau daya rata – rata, daya listrik pada rangkaian AC adalah daya listrik yang sesungguhnya diubah

menjadi panas atau kerja, pada rangkaian DC daya dalam Watt adalah tegangan dikalikan arus. Apabila daya tersebut dikalikan waktu maka sama dengan energi.

$$P = V \times I \times \cos \phi \text{ (Watt), untuk rangkaian AC satu fasa..... (2.1)}$$

$$P = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I \times \cos \phi, \text{ untuk rangkaian AC tiga fasa..... (2.2)}$$

$$E = V \times I \times \cos \phi \times t \text{ (Watt), untuk rangkaian AC satu fasa..... (2.3)}$$

$$E = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I \times \cos \phi \times t \text{ (WattHour), untuk rangkaian AC tiga fasa..... (2.4)}$$

Daya semu adalah daya yang biasanya dikenal sebagai daya terpasang dan merupakan hasil perkalian tegangan (Volt) dan arus (I)

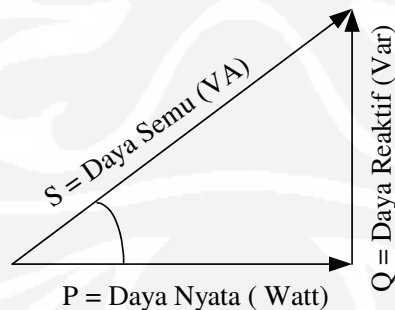
$$S = V \times I \text{ (VA), untuk rangkaian satu fasa..... (2.5)}$$

$$S = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I, \text{ untuk rangkaian tiga fasa..... (2.6)}$$

Daya reaktif (Var), adalah daya yang kelihatannya menggunakan kapasitor atau induktor serta bersifat menyimpan energi

$$Q = V \times I \times \sin \phi \text{ (Var) , unrtuk rangkaian satu fasa..... (2.7)}$$

$$Q = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I \times \sin \phi \text{ (Var), untuk rangkaian tiga fasa ..... (2.8)}$$



**Gambar 2.4** Segitiga Daya

## 2.4 Penghantar (kabel)

Dalam suatu penyulang terdapat penghantar yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik, saluran ini kemudian dibagi menjadi dua jenis yaitu Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM), masing – masing saluran menggunakan kabel yang berbeda baik dari segi spesifikasi, jenis maupun pemasangannya.

### 2.4.1 Penghantar SUTM

Penghantar SUTM dipasang di udara terbuka dengan menggunakan tiang penyangga serta lengan – lengan pemegang. Kabel – kabel yang biasa digunakan adalah :

- AAC, All Aluminium Conductor yaitu kabel yang mempunyai inti konduktor yang terbuat dari aluminium tanpa isolasi.
- AAAC, All Aluminium Alloy Conductor yaitu kabel yang mempunyai inti konduktor yang terbuat dari campuran logam aluminium tanpa isolasi.
- ACSR, Aluminium Conductor Steel Reinforced yaitu kabel yang berinti aluminium dengan selubung pita baja
- ACAR, Aluminium Conductor Alloy Reinforced yaitu kabel yang berinti aluminium dengan selubung campuran logam

### 2.4.2 Penghantar SKTM

Penghantar SKTM ini ditanam di dalam tanah dengan kedalaman tertentu oleh karena itu kabel SKTM harus memiliki konstruksi yang tahan terhadap segala tekanan dan bahaya korosi yang dapat mengurangi kemampuan hantar arusnya (KHA). Berikut ini beberapa jenis kabel yang digunakan dalam saluran kabel.

- N2XSY / NA2XSY
- N2XSEBY / NA2XSEBY
- N2XSEY / NA2XSEY
- N2XSEFGbY / NA2XSEFGbY

Keterangan kode kabel :

N	: Kabel jenis standar dengan tembaga sebagai penghantar
NA	: Kabel jenis standar dengan aluminium sebagai penghantar
NFA	: Kabel pilin jenis standar
2X	: Isolasi XLPE
S	: Lapisan Tembaga
SE	: Lapisan tembaga pada masing – masing inti
C	: Penghantar tembaga konsentris
CE	: Penghantar tembaga konsentris pada bagian luar masing-masing inti
F	: Perisai kawat baja pipih
R	: Perisai kawat baja bulat
Y	: Selubung luar PVC atau selubung dalam
Cm	: Penghantar bulat berkawat banyak dipadatkan
Rm	: Penghantar bulat berkawat banyak

## 2.5 Penyusutan Energi pada Jaringan Tegangan Menengah

Susut energi atau biasa dikatakan losses energi merupakan fenomena yang umum terjadi dimana suatu sistem tidak mungkin memiliki efisiensi 100%. Artinya selalu ada bagian dari daya yang hilang ketika disalurkan, sehingga tidak seluruh daya yang dikirimkan dapat sampai pada konsumen. Daya yang hilang dalam jumlah waktu tertentu dikatakan sebagai energi yang hilang. Penyusutan energi pada jaringan tegangan menengah dapat dibagi menjadi beberapa bagian, diantaranya :

- Penyusutan energi pada trafo
- Penyusutan energi pada kabel tegangan menengah 20 kV

### 2.5.1 Penyusutan Energi pada Trafo Distribusi

Trafo merupakan komponen dalam jaringan tenaga listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan tenaga listrik dari suatu tingkat tegangan ke suatu tingkat tegangan lainnya. Sebuah trafo terdiri atas dua pasang kumparan yang terhubung oleh medan magnetik. Medan magnet akan menghantarkan seluruh energi (kecuali pada autotransformator). Pada transformator yang ideal, tegangan pada sisi masukan dan

keluaran berhubungan dengan perbandingan lilitan dari transformator tersebut, sebagaimana dapat dituliskan dalam persamaan berikut :

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_2 \dots\dots\dots (2.9)$$

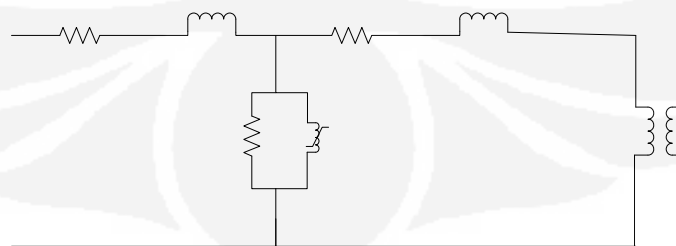
Dimana  $N_1$  dan  $N_2$  merupakan jumlah lilitan dan  $V_1$  dan  $V_2$  adalah tegangan pada kumparan 1 dan kumparan 2. Pada transformator yang sesungguhnya, tidak semua fluks berada diantara 2 kumparan tersebut dapat disalurkan. Fluks yang bocor tersebut akan menyebabkan terjadinya jatuh tegangan diantara kumparan primer dan kumparan sekunder, sehingga besarnya tegangan akan lebih akurat ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_2 - X_L I_1 \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana  $X_L$  merupakan reaktansi bocor dalam satuan ohm yang dilihat dari sisi kumparan primer, dan  $I_1$  merupakan arus yang keluar dari kumparan primer. Arus pada transformator juga dipengaruhi oleh jumlah lilitan yang ada pada transformator tersebut.

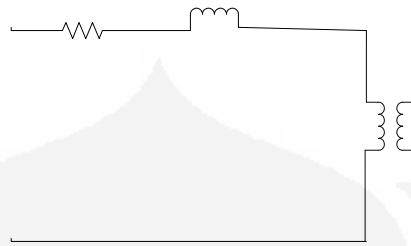
Pada gambar 2.13 menunjukan model dengan nilai impedansi tertentu pada sebuah transformator. Model yang mendetail menunjukkan serangkaian impedansi yang terdiri atas resistansi dan reaktansi. Serangkaian resistansi pada transformator sebgaaian besar merupakan resistansi kawat pada setiap kumparan. Sementara nilai reaktansi menunjukan adanya impedansi bocor. Percabangan shut merupakan cabang termagnetisasi, arus yang mengalir akan membuat inti pada transformator menjadi bersifat magnetik.

Rangkain ekivalen transformator (a)



Rangkaian ekivalen transformator sederhana (b)





**Gambar 2.5** Gambar rangkaian ekivalen transformator

Sebagian besar arus magnetisasi merupakan daya reaktif, tetapi tetap memiliki unsur daya real. Daya pada transformator dapat mengalami penyusutan pada bagian inti transformator melalui beberapa hal, diantaranya :

#### 1. Rugi Histerisis

Karena dipol-dipol magnet berubah arah, maka terjadi peningkatan panas pada inti transformator sebagai akibat adanya tumbukan antara dipol-dipol magnetik tersebut. Rugi histerisis merupakan fungsi dari volume inti, frekuensi, dan kepadatan fluks maksimum sebagaimana dituliskan pada persamaan berikut :

$$P_h = V_e f B^{1,6} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana

$V_e$  = Volume dari inti

$f$  = Frekuensi

$B$  = Kepadatan fluks maksimum

#### 2. Rugi Arus Eddy

Arus Eddy pada bahan penyusutan inti transformator akan menyebabkan rugi-rugi resistif ( $I^2R$ ). Fluks dari inti akan menginduksi arus eddy sehingga menyebabkan terjadinya perubahan kerapatan fluks pada transformator. Rugi arus eddy merupakan fungsi dari volume inti, frekuensi, dan kepadatan fluks, ketebalan lempeng, resistivitas dari material penyusun inti sebagaimana dituliskan dalam persamaan berikut :

$$P_e = V_e B^2 f^2 t^2 / r \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana

- t = ketebalan lempeng  
r = resistivitas dari material inti

Inti yang terbuat dari bahan logam amorphous akan secara signifikan mengurangi susut pada bagian inti, kurang lebih menjadi  $\frac{1}{4}$  dari susut yang terjadi pada inti yang terbuat dari bahan baja silikon, antara 0,005% sampai 0,01% dari rating transformator.

Rugi pada saat transformator dibebani, rugi ada saat transformator tanpa beban, dan harga semuanya memiliki hubungan. Ketika kita ingin mengurangi rugi-rugi saat transformator berbeban maka akan meningkatkan rugi saat transformator tidak berbeban dan begitu pula kebalikannya. Sehingga pada transformator jumlah penyusutan total yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L_{\text{total}} = P_2 F_{\text{ls}} L_{\text{load}} + L_{\text{no-load}} \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana

- $L_{\text{total}}$  = susut rata-rata (kW)  
P = beban puncak transformator, per unit  
 $F_{\text{ls}}$  = faktor susut, per unit  
 $L_{\text{no-load}}$  = susut tanpa beban (kW)  
 $L_{\text{load}}$  = susut berbeban (kW)

### 2.5.2 Penyusutan Energi pada Kabel

Pada umumnya kabel yang digunakan untuk distribusi terdiri atas konduktor fasa, kemudian terdapat pelindung yang terbuat dari semikonduktor, isolasi kabel tersebut, pelindung isolator yang terbuat dari semikonduktor, kawat netral atau pelindung, dan pada akhirnya selubung penutup. Sebagian besar kabel distribusi merupakan kabel dengan konduktor tunggal. Terdapat dua jenis kabel, yaitu dengan netral yang tersusun secara konsentrik dan kabel daya. Kabel dengan netral konsentrik umumnya memiliki konduktor yang terbuat dari aluminium, isolasi padat, dan netral yang tersusun secara konsentrik. Netral konsentrik terbuat dari beberapa kawat tembaga yang dililit mengitari isolasi.

Netral yang konsentrik merupakan netral yang sesungguhnya. Artinya kawat netral tersebut dapat membawa arus balik pada sistem pentanahan. Kabel distribusi bawah tanah untuk kawasan perumahan umumnya memiliki netral yang konsentrik. Kabel yang dilengkapi netral konsentrik juga digunakan untuk aplikasi saluran utama tiga fasa dan penyauran daya tiga fasa untuk kebutuhan industri dan kebutuhan komersial lainnya.

Sementara itu kabel daya memiliki konduktor fasa yang terbuat dari tembaga atau aluminium, isolasi padat, dan umumnya pita pelindung tipis yang terbuat dari tembaga. Untuk keperluan rangkaian distribusi, kabel daya digunakan untuk aplikasi penyulang saluran utama, penyulang rangkaian dan untuk aplikasi tiga fasa dengan arus besar lainnya. Selain dua jenis kabel utama tersebut, juga terdapat kabel untuk keperluan aplikasi dengan tegangan menengah, seperti kabel daya dengan tiga konduktor fasa, kabel yang tahan terhadap api, kabel dengan fleksibilitas tinggi, dan kabel bawah laut.

Bagian yang perlu mendapat perhatian utama dari suatu kabel adalah isolasinya. Beberapa hal kunci yang perlu mendapat perhatian di dalam isolasi kabel adalah sebagai berikut :

1. Konstanta dielektrik (permitivitas)

Faktor ini mempengaruhi kapasitas dari kabel. Konstanta dielektrik merupakan perbandingan dari kapasitansi dengan material isolasi terhadap kapasitansi dengan konfigurasi yang sama di ruang hampa. Kabel dengan kapasitansi yang lebih besar dapat menarik arus charging yang lebih besar.

2. Resistivitas volume

Arus bocor yang melalui isolasi merupakan fungsi dari resistivitas isolasi terhadap arus searah (DC). Resistivitas menurun seiring dengan kenaikan suhu isolasi pada saat ini memiliki resistivitas yang sangat tinggi sehingga hanya sedikit sekali arus resistif yang dapat mengalir dari konduktor menuju isolasi.

3. Rugi dielektrik

Seperti pada kapasitor, kebel memiliki rugi dielektrik. Kerugian ini diakibatkan oleh pergerakan dipol-dipol di dalam polimer atau sebagai akibat

dari pergerakan muatan pembawa di dalam isolasi. Rugi dielektrik memiliki kontribusi terhadap arus bocor pada kabel. Rugi-rugi dielektrik akan meningkat seiring dengan frekuensi, temperatur dan tegangan pengoperasian.

#### 4. Faktor disipasi

Faktor disipasi merupakan perbandingan arus resistif yang muncul oleh kabel terhadap arus kapasitif yang muncul. Karena arus bocor umumnya kecil, maka faktor disipasi dapat digunakan sebagai pendekatan nilai faktor daya.

Adanya jatuh tegangan di sisi penerima merupakan indikator adanya susut energi pada jaringan. Karena untuk beban-beban untuk kebutuhan suplai daya yang tetap, seperti pada motor-motor induksi, penurunan tegangan akan menyebabkan terjadinya peningkatan arus. Sedangkan sudah dibahas diawal bahwa dengan adanya arus yang besar, maka rugi-rugi saluran akibat arus ( $I^2R$ ) juga akan semakin besar, sehingga energi yang hilang pada jangka waktu tertentu juga akan besar. Hubungan antara tegangan dengan arus pada beban yang membutuhkan suplai daya tetap dituliskan dalam persamaan berikut :

$$P = V I \cos \varphi \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana

P = daya beban (Watt)

V = tegangan operasi (Volt)

I = Arus beban (Ampere)

$\cos \varphi$  = faktor daya

Ketika daya yang dibutuhkan konstan, maka penurunan tegangan akan diikuti dengan kenaikan arus.

## 2.6 Biaya Penyambungan Listrik

Untuk menjadi pelanggan PT. PLN (PERSERO), atau untuk menambah daya, pelanggan sebelumnya harus membayar sejumlah biaya. Untuk semua jenis

penyambungan baru/penambahan daya , pada dasarnya pelanggan/calon pelanggan hanya dibebani 2 (dua) macam biaya.Yaitu :(1) Biaya Penyambungan; (2) Uang Jaminan Langgan.

### 2.6.1 Biaya Penyambungan (BP)

Biaya Penyambungan (BP) tenaga listrik adalah seragam untuk semua pelanggan atau calon pelanggan. Seragam, sekalipun untuk penyambungan itu misalnya diperlukan perluasan jaringan dan/atau pembangunan gardu. Jadi, terhadap calon pelanggan tidak dikenakan biaya perluasan jaringan maupun biaya pembangunan gardu. Karena itu, adalah illegal/tidak syah jika ada yang bilang bahwa untuk penyambungan tenaga listrik dari PT. PLN (PERSERO) ada calon pelanggan yang harus membayar uang pembangunan gardu, perluasan jaringan, atau mengganti trafo yang sudah overload.

Untuk biaya penyambungan dirinci sebagai berikut :

1. Sambungan 1 fasa atau 3 fasa dengan pembatasan daya dan pengukuran TR :
  - Daya tersambung dari 250 VA s.d 2.200 VA, dikenakan sebesar Rp 150,00 per VA
  - Daya tersambung dari 2201 VA s.d 200 kVA termasuk untuk sambungan rumah tangga golongan tarif R-3 dengan daya diatas 200 kVA, dikenakan sebesar Rp 200,00 per VA
2. Sambungan 3 fasa dengan pembatasan daya dan pengukuran TM dengan daya tersambung 201 kVA ke atas, dikenakan sebesar Rp 125,00 per VA
3. Sambungan 3 fasa dengan pembatasan daya dan pengukuran TT dengan daya tersambung 30.000 kVA ke atas, dikenakan sebesar Rp 100,00 per VA
4. Sambungan 1 fasa dengan pembatasan daya dan pengukuran TR di bangunan pelanggan :

- Khusus tarif S-1 s.d 220 VA dikenakan sebesar Rp 30.000,00 per sambungan
- Untuk penambahan daya dari golongan tarif S-1 (tanpa meter) menjadi 450 VA atau 500 VA (dengan meter) dikenakan sebesar Rp 20.000,00 per sambungan

#### 2.6.2 Uang Jaminan Langgan (UJL)

Kepada setiap pemohon tenaga listrik dikenakan Uang Jaminan Langgan (UJL). Uang Jaminan Pelanggan (UJL) ini dibayar lunas sebelum proses pelaksanaan penyambungan baru atau penambahan daya dilakukan. Sesuai dengan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No: 76 K/49/M.PE/1993, tanggal 7 Januari 1993, atas dasar Uang Jaminan Langgan tersebut tidak diberikan bunga.

Untuk perubahan/penambahan daya, Uang Jaminan Langgan diperhitungkan atas daya terakhir dikalikan dengan besar harga satuan Uang Jaminan Langgan (UJL), dikurangi dengan Uang Jaminan Langgan (UJL) yang telah dibayarkan kepada PT. PLN (PERSERO). Besarnya Uang Jaminan Langgan (UJL) itu dapat dilihat pada tabel 2.1.

Uang Jaminan Langgan pada dasarnya merupakan milik pelanggan. Kapan Uang Jaminan Langgan itu dibayarkan kembali, Uang itu akan dibayarkan kembali kepada pelanggan jika:

1. Pelanggan mengakhiri Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik, baik atas permintaan pelanggan maupun karena hal lain. Syaratnya, pelanggan menunjukkan kuitansi aslinya, dan besarnya akan diperhitungkan dengan rekening listrik atau semua hutang pelanggan kepada PT. PLN (PERSERO) yang belum dilunasi.
2. Pelanggan minta turun daya, dan jika ternyata UJL untuk daya yang dikehendaki lebih kecil dari UJL yang ada.

**Tabel 2.1** Tarif Biaya Uang Jaminan Langgan (UJL).

NO	GOL TARIF	UANG JAMINAN	UANG JAMINAN
		PELANGGAN POLA A Rp / VA	PELANGGAN POLA B Rp / VA
1	S-1	Rp 27,50	Rp 55,00
2	S-2	Rp 33,00	Rp 66,00
3	S-3	Rp 45,00	Rp 90,00
4	R-1	Rp 45,00	Rp 90,00
5	R-2	Rp 81,00	Rp 162,00
6	R-3	Rp 82,50	Rp 165,00
7	B-1	Rp 65,50	Rp 127,00
8	B-2	Rp 81,00	Rp 162,00
9	B-3	Rp 75,00	Rp 150,00
10	I-1	Rp 45,00	Rp 90,00
11	I-2	Rp 60,00	Rp 118,00
12	I-3	Rp 65,00	Rp 130,00
13	I-4	Rp 65,50	Rp 133,50
14	P-1	Rp 70,00	Rp 140,00
15	P-2	Rp 50,00	Rp 100,00
16	P-3	Rp 112,50	Rp 225,00

UJL pola A dikenakan pada pelanggan yang pembuatan rekeningnya menggunakan pola A, yaitu :

- Periode pemakaian listrik dimulai dalam bulan
- Rekening listriknya dihitung dan dicetak sebagai rekening bulan N+1
- Ditagihkan dalam bulan N+1

UJL pola B dikenakan pada pelanggan yang pembuatan rekeningnya menggunakan pola B, yaitu :

- Periode pemakaian listrik dimulai dalam bulan N
- Rekening listriknya dihitung dan dicetak sebagai rekening bulan N+1

- Ditagihkan dalam bulan N+2

## 2.7 Penambahan Daya Listrik atau Penyambungan baru

Bagi pelanggan atau calon pelanggan yang ingin menambah daya atau menginginkan penyambungan baru. PLN menyediakan bermacam-macam besarnya daya yang diperlukan pelanggan dan calon pelangga. Seperti standardisasi daya tersambung sebagai berikut :

Sistem tegangan 220 V untuk satu fasa dan 380 V untuk 3 fasa.

**Tabel 2.2** Tabel Daya Tersambung Tegangan Rendah

Daya Tersambung (VA)	Ukuran Pembatas (Ampere)	Daya Tersambung (VA)	Ukuran Pembatas (Ampere)
450	1 x 2	23000	3 x 35
900	1 x 4	33000	3 x 50
1300	1 x 6	41500	3 x 63
2200	1 x 10	53000	3 x 80
3500	1 x 16	66000	3 x 100
4400	1 x 20	82500	3 x 125
5500	1 x 25	105000	3 x 160
7700	1 x 35	131000	3 x 200
11000	1 x 50	147000	3 x 225
13900	1 x 63	164000	3 x 250
17600	1 x 80	197000	3 x 300
22000	1 x 100	233000	3 x 355
3900	3 x 6	279000	3 x 425
6600	3 x 10	329000	3 x 500
10600	3 x 16	414000	3 x 630
13200	3 x 20	526000	3 x 800
16500	3 x 25	630000	3 x 1000

Tabel diatas adalah tabel untuk standar tegangan rendah (daya 197 kVA ke bawah), khusus untuk daya diatas 197 kVA standar tegangan rendah hanya disediakan untuk tarif R-3

Untuk pelanggan yang menginginkan suplai tegangan menengah, dapat memilih daya yang sesuai di bawah ini :

**Tabel 2.3** Tabel Daya Tersambung Tegangan Menengah

Daya Tersambung	Ukuran Pembatas	Daya Tersambung	Ukuran Pembatas
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------



(kVA)	(Ampere)	(kVA)	(Ampere)
210	6	2335	67.5
245	7	2425	70
275	8	2595	75
310	9	2770	80
345	10	2855	82.5
380	11	3030	87.5
415	12	3115	90
485	14	3465	100
520	15	3635	105
555	16	3805	110
605	17.5	3895	112.5
625	18	4150	118
690	20	4240	122.5
725	21	4330	125
760	22	4670	135
780	22.5	4845	140
830	24	5190	150
865	25	5450	157.5
935	27	5540	160
950	27.5	5710	165
970	28	6055	175
1040	30	6230	180
1110	32	6660	192.5
1140	33	6930	200
1210	35	7265	210
1245	36	7915	220
1385	40	7785	225
1455	42	8305	240
1525	44	8660	250
1560	45	9345	270
1660	48	9515	275
1730	50	9690	280
1815	52.5	10380	300
1870	54	10900	315
1905	55	11420	330
2075	60	12110	350
2285	66	13320	385

Sumber : [www.plnjaya.co.id](http://www.plnjaya.co.id) (Tahun 2009)



## **BAB 3 DATA**

### **3.1 Jaringan Kelistrikan Tegangan Menengah di UI**

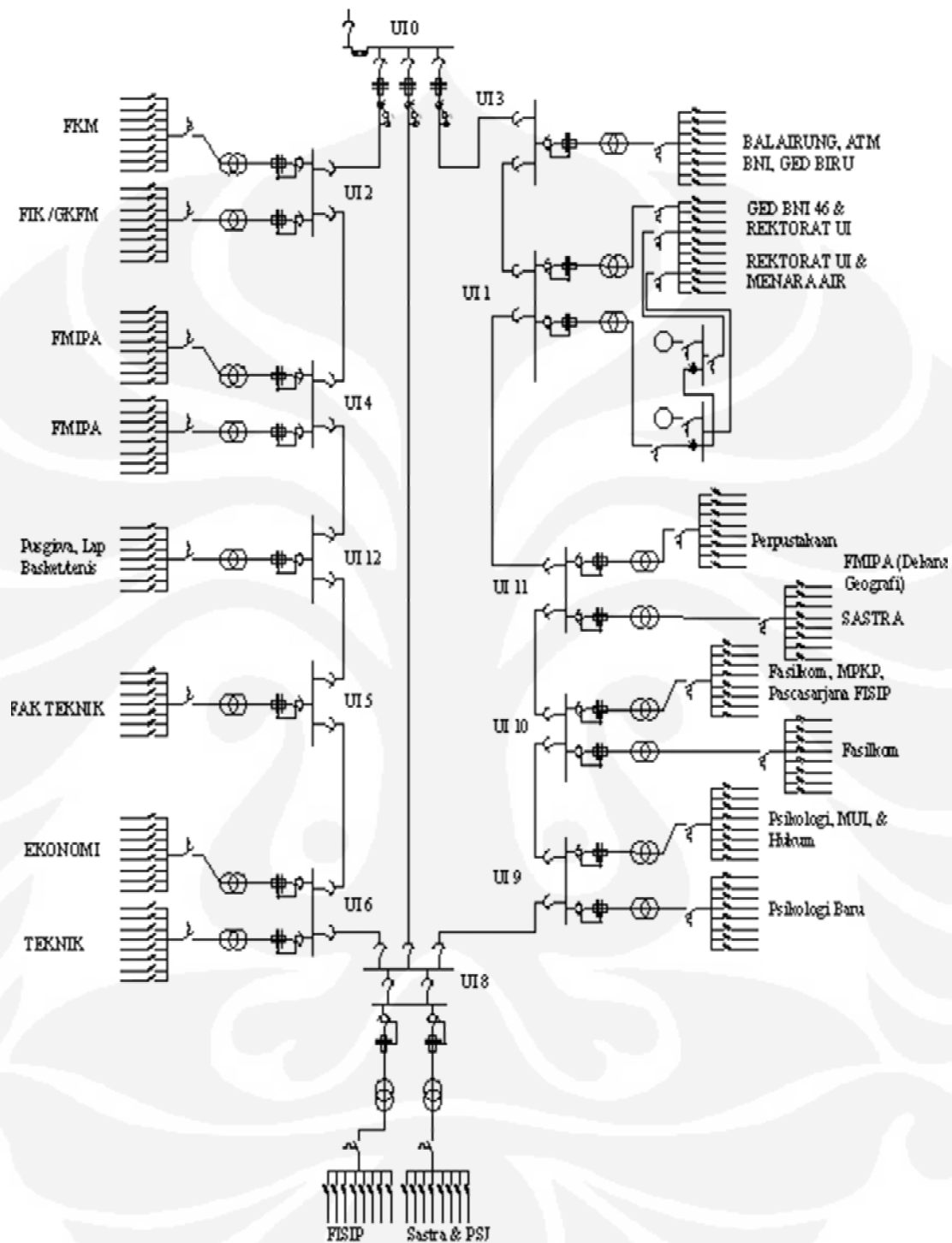
Kampus Universitas Indonesia (UI) Depok merupakan salah satu pelanggan besar PLN dengan kapasitas daya terpasang 6300 kVA pada tegangan menengah 20.000 Volt. UI memiliki 13 gardu listrik yang terhubung dengan jaringan listrik tegangan menengah melalui kabel bawah tanah (underground cable) mengikuti jalan kendaraan yang terdapat di lingkungan kampus UI. Ketigabelas gardu tersebut

memiliki fungsi menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah 380 Volt, untuk kemudian digunakan untuk mensuplai kebutuhan energi listrik pada setiap gedung yang ada dilingkungan UI.

Sistem jaringan listrik tegangan menengah yang ada untuk menghubungkan 13 gardu listrik terhubung dengan konfigurasi ring dengan satu express feeder. Keuntungan menggunakan konfigurasi ring dengan satu express feeder adalah jika terjadi gangguan pada salah satu gardu listrik maka gangguan tersebut dapat dilokalisir, tanpa mengganggu suplai energi listrik ke gardu yang lain.

Jaringan TM berkonfigurasi ring ini diawali dari gardu UI.0 sebagai gardu utama yang berhubungan langsung dengan gardu listrik milik PLN. Gardu UI.0 memiliki tiga keluaran yaitu menuju UI.2, UI.3 dan UI.8. Keluaran gardu UI.0 yang menuju UI.8 adalah express feeder yang membagi jaringan cincin menjadi 2 bagian. Fungsi dari express feeder ini adalah mengantisipasi apabila terjadi gangguan pada jaringan cincin sehingga jaringan tidak lagi membentuk konfigurasi cincin. Jadi posisi express feeder adalah standby.

Untuk lebih jelasnya konfigurasi jaringan listrik tegangan menengah yang terdapat di UI dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 3.1** Kondisi awal jaringan listrik tegangan menengah UI

Seiring dengan perkembangan zaman, konfigurasi jaringan listrik tegangan menengah UI kini tidak lagi berbentuk konfigurasi ring dengan satu express feeder.

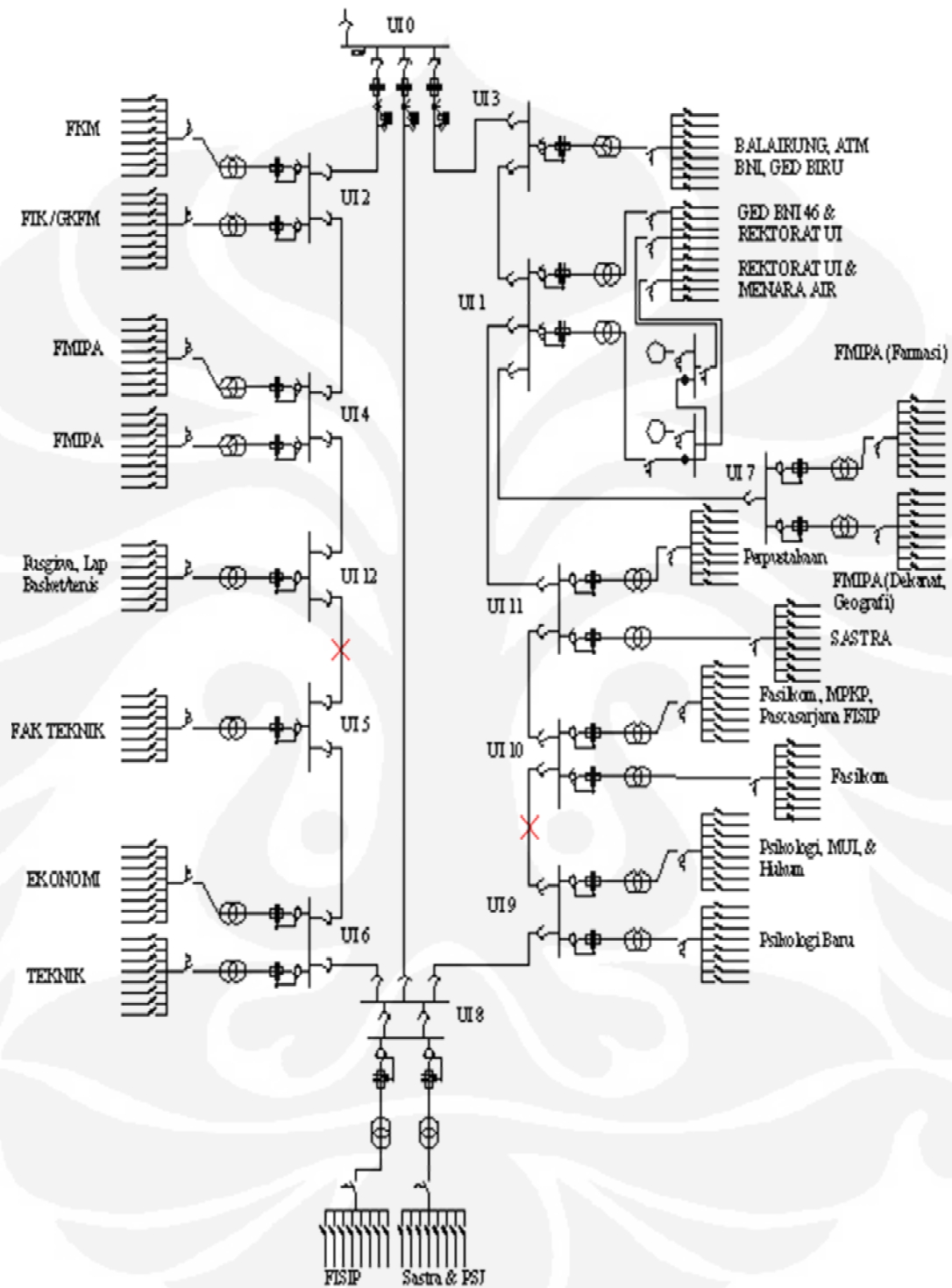
Jaringan TM UI kini tetap diawali dari gardu UI.0 yang memiliki tiga keluaran menuju UI.2, UI.3 dan UI.8. Keluaran dari gardu UI.0 menuju UI.8 yang awalnya berfungsi sebagai express feeder kini berubah fungsi menjadi feeder utama. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan berikut ini.

Keluaran listrik dari gardu UI.12 menuju ke UI.5 kini diputus, dan keluaran dari gardu UI.10 menuju UI.9 diputus juga. Hal ini dilakukan karena meningkatnya kebutuhan daya listrik di sisi beban yang akhirnya jaringan utama sudah tidak bisa lagi menahan arus beban yang tinggi. Sehingga di fungsikanlah express feeder menjadi feeder utama.

Urutan suplai listrik TM dari gardu UI.0 menuju gardu-gardu listrik yang ada dilingkungan kampus UI adalah sebagai berikut :

1. Listrik dari PLN mensuplai gardu listrik UI 0, dari UI 0 kemudian mensuplai UI 2, dari UI 2 mensuplai UI 4, dan dari UI 4 mensuplai UI 12.
2. Dari gardu listrik UI 0 mensuplai UI 8, dari UI 8 mensuplai UI 9 dan UI 6, dan dari UI 6 mensuplai UI 5.
3. Dari gardu listrik UI 0 mensuplai UI 3, dari UI 3 mensuplai UI 1, dari UI 1 mensuplai UI 7 dan UI 11, dan dari UI 11 mensuplai UI 10.

Untuk lebih jelasnya konfigurasi jaringan tegangan menengah UI pada saat ini bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Kondisi existing jaringan listrik tegangan menengah UI

### 3.2 Data Teknis Peralatan Kelistrikan Tegangan Menengah

## 3.2.1 Data Trafo Distribusi

- **Gardu UI 1**

**Tabel 3.1** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.1

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>		<b>Trafo 2</b>	
Berat	1850 (trafo)		3000 (trafo)	
	650 (minyak)		720 (minyak)	
Tegangan	20 kV	HV	20 kV	HV
	400 V	LV	400 V	LV
Arus	18,2 A	HV	23,1 A	HV
	909 A	LV	1154,7 A	LV
Kapasitas	630 kVA		800 kVA	
%Z	4		5	
Jenis Minyak				
Thn Pembuatan	1986		1992	
Insulation Level	LI 125AC 50/LI-AC3		LI AC / LI-AC	
Merk/No.Ser	PT. Astautama 85237 / No.5		Starlite 92010	
Jenis Pendingin	ONAN		ONAN	
Temperatur	60 (A)		38 (A)	
	56 (T)		43 (T)	
	44 (B)		49 (B)	

- **Gardu UI 2**

**Tabel 3.2** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.2

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>		<b>Trafo 2</b>	
Berat	2595 (trafo)		1335 (trafo)	
	625 (minyak)		285 (minyak)	
Tegangan	20 kV	HV	20 kV	HV
	400 V	LV	400 V	LV
Arus	28,9 A	HV	11,5 A	HV
	1443,4 A	LV	577,3 A	LV
Kapasitas	1000 kVA		400 kVA	
%Z	5		4	
Jenis Minyak				
Thn Pembuatan	2003		2004	
Insulation Level				

Merk/No.Ser	Unindo 76282	Unindo
Jenis Pendingin	Mineral Oil	Mineral Oil
Temperatur	46 (A)	44 (A)
	39 (T)	42 (T)
	36 (B)	35 (B)

- **Gardu UI 3**

**Tabel 3.3** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.3

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>	
Berat	1660 (trafo)	
	295 (minyak)	
Tegangan	20 kV	HV
	400 V	LV
Arus	11,7 A	HV
	577 A	LV
Kapasitas	400 kVA	
%Z	4	
Jenis Minyak		
Thn Pembuatan	2003	
Insulation Level		
Merk/No.Ser	Hico / 843046-69	
Jenis Pendingin	ONAN	
Temperatur	46 (A)	
	44 (T)	
	42 (B)	

- **Gardu UI 4**

**Tabel 3.4** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.4

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>		<b>Trafo 2</b>	
Berat	1950 (trafo)		1660 (trafo)	
	530 (minyak)		295 (minyak)	
Tegangan	20 kV	HV	20 kV	HV
	400 V	LV	400 V	LV
Arus	11,5 A	HV	11,5 A	HV



	577 A LV	577,3 A LV
Kapasitas	400 kVA	400 kVA
%Z	4	4
Jenis Minyak		
Thn Pembuatan	1985	1985
Insulation Level		
Merk/No.Ser	PT. Bambang Jaya 840157	HICO / 843046
Jenis Pendingin	ONAN	ONAN
Temperatur	44 (A)	54 (A)
	41 (T)	53 (T)
	39 (B)	47 (B)

- **Gardu UI 5**

**Tabel 3.5** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.5

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>
Berat	1850 (trafo)
	(minyak)
Tegangan	20 kV HV
	400 V LV
Arus	18,2 A HV
	909 A LV
Kapasitas	630 kVA
%Z	4
Jenis Minyak	
Thn Pembuatan	1986
Insulation Level	
Merk/No.Ser	Starlite / 85237 IEC 76
Jenis Pendingin	ONAN
Temperatur	54 (A)
	53 (T)
	41 (B)

- **Gardu UI 6**

**Tabel 3.6** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.6

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>	<b>Trafo 2</b>
--------------------	----------------	----------------

Berat	2595 (trafo)		1850 (trafo)	
	625 (minyak)		650 (minyak)	
Tegangan	20 kV	HV	20 kV	HV
	400 V	LV	400 V	LV
Arus	28,9 A	HV	18,2 A	HV
	1443,4 A	LV	909	LV
Kapasitas	1000 kVA		630 kVA	
%Z	5		4	
Jenis Minyak				
Thn Pembuatan	2001		1986	
Insulation Level				
Merk/No.Ser	Unindo 74547		Starlite / 85237	
Jenis Pendingin	Mineral Oil		ONAN	
Temperatur	65 (A)		59 (A)	
	57 (T)		55 (T)	
	46 (B)		47 (B)	

- **Gardu UI 7**

**Tabel 3.7** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.7

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>		<b>Trafo 2</b>	
Berat	1700 (trafo)		2437 (trafo)	
	370 (minyak)		250 (minyak)	
Tegangan	20 kV	HV	20 kV	HV
	400 V	LV	400 V	LV
Arus	18,2 A	HV	11,5 A	HV
	909 A	LV	577,4	LV
Kapasitas	630 kVA		400 kVA	
%Z	4		4	
Jenis Minyak				
Thn Pembuatan	2003		2003	
Insulation Level				
Merk/No.Ser	Unindo / 60244		Starlite/EIG- 60014	
Jenis Pendingin	ESSO-80		ONAN	
Temperatur	40 (A)		43 (A)	
	39 (T)		39 (T)	

	36 (B)	34 (B)
--	--------	--------

- **Gardu UI 8**

**Tabel 3.8** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.8

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>	<b>Trafo 2</b>
Berat	2800 (trafo)	3000 (trafo)
	560 (minyak)	720 (minyak)
Tegangan	20 kV HV	20 kV HV
	400 V LV	400 V LV
Arus	23,9 A HV	23,1 A HV
	1155 A LV	1154,7 LV
Kapasitas	800 kVA	800 kVA
%Z	5	5
Jenis Minyak		
Thn Pembuatan	1994	1994
Insulation Level	Standar IEC 76	LI 125 AC-50
Merk/No.Ser	Unindo / 943577	Starlite 4174
Jenis Pendingin	DIALA-B	ONAN
Temperatur	58 (A)	48,2 (A)
	56,6 (T)	49,2 (T)
	42,8 (B)	39,8 (B)

- **Gardu UI 9**

**Tabel 3.9** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.9

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>	<b>Trafo 2</b>
Berat	1718 (trafo)	1335 (trafo)
	360 (minyak)	310 (minyak)
Tegangan	20 kV HV	20 kV HV
	400 V LV	400 V LV
Arus	18,2 A HV	11,5 A HV
	909 A LV	577,3 A LV
Kapasitas	630 kVA	400 kVA
%Z	4	4
Jenis Minyak		
Thn Pembuatan	1980	2004

Insulation Level		
Merk/No.Ser	Alsthom Atlantique / 501135	Unindo / 77634
Jenis Pendingin	Remplissage	Mineral Oil
Temperatur	58 (A)	44 (A)
	52 (T)	38 (T)
	45 (B)	35 (B)

- **Gardu UI 10**

**Tabel 3.10** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.10

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>	<b>Trafo 2</b>
Berat	2100 (trafo)	1700 (trafo)
	460 (minyak)	370 (minyak)
Tegangan	20 kV HV	20 kV HV
	400 V LV	400 V LV
Arus	18,2 A HV	18,2 A HV
	909 A LV	909 A LV
Kapasitas	630 kVA	630 kVA
%Z	4	4
Jenis Minyak		
Thn Pembuatan	1991	1995
Insulation Level		
Merk/No.Ser	Trafo Perkasa / 9130040	Unindo / 63555
Jenis Pendingin	ONAN	ESSO 8
Temperatur	56 (A)	44 (A)
	52 (T)	39 (T)
	43 (B)	35 (B)

- **Gardu UI 11**

**Tabel 3.11** Tabel data trafo pada gardu listrik UI.11

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>	<b>Trafo 2</b>
Berat	2200 (trafo)	1760 (trafo)

	533 (minyak)	660 (minyak)
Tegangan	20 kV HV	20 kV HV
	400 V LV	400 V LV
Arus	18,2 A HV	11,5 A HV
	909 A LV	525 LV
Kapasitas	630 kVA	400 kVA
%Z	4	4
Jenis Minyak		
Thn Pembuatan	1997	1976
Insulation Level		
Merk/No.Ser	AsataUtamaElektrik Industries / 51112	Aichi Electric / 760976
Jenis Pendingin	ONAN	ONAN
Temperatur	44 (A)	48 (A)
	42 (T)	46 (T)
	42 (B)	42 (B)

- **Gardu UI 12**

Tabel 3.12 Tabel data trafo pada gardu listrik UI.12

<b>Data Teknis</b>	<b>Trafo 1</b>
Berat	1950 (trafo)
	530 (minyak)
Tegangan	20 kV HV
	400 V LV
Arus	11,7 A HV
	577 A LV
Kapasitas	400 kVA
%Z	4
Jenis Minyak	
Thn Pembuatan	1985
Insulation Level	
Merk/No.Ser	PT. Bambang Jaya / 840159-1
Jenis Pendingin	ONAN
Temperatur	41 (A)
	38 (T)
	35 (B)

## 3.2.2 Data Kubikel 20 kV

**Tabel 3.13** Tabel data kubikel 20 kV

No	Gardu Listrik	Peralatan Listrik	Kapasitas	Tahun Pembuatan
1	Gardu UI 0	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
		Cubicle 4	20 kV	1987
		PMT	20 kV	1987
2	Gardu UI 1	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
		Cubicle 4	20 kV	1987
		Cubicle 5	20 kV	1987
3	Gardu UI 2	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
		Cubicle 4	20 kV	1987
4	Gardu UI 3	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
5	Gardu UI 4	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
		Cubicle 4	20 kV	1987
6	Gardu UI 5	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
7	Gardu UI 6	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
		Cubicle 4	20 kV	1987
8	Gardu UI 7	Cubicle 1	20 kV	2003
		Cubicle 2	20 kV	2003
		Cubicle 3	20 kV	2003
		Cubicle 4	20 kV	2003
9	Gardu UI 8	Cubicle 1	20 kV	1987

		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
		Cubicle 4	20 kV	1987
10	Gardu UI 9	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
		Cubicle 4	20 kV	1987
11	Gardu UI 10	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
		Cubicle 4	20 kV	1987
12	Gardu UI 11	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987
		Cubicle 4	20 kV	1987
13	Gardu UI 12	Cubicle 1	20 kV	1987
		Cubicle 2	20 kV	1987
		Cubicle 3	20 kV	1987

### 3.2.3 Data Kabel Jaringan Menengah

Jenis kabel yang digunakan untuk menghubungkan 13 gardu listrik dilingkungan UI adalah berjenis N2XSJY dengan luas penampang 150 mm<sup>2</sup> dengan impedansinya sebesar 0,124 Ω/km.

### 3.3 Pengukuran Arus Pada Masing-masing Trafo

Pengukuran arus beban pada trafo dilakukan pada sisi sekunder trafo (tegangan rendah). Pengukuran ini dilakukan pada semua trafo yang ada dilingkungan UI yang seluruhnya berjumlah 21 trafo. Pengukuran dilakukan pada kondisi trafo berbeban penuh. Seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3.14** Tabel pengukuran arus beban pada masing-masing trafo

No	Gardu Listrik	Trafo	Kapasitas Daya (kVA)	Arus Nominal (A)	Arus Beban (A)	Persentase Pemakaian] (%)
1	Gardu UI 0		6330	9590	8858	92.4
2	Gardu UI 1	Trafo 1	630	909	465	51.2
		Trafo 2	800	1150	425	37.0
3	Gardu UI 2	Trafo 1	1000	1400	425	30.4
		Trafo 2	400	555	190	34.2
4	Gardu UI 3	Trafo 1	400	555	230	41.4
5	Gardu UI 4	Trafo 1	800	1150	605	52.6
		Trafo 2	400	555	135	24.3
6	Gardu UI 5	Trafo 1	630	909	479	52.7
7	Gardu UI 6	Trafo 1	1000	1400	866	61.9
		Trafo 2	1000	1400	909	64.9
8	Gardu UI 7	Trafo 1	400	555	125	22.5
		Trafo 2	630	909	160	17.6
9	Gardu UI 8	Trafo 1	1200	1600	890	55.6
		Trafo 2	800	1150	570	49.6
10	Gardu UI 9	Trafo 1	630	909	802	88.2
		Trafo 2	630	555	150	27.0
11	Gardu UI 10	Trafo 1	630	909	350	38.5
		Trafo 2	630	909	412	45.3
12	Gardu UI 11	Trafo 1	630	909	320	35.2
		Trafo 2	400	555	225	40.5
13	Gardu UI 12	Trafo 1	400	555	125	22.5

### 3.4 Biaya Perawatan Rutin Tahunan

Untuk menjaga performa pasokan tenaga listrik maka setiap tahun akan dilakukan perawatan-perawatan peralatan listrik yang ada pada ruang lingkup tanggung jawab UI. UI sendiri disuplai oleh tegangan menengah 20 kV, maka perawatan mulai dilakukan di sisi kubikel 20 kV, pada trafo, sampai ke tingkat tegangan rendah. Tetapi yang akan disampaikan di sisi adalah perawatan pada



peralatan listrik 20 kV. Penulis mengambil sample biaya perawatan rutin tahunan pada tahun 2008.

Tabel 3.15 Biaya perawatan rutin peralatan listrik.

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	HARGA (Rp)
<b>A</b>	<b>GANTI OLI</b>		
1	Trafo 1 Gardu UI 10	460 Lt	9,568,000
2	Trafo 2 Gardu UI 10	463 Lt	9,630,400
3	Trafo 2 Gardu UI 8	900 Lt	18,720,000
<b>B</b>	<b>TREATMENT OLI TRAF0</b>		
1	Trafo 1 Gardu UI 2	781 Lt	976,250
2	Trafo 2 Gardu UI 2	366 Lt	457,500
3	Trafo 1 Gardu UI 3	369 Lt	461,250
4	Trafo 1 Gardu UI 6	742 Lt	927,500
5	Trafo 2 Gardu UI 6	892 Lt	1,115,000
6	Trafo 2 Gardu UI 8	900 Lt	1,125,000
7	Trafo 2 Gardu UI 9	388 Lt	485,000
8	Trafo 1 Gardu UI 10	460 Lt	575,000
9	Trafo 2 Gardu UI 10	463 Lt	578,750
10	Trafo 2 Gardu UI 11	368 Lt	460,000
11	Trafo 1 Gardu UI 12	530 Lt	662,500
12	Trafo 2 Gardu UI 1	900 Lt	1,125,000
<b>C</b>	<b>PASANG HEATER CABYN</b>		
1	Cubicle di Gardu UI 9	4 unit	2,720,000
2	Cubicle di Gardu UI 10	4 unit	2,720,000
3	Cubicle di Gardu UI 2	4 unit	2,720,000
<b>D</b>	<b>SERVICE CLEANER CUBICLE</b>		
1	Cleaner cubicle gardu UI 9	4 unit	3,400,000
2	Cleaner cubicle gardu UI 10	4 unit	3,400,000
3	Cleaner cubicle gardu UI 2	4 unit	3,400,000
<b>E</b>	<b>PENAMBAHAN OLI TRAF0</b>		
1	PENAMBAHAN OLI TRAF0	90 Lt	1,872,000
<b>F</b>	<b>PENGGANTIAN SILICA GEL</b>		
1	Penggantian Silica Gel	6 Pcs	390,000
<b>JUMLAH</b>			<b>67,489,150</b>

Sumber : Divisi perawatan & perbaikan kelistrikan UI (tahun 2008)



## **BAB 4**

### **ANALISA**

Jaringan kelistrikan di kampus Universitas Indonesia (UI) Depok sudah berlangsung cukup lama, sudah ada sejak tahun 1987. Instalasi listrik yang sudah berlangsung lama akan mengalami degradasi isolasi. Untuk menjaga tingkat

keamanan dan kualitas daya listrik yang dihasilkan, maka peralatan kelistrikan yang sudah beroperasi lebih dari 20 tahun harus diganti.

Seperti yang sudah dibahas pada bab sebelumnya UI berlangganan listrik tegangan menengah (20.000 Volt). Jaringan Tegangan Menengah (JTM) memegang peranan yang sangat penting karena menghubungkan 12 gardu listrik yang ada dilingkungan UI dengan konfigurasi ring dan satu express feeder. Oleh karena itu, JTM harus diperhatikan, baik dari sisi perawatan dan perbaikan maupun dari pergantian peralatan kelistrikan secara periodik.

Jika dilihat dari sisi umur peralatan kelistrikan JTM di kampus UI sudah tidak efektif dan efisien, hal tersebut bisa dilihat dari beberapa faktor diantaranya adalah :

1. Pada umumnya umur peralatan kelistrikan tegangan menengah yang ada di UI Depok sudah tergolong tua.
2. SDM yang tersedia hanya 2 orang untuk mengcover jaringan kelistrikan Tegangan Menengah, tidak sebanding dengan luas area cover jaringan.
3. Losses yang terjadi cukup besar
4. Biaya perawatan tahunan peralatan kelistrikan tegangan menengah cukup besar.
5. Peralatan / tool-tool untuk keperluan perawatan dan perbaikan sangat terbatas.

Berdasarkan faktor-faktor diatas, maka penulis akan membahas tentang suplai energi listrik tegangan rendah (TR) ke tiap-tiap gedung yang ada di lingkungan kampus UI langsung dari PLN yang akan menggantikan suplai energi listrik tegangan menengah.

#### **4.1 Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap Gedung**

Untuk menentukan daya yang terpasang pada masing-masing gedung, penulis menggunakan rumus pendekatan berdasarkan hasil dari beberapa percobaan yang dilakukan oleh C Anderson. Di dapatkan bahwa dalam 1 meter persegi gedung perkantoran memerlukan daya listrik sebesar 47,8 VA. Penulis akan menguraikan tahapan-tahapan untuk menentukan daya terpasang pada tiap gedung dan biaya total pemasangan listrik. Diantaranya sbb:

### 1. Menentukan luas gedung

Gedung fakultas teknik elektro memiliki 2 bagian gedung. Bagian gedung pertama memiliki panjang gedung 22 meter, lebar 20 meter dan memiliki 4 buah lantai. Gedung bagian kedua memiliki panjang 20 meter, lebar 18 meter dan memiliki 2 lantai.

Dengan data diatas maka :

- Luas bagian gedung pertama =  $22 \times 20 \times 4 = 1760 \text{ m}^2$
- Luas bagian gedung kedua =  $20 \times 18 \times 2 = 720 \text{ m}^2$

Maka luas total gedung fakultas teknik elektro adalah  $2480 \text{ m}^2$

### 2. Perhitungan daya listrik gedung

Rumus untuk menentukan daya listrik tiap gedung adalah :

Luas gedung secara total dikalikan dengan  $47,8 \text{ VA/m}^2$ . Sehingga akan didapatkan daya yang diperlukan oleh tiap gedung.

Kebutuhan Daya listrik gedung =  $2480 \text{ m}^2 \times 47,8 \text{ VA} = 118,544 \text{ kVA}$

Untuk perhitungan daya yang terpasang tidak memperhitungkan faktor keserempakan, karena kebutuhan daya listrik yang dihitung disini adalah kebutuhan daya semu suatu gedung.

### 3. Daya tersambung

Daya listrik tersambung adalah daya listrik yang disediakan/dipasangkan oleh PLN. PLN hanya menyediakan nilai daya tertentu saja. Berdasarkan perhitungan, kebutuhan daya listrik gedung teknik elektro sebesar  $118,5 \text{ kVA}$ , maka dipilih yang paling mendekati adalah  $131 \text{ kVA}$ .

### 4. Biaya Penyambungan (BP)

Rumus Biaya Penyambungan adalah = daya terpasang \* Rp.200/VA

Biaya pemasangan listrik =  $131.000 \text{ VA} \times \text{Rp}.200,00 = \text{Rp}. 26.200.000,00$

### 5. Uang Jaminan Listrik (UJL)

Rumus Uang Jaminan Listrik adalah : daya terpasang \* Rp.33/VA

Biaya Uang Jaminan Listrik =  $131.000 \text{ VA} \times \text{Rp}.33 = \text{Rp}. 4.323.000,00$

### 6. Biaya Total Pemasangan listrik

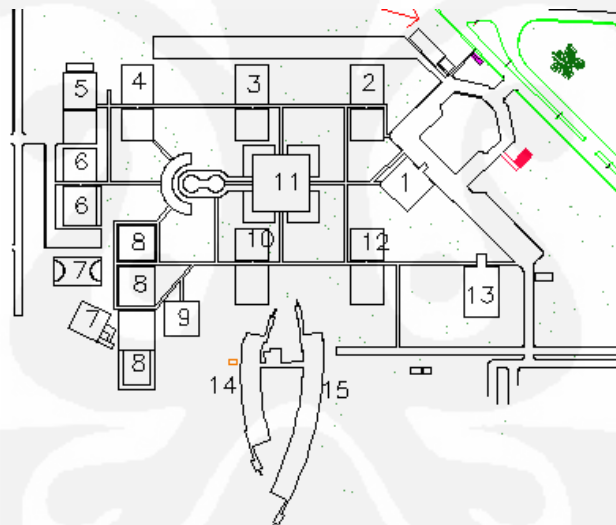
Biaya Total pemasangan listrik yang harus dibayar adalah terdiri dari Biaya Pemasangan ditambah dengan Uang Jaminan Listrik.

Maka biaya total pemasangan listrik gedung fakultas teknik elektro adalah :  
 $\text{Rp. } 26.200.000,00 + \text{Rp. } 4.323.000,00 = \text{Rp. } 30.523.000,00$

Untuk menghitung daya yang terpasang dan biaya total penyambungan listrik langganan listrik sistem terpisah pada tiap gedung, dilakukan dengan cara yang sama seperti diatas.

#### 4.1.1 Fakultas Teknik

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah gedung di Fakultas Teknik. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN (sistem terpisah).



**Gambar 4.1** Denah lokasi fakultas teknik

Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

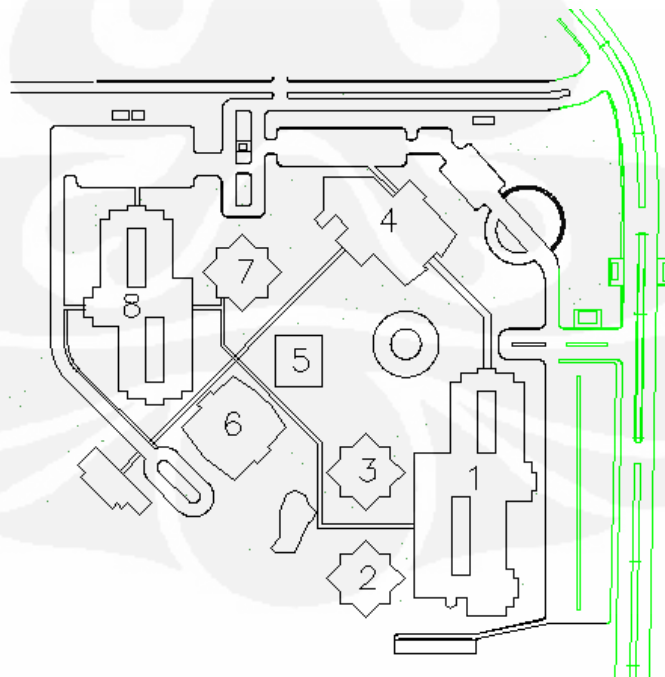
**Tabel 4.1** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Pada Fakultas Teknik

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)

1	1	968	46.3	53	10600	1749	12349
2	2	2480	118.5	131	26200	4323	30523
3	3	2480	118.5	131	26200	4323	30523
4	4	2480	118.5	131	26200	4323	30523
5	5	2920	139.6	147	29400	4851	34251
6	6	2920	139.6	147	29400	4851	34251
7	7	180	8.6	11	2200	363	2563
8	8	1197	57.2	66	13200	2178	15378
9	9	1197	57.2	66	13200	2178	15378
10	10	2480	118.5	131	26200	4323	30523
11	11	3712	177.4	197	39400	6501	45901
12	12	2480	118.5	131	26200	4323	30523
13	13	1350	64.5	66	13200	2178	15378
14	14	2484	118.7	131	26200	4323	30523
15	15	3990	190.7	197	39400	6501	45901

#### 4.1.2 Fakultas Ekonomi

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah gedung Fakultas Ekonomi. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.2** Denah lokasi fakultas ekonomi

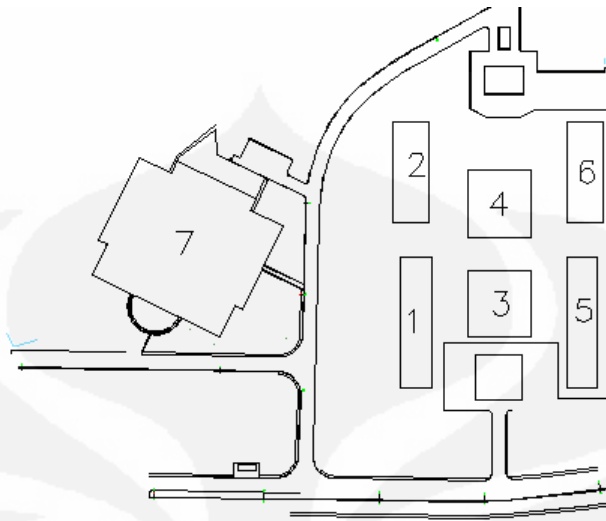
Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.2** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Fakultas Ekonomi

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	4800	229.4	233	46600	7689	54289
2	2	648	31.0	33	6600	1089	7689
3	3	648	31.0	33	6600	1089	7689
4	4	4368	208.8	233	46600	7689	54289
5	5	512	24.5	33	6600	1089	7689
6	6	1058	50.6	53	10600	1749	12349
7	7	648	31.0	33	6600	1089	7689
8	8	4800	229.4	233	46600	7689	54289

#### 4.1.3 Fakultas Hukum dan Mesjid MUI

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Fakultas Hukum dan Area Mesjid MUI. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.3** Denah lokasi Fakultas Hukum dan Mesjid MUI

Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

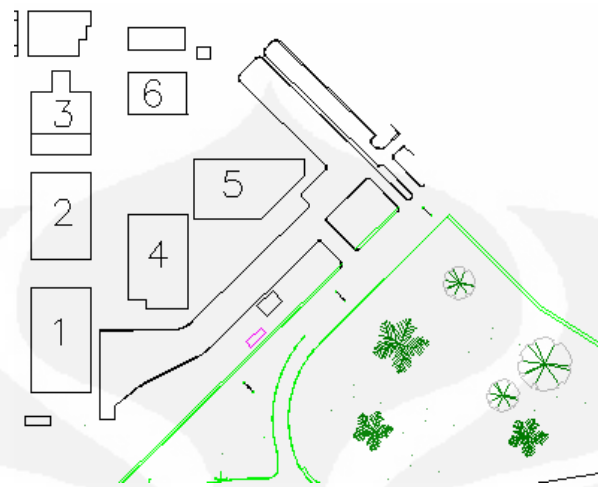
**Tabel 4.3** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung Fakultas Hukum dan Mesjid MUI

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	1840	88.0	105	21000	3465	24465
2	2	2880	137.7	147	29400	4851	34251
3	3	1152	55.1	66	13200	2178	15378
4	4	1152	55.1	66	13200	2178	15378
5	5	1840	88.0	105	21000	3465	24465
6	6	2880	137.7	147	29400	4851	34251
7	7	1024	48.9	53	10600	1749	12349

#### 4.1.4 Fakultas Psikologi

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Fakultas Psikologi. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.





**Gambar 4.4** Denah lokasi Fakultas Psikologi

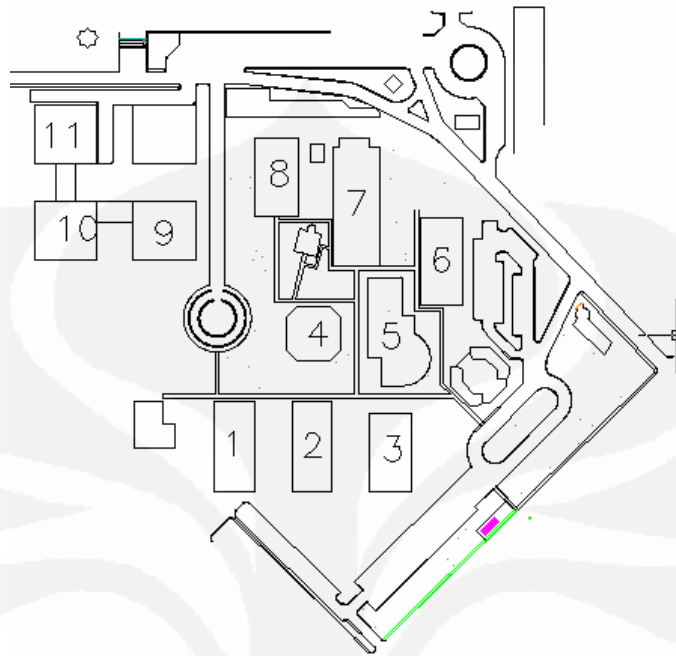
Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap di Fakultas Psikologi

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	2160	103.2	105	21000	3465	24465
2	2	1584	75.7	82.5	16500	2723	19223
3	3	792	37.9	41.5	8300	1370	9670
4	4	990	47.3	53	10600	1749	12349
5	5	1980	94.6	105	21000	3465	24465
6	6	100	4.8	5.5	1100	182	1282

#### 4.1.5 Fakultas FISIP

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Pemerintahan. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.5** Denah lokasi FISIP

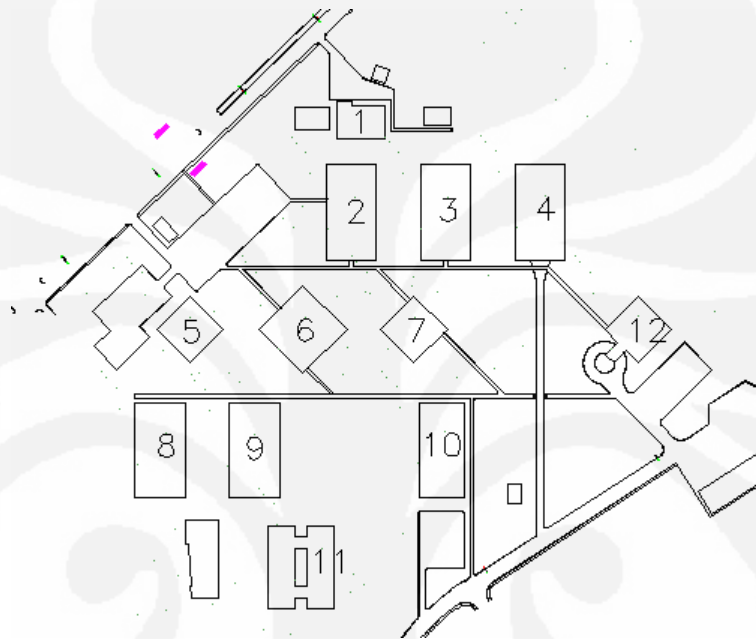
Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di FISIP

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	2100	100.4	105	21000	3465	24465
2	2	2100	100.4	105	21000	3465	24465
3	3	2100	100.4	105	21000	3465	24465
4	4	1600	76.5	82.5	16500	2723	19223
5	5	972	46.5	53	10600	1749	12349
6	6	1260	60.2	66	13200	2178	15378
7	7	1800	86.0	105	21000	3465	24465
8	8	1725	82.5	82.5	16500	2723	19223
9	9	1860	88.9	105	21000	3465	24465
10	10	2280	109.0	131	26200	4323	30523
11	11	2280	109.0	131	26200	4323	30523

#### 4.1.6 Fakultas MIPA

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Fakultas MIPA. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.6** Denah lokasi Fakultas MIPA

Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

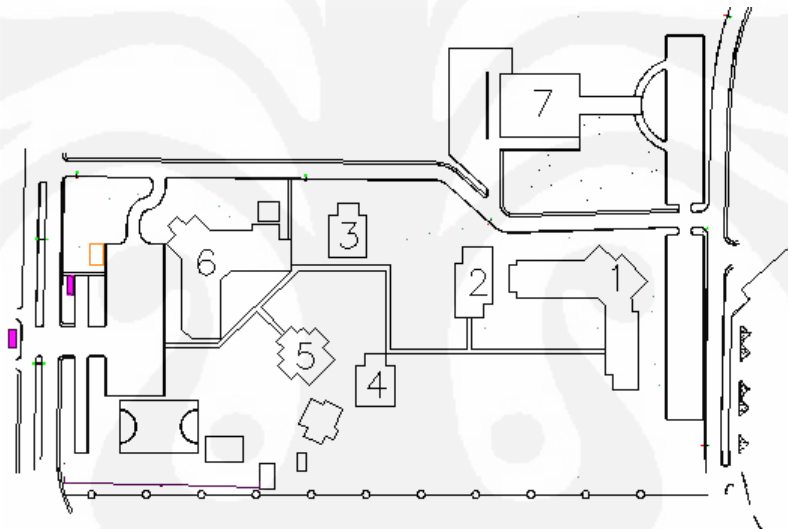
**Tabel 4.6** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di FMIPA

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	450	21.5	22	4400	726	5126
2	2	2052	98.1	105	21000	3465	24465
3	3	2732	130.6	131	26200	4323	30523
4	4	2052	98.1	105	21000	3465	24465
5	5	972	46.5	53	10600	1749	12349
6	6	1728	82.6	105	21000	3465	24465
7	7	972	46.5	53	10600	1749	12349

8	8	2052	98.1	105	21000	3465	24465
9	9	2732	130.6	131	26200	4323	30523
10	10	3420	163.5	164	32800	5412	38212
11	11	1782	85.2	105	21000	3465	24465
12	12	1080	51.6	53	10600	1749	12349

#### 4.1.7 Fakultas Kesehatan Masyarakat dan Balai Sidang

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Fakultas FKM dan Balai Sidang. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.7** Denah lokasi FKM dan Balai Sidang

Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

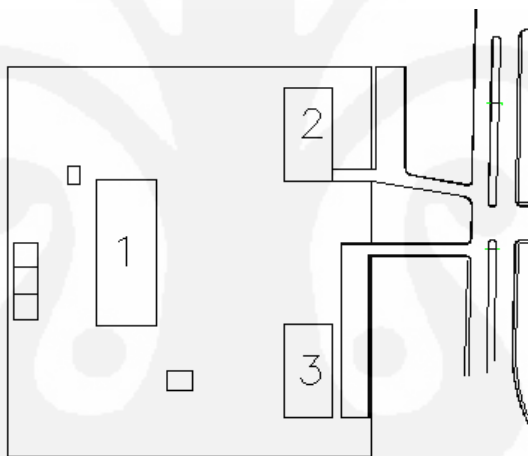
**Tabel 4.7** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di FKM dan Balai Sidang

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
----	---------	----------------------------	----------------------	-----------------------	----------------	-----------------	-------------------------

1	1	1664	79.5	82.5	16500	2723	19223
2	2	1080	51.6	53	10600	1749	12349
3	3	1550	74.1	82.5	16500	2723	19223
4	4	1080	51.6	53	10600	1749	12349
5	5	1580	75.5	82.5	16500	2723	19223
6	6	1664	79.5	82.5	16500	2723	19223
7	7	1152	55.1	53	10600	1749	12349

#### 4.1.8 Fakultas Ilmu Kesehatan

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Fakultas Ilmu Kesehatan. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.8** Denah lokasi Fakultas Ilmu Kesehatan

Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

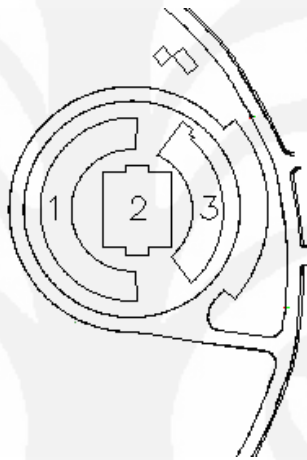
Tabel 4.8 Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di Fakultas Ilmu Kesehatan

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya	Daya Tersambung	BP (Rp)	UJL (Rp)	Biaya Total (Rp)
----	---------	----------------------------	----------------	-----------------	---------	----------	------------------

			(kVA)	(kVA)	(Ribu)	(Ribu)	(Ribu)
1	1	4050	193.59	197	39400	6501	45901
2	2	750	35.85	41.5	8300	1370	9670
3	3	750	35.85	41.5	8300	1370	9670

#### 4.1.9 Fakultas Ilmu Komputer

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Fakultas Ilmu Komputer. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.9** Denah lokasi Fasilkom

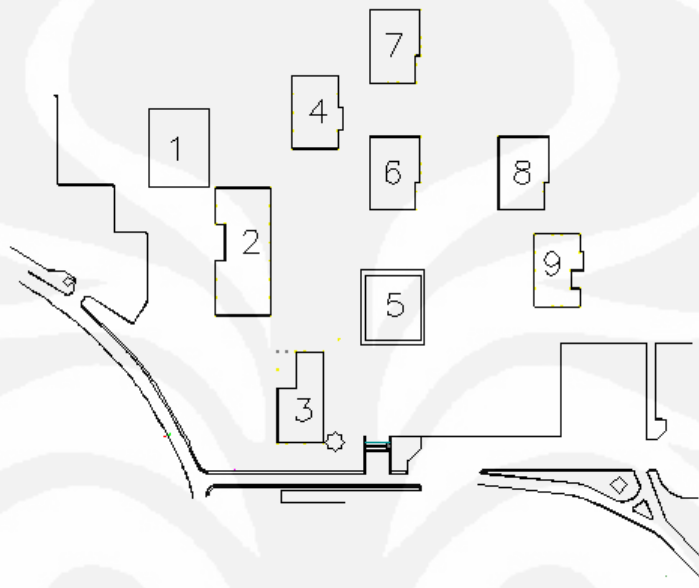
Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.9** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di Fasilkom

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	2250	107.6	131	26200	4323	30523
2	2	2400	114.7	131	26200	4323	30523
3	3	1596	76.3	82.5	16500	2723	19223

#### 4.1.10 Fakultas Ilmu Budaya

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Fakultas Ilmu Ilmu Budaya. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.10** Denah lokasi FIB

Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

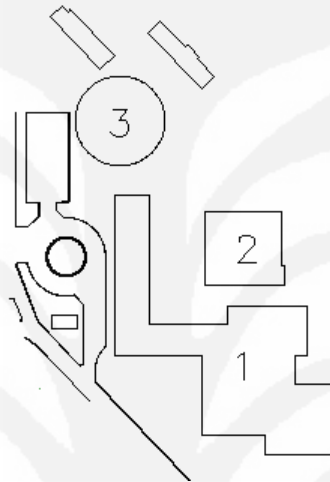
**Tabel 4.10** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di FIB

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	1250	59.8	66	13200	2178	15378
2	2	2880	137.7	147	29400	4851	34251
3	3	1568	75.0	82.5	16500	2723	19223
4	4	729	34.8	41.5	8300	1370	9670
5	5	2883	137.8	147	29400	4851	34251
6	6	768	36.7	41.5	8300	1370	9670
7	7	1240	59.3	66	13200	2178	15378
8	8	1240	59.3	66	13200	2178	15378

|| 9 | 9 | 1240 | 59.3 | 66 | 13200 | 2178 | 15378 ||

#### 4.1.11 Pusat Studi Jepang

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Pusat Studi Jepang. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.11** Denah lokasi Pusat Studi Jepang

Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

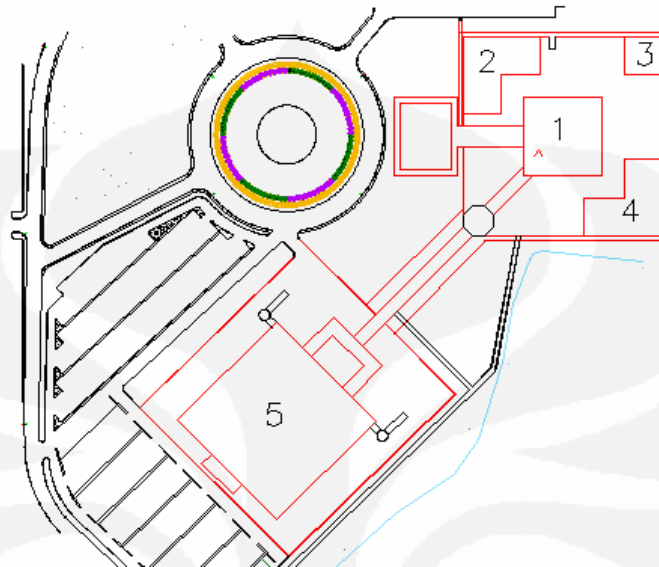
**Tabel 4.11** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di Gedung Pusat Studi Jepang

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	132	6.3	7.7	1540	254	1794
2	2	625	29.9	33	6600	1089	7689
3	3	100	4.8	5.5	1100	182	1282

#### 4.1.12 Gedung Rektorat dan Balairung

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Gedung rektorat dan Balairung. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.





**Gambar 4.12** Denah lokasi Rektorat & Balairung

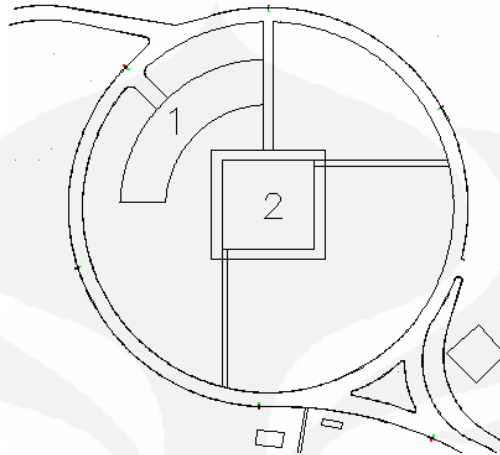
Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.12** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di Rektorat & Balairung

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	9900	473.2	485	60625	20855	81480
2	2	860	41.1	41.5	8300	1370	9670
3	3	180	8.6	11	2200	363	2563
4	4	625	29.9	33	6600	1089	7689
5	5	7200	344.2	345	43125	14835	57960

#### 4.1.13 Gedung Perpustakaan Pusat

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di Gedung perpustakaan pusat. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.13** Denah lokasi Perpustakaan pusat

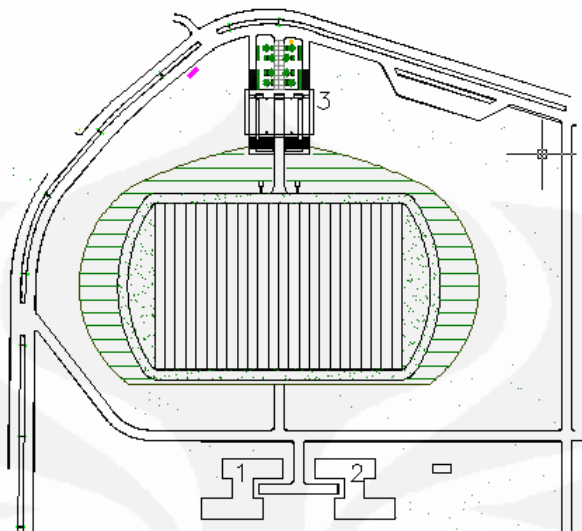
Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.13** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap Gedung di Perpustakaan pusat

No	No. Ged	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	1760	84.1	105	21000	3465	24465
2	2	3136	149.9	164	32800	5412	38212

#### 4.1.14 Lapangan Sepak Bola dan PUSGIWA

Dibawah ini akan ditampilkan gambar denah semua gedung di area Lapangan sepak bola dan Pusgiwa. Dimana untuk masing-masing gedung akan disuplai oleh energi listrik langsung dari PLN.



**Gambar 4.14** Denah lokasi Sepak Bola dan Pusgiwa

Berdasarkan gambar diatas maka daya terpasang dan biaya total penyambungan listrik pada tiap-tiap gedung adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.14** Tabel Daya Tersambung dan Biaya Total Penyambungan Listrik Tiap-tiap pada lapangan Sepak Bola dan Pusgiwa

No	No. Gedung	Luas Ged (m <sup>2</sup> )	Kebutuhan Daya (kVA)	Daya Tersambung (kVA)	BP (Rp) (Ribu)	UJL (Rp) (Ribu)	Biaya Total (Rp) (Ribu)
1	1	150	7.2	7.7	1540	254	1794
2	2	300	14.3	17.6	3520	581	4101
3	3	360	17.2	17.6	3520	581	4101

Dari beberapa tabel biaya perhitungan diatas didapat bahwa biaya total penyambungan listrik sebesar **Rp. 2.002.701.000,00**. Saat ini UI berlangganan listrik dari PLN dengan daya tersambung 6900 kVA , maka Uang Jaminan Listrik yang masih tersimpan di PLN sebesar Rp. 103.500.000,00 (dengan asumsi Rp15,00 / VA).

Biaya total penyambungan listrik baru = Rp.2.002.701.000 – Rp.103.500.000 = Rp.1.899.201.000,00.

Sehingga biaya total penyambungan listrik untuk berubah langganan listrik dari sistem terpusat menjadi sistem terpisah adalah **Rp.1.899.201.000,00**.

#### 4.2 Menghitung Losses Kabel Pada Jaringan Tegangan Menengah UI

Besarnya penyusutan energi pada kabel jaringan tegangan menengah secara matematis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Loses Energi,  $W = I^2 \cdot R \cdot t$

Dimana I merupakan arus yang mengalir disetiap fasa selama rentang waktu pengukuran. Sementara R adalah nilai resistansi dari kabel  $150 \text{ mm}^2$  dengan inti tembaga yaitu sebesar  $0,124 \text{ } \Omega/\text{km}$ . Dan t adalah rentang waktu pengukuran .

Seperti yang sudah dibahas pada bab sebelumnya, jaringan tegangan menengah UI di bagi menjadi 3 bagian di lihat dari gardu listrik UI 0, diantaranya sebagai berikut :

4. Listrik dari PLN mensuplai gardu listrik UI 0, dari UI 0 kemudian mensuplai UI 2, dari UI 2 mensuplai UI 4, dan dari UI 4 mensuplai UI 12.
5. Dari gardu listrik UI 0 mensuplai UI 8, dari UI 8 mensuplai UI 9 dan UI 6, dan dari UI 6 mensuplai UI 5.
6. Dari gardu listrik UI 0 mensuplai UI 3, dari UI 3 mensuplai UI 1, dari UI 1 mensuplai UI 7 dan UI 11, dan dari UI 11 mensuplai UI 10.

Penulis akan mengambil sample perhitungan loses pada bagian jaringan 1. Urutan gardu listrik berturut-turut yang paling ujung adalah gardu UI 12, UI 4, UI 2, dan UI 0. Langkah-langkahnya adalah sbb:

1. Menentukan gardu listrik yang paling ujung, dalam suatu jaringan. Dalam hal ini adalah gardu listrik UI 12
2. Mengukur arus listrik yang mengalir pada gardu listrik tersebut, jika yang diukur pada sisi tegangan rendah maka untuk mengkonversikannya ke sisi tegangan menengah menggunakan rumus  $\frac{V1}{V2} = \frac{I2}{I1}$ .

Diketahui spesifikasi data trafo :

$$V1(l-l) = 20.000 \text{ Volt} \quad V2(l-l) = 400 \text{ Volt}, V2(l-n) = 231 \text{ Volt}$$

Trafo terhubung :  $\Delta - Y$

Arus beban sisi sekunder trafo ( $I2$ ) = 125 A

$$\text{Jadi, arus di sisi primer trafo (I1)} = \frac{231}{20000} \times 125 = 1,44 \text{ A}$$

3. Setelah mengetahui arus yang mengalir, maka langkah selanjutnya adalah mengukur panjang kabel penghantar, jenis kabel yang digunakan, dan impedansi kabel.

Dari data dilapangan diketahui : Panjang kabel (l) = 0,716 km, Jenis kabel N2XSY, Impedansi kabel 0.124  $\Omega$ /km.

4. Untuk menghitung loses energi langkah selanjutnya adalah menentukan berapa lama pembebanan tersebut menyala. Rumus yang digunakan untuk menghitung loses energi adalah :

$$W \text{ loses} = I^2 \cdot R \cdot l \cdot \text{Cos} \varphi \cdot t \text{ (WH)} \dots \dots \dots (3.1)$$

Spesifikasi data teknis jaringan tegangan menengah UI adalah :

- Jenis kabel N2XSY (kabel dalam tanah)
- Impedansi kabel 0,124  $\Omega$ /km
- Faktor daya (Cos  $\varphi$ ) sebesar 0,89

Diasumsikan arus beban menyala dalam 1 hari selama 24 jam (dengan komposisi menyala 12 jam dengan beban 100%, 2 jam dengan beban 60%, dan 12 jam dengan beban 30%) . Dalam 1 bulan menyala 30 hari.

Jadi, loses energi (W losses) per bulan di gardu UI 12 adalah :

$$\begin{aligned} W \text{ losses} &= (1,44^2 \times 0,124 \times 0,716 \times 0,89 \times 12 \times 30) + (1,44^2 \times 0,124 \times 0,716 \times 0,89 \times 12 \times \\ &\quad 30 \times 0,3) + (1,44^2 \times 0,124 \times 0,716 \times 0,89 \times 12 \times 30 \times 0,3) \\ &= 82,8 \text{ WH} \approx 0,083 \text{ kWH / bulan} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat bahwa losses energi pada kabel JTM yang menghubungkan gardu UI 12 ke gardu UI 4 adalah **0,083 kWH / bulan**.

Dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas, maka loses energi per bulan pada jaringan tegangan menengah UI adalah sbb :

- Jaringan Tegangan Menengah UI, pada jaringan pertama

**Tabel 4.15** Tabel Losses Kabel Jaringan Tegangan menengah Bagian Pertama

No	Gardu Listrik	Arus beban (Ampere)	Impedansi Kabel (Ohm / km)	Panjang Kabel (km)	Losses Energi/Bulan (kWH)
1	UI 12 - UI 4	1.44	0.124	0.716	0.083
2	UI 4 - UI 2	8.55	0.124	0.467	1.90
3	UI 2 - UI 0	17.09	0.124	0.667	10.84
<b>Jumlah Losses Jaringan TM 1</b>					<b>12.82</b>

- Jaringan Tegangan Menengah UI, pada jaringan kedua

**Tabel 4.16** Tabel Losses Kabel Jaringan Tegangan menengah Bagian Kedua

No	Gardu Listrik	Arus beban (Ampere)	Impedansi Kabel (Ohm / km)	Panjang Kabel (km)	Losses Energi/Bulan (kWH)
1	UI 5 - UI 6	5.53	0.124	0.434	0.738
2	UI 6 - UI 8	26.03	0.124	0.65	24.50
3	UI 8 - UI 9	11	0.124	0.45	3.03
4	UI 8 - UI 0	53.89	0.124	0.812	131.16
<b>Jumlah Losses Jaringan TM 2</b>					<b>159.43</b>

- Jaringan Tegangan Menengah UI, pada jaringan ketiga

**Tabel 4.17** Tabel Losses Kabel Jaringan Tegangan menengah Bagian Ketiga

No	Gardu Listrik	Arus beban (Ampere)	Impedansi Kabel (Ohm / km)	Panjang Kabel (km)	Losses Energi/Bulan (kWH)
1	UI 10 - UI 11	8.8	0.124	0.233	1.004
2	UI 11 - UI 1	15.09	0.124	0.35	4.43
3	UI 1 - UI 7	3.29	0.124	0.267	0.16
4	UI 1 - UI 3	28.64	0.124	0.567	25.87
5	UI 3 - UI 0	31.29	0.124	0.265	14.43
<b>Jumlah Losses Jaringan TM 2</b>					<b>45.90</b>

Berdasarkan tabel diatas, maka losses total kabel jaringan tegangan menengah UI adalah  $(12,82 + 159,43 + 45,9) = 218,14$  kWH / bulan. Jika dikonversikan ke rupiah losses energinya sebesar **Rp.70.896,00 / bulan** (dengan harga 1 kWH sebesar Rp.325,00).

### 4.3 Menghitung Losses Trafo Distribusi

Losses daya pada trafo distribusi terdiri dari losses no load (tanpa beban) dan losses load (berbeban). Rumus yang digunakan untuk menghitung losses trafo adalah:

$$\begin{aligned}\text{Losses daya trafo} &= \text{losses no load} + \text{losses load} \\ &= (0,4\% \times \text{daya nominal trafo}) + I^2 \times Z\end{aligned}$$

Perhitungan losses trafo no load menggunakan rumus 0,4% dari daya nominalnya (penelitian oleh Donald Huber) hal ini bersasarkan penelitian yang dilakukan oleh Donald Huber, sedangkan untuk menghitung losses load arus yang digunakan adalah arus beban trafo dan impedansi trafo pada saat berbeban.

Penulis akan menghitung losses trafo 2 pada gardu listrik UI 6. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menghitung losses no load trafo

$$\text{Losses no load} = 0,4\% \times 1000 \text{ kVA} = 4 \text{ kVA} = 4000 \text{ VA}$$

2. Menghitung losses load trafo

Diketahui berdasarkan data teknis :

$$\begin{aligned}S &= 1000 \text{ kVA} & \%Z &= 5\% \\ I \text{ rating} &= 1443 \text{ A} & I \text{ beban} &= 909 \text{ Ampere} \\ V_p \text{ rating} &= 20 \text{ kV} & V_s \text{ rating} &= 400 \text{ V}\end{aligned}$$

$$I \text{ rating} \times Z = \%Z \times V \text{ rating}$$

$$1443 \times Z = 5\% \times 220$$

$$Z = \frac{11,55}{1443}$$

$$Z = 0,008 \text{ } \Omega$$

3. Menghitung losses daya total

$$\begin{aligned}\text{Losses total} &= \text{losses no load} + \text{losses load} \\ &= 4000 \text{ VA} + (909^2 \times 0,008) \\ &= 10611,96 \text{ VA}\end{aligned}$$

4. Menghitung losses energi trafo per bulan

Deiketahui berdasarkan data :

$$\text{Cos } \varphi = 0,89$$

Diasumsikan arus beban menyala dalam 1 hari selama 24 jam (dengan komposisi menyala 12 jam dengan beban 100%, 2 jam dengan beban 60%, dan 12 jam dengan beban 30%) . Dalam 1 bulan menyala 30 hari.

Losses energi trafo/bulan = Losses total x Cos  $\varphi$  x lama waktu menyala

$$\begin{aligned} \text{Losses energi trafo/bulan} &= (10611,96 \times 0,89 \times 12 \times 30) + (10611,96 \times 0,89 \times 2 \times 30 \\ &\quad \times 0,6) + (10611,96 \times 0,89 \times 12 \times 30 \times 0,3) \\ &= 4760100 \text{ WH} \approx 4760,1 \text{ kWH} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapat Losses energi trafo 2 pada gardu listrik 6 adalah **4760,1 kWH / bulan**.

Dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas, maka losses energi trafo per bulan pada jaringan kelistrikan UI adalah sbb :



Tabel 4.18 Tabel Losses Trafo Distribusi pada Sistem Kelistrikan UI

No	Gardu Listrik	Trafo	Kapasitas Trafo (kVA)	I rating (A)	I beban (A)	Imped Trafo (%Z)	Losses no load (VA)	Losses load (VA)	Losses trafo total (VA)	Losses Energi/bln (kWH)
1	UI 1	trafo 1	630	909	465	4	2520	2197.14	4717.14	2115.92
		trafo 2	800	1155	425	5	3200	1806.72	5006.72	2245.81
2	UI 2	trafo 1	1000	1443	425	5	4000	1445.37	5445.37	2442.58
		trafo 2	400	577	190	4	1600	577.75	2177.75	976.85
3	UI 3	trafo 1	400	577	230	4	1600	846.62	2446.62	1097.46
4	UI 4	trafo 1	800	1155	605	4	3200	2928.96	6128.96	2749.21
		trafo 2	400	577	135	4	1600	291.68	1891.68	848.53
5	UI 5	trafo 1	630	909	479	4	2520	2331.43	4851.43	2176.16
6	UI 6	trafo 1	1000	1443	866	5	4000	6001.20	10001.20	4486.14
		trafo 2	1000	1443	909	5	4000	6611.96	10611.96	4760.10
7	UI 7	trafo 1	400	577	125	4	1600	250.06	1850.06	829.87
		trafo 2	630	909	160	4	2520	260.13	2780.13	1247.06
8	UI 8	trafo 1	1200	1732	890	5	4800	5282.03	10082.03	4522.40
		trafo 2	800	1155	570	5	3200	3249.84	6449.84	2893.14
9	UI 9	trafo 1	630	909	802	4	2520	6535.83	9055.83	4062.08
		trafo 2	630	909	150	4	2520	228.63	2748.63	1232.93
10	UI 10	trafo 1	630	909	350	4	2520	1244.77	3764.77	1688.72
		trafo 2	630	909	412	4	2520	1724.83	4244.83	1904.06
11	UI 11	trafo 1	630	909	320	4	2520	1040.52	3560.52	1597.11
		trafo 2	400	577	225	4	1600	810.21	2410.21	1081.12
12	UI 12	Trafo 1	400	577	125	4	1600	250.06	1850.06	829.87
<b>Total Losses energi trafo / bulan</b>										<b>45787.10</b>

Berdasarkan tabel diatas total losses energi trafo distribusi per bulan adalah 45787,1 kWh / bulan. Jika dikonversikan ke nilai rupiah maka losses energinya sebesar **Rp.14.880.807,00 / bulan** (dengan harga 1 kWh sebesar Rp.325,00).

#### 4.4 Peralatan Kelistrikan yang Harus Diganti

Peralatan kelistrikan yang ada dilingkungan UI Depok sudah ada sejak tahun 1980-an . Peralatan-peralatan listrik tersebut memiliki batas umur pemakaian, biasanya batas umur pemakaian peralatan kelistrikan maksimal 20 tahun. Dengan kata lain peralatan kelistrikan yang beroperasi lebih dari 20 tahun harus diganti. Meskipun peralatan kelistrikan tersebut kelihatan masih bagus. Hal tersebut dilakukan diantaranya untuk menjaga kualitas daya listrik, losses yang besar, dan yang paling utama adalah tingkat keselamatan manusia.

Peralatan-peralatan kelistrikan yang beroperasi lebih dari 20 tahun diantaranya sebagai berikut :

**Tabel 4.19** Peralatan kelistrikan yang harus diganti

No	Gardu Listrik	Peralatan Listrik	Kapasitas	Tahun Pengoperasian	Harga (Rp) (Juta)
1	UI 0	Cubicle 1	20 kV	1985	65
2	UI 0	Cubicle 2	20 kV	1985	65
3	UI 0	Cubicle 3	20 kV	1985	65
4	UI 0	Cubicle 4	20 kV	1985	65
5	UI 1	Trafo 1	630 kVA	1986	250
6	UI 1	Cubicle 1	20 kV	1985	65
7	UI 1	Cubicle 2	20 kV	1985	65
8	UI 1	Cubicle 3	20 kV	1985	65
9	UI 1	Cubicle 4	20 kV	1985	65
10	UI 1	Cubicle 5	20 kV	1985	65
11	UI 2	Cubicle 1	20 kV	1985	65
12	UI 2	Cubicle 2	20 kV	1985	65
13	UI 2	Cubicle 3	20 kV	1985	65
14	UI 2	Cubicle 4	20 kV	1985	65
15	UI 3	Trafo 1	400 kVA	1985	160

16	UI 3	Cubicle 1	20 kV	1985	65
17	UI 3	Cubicle 2	20 kV	1985	65
18	UI 3	Cubicle 3	20 kV	1985	65
19	UI 4	Trafo 2	400 kVA	1985	160
20	UI 4	Cubicle 1	20 kV	1985	65
21	UI 4	Cubicle 2	20 kV	1985	65
22	UI 4	Cubicle 3	20 kV	1985	65
23	UI 4	Cubicle 4	20 kV	1985	65
24	UI 5	Trafo 1	630 kVA	1985	250
25	UI 5	Cubicle 1	20 kV	1985	65
26	UI 5	Cubicle 2	20 kV	1985	65
27	UI 5	Cubicle 3	20 kV	1985	65
28	UI 6	Cubicle 1	20 kV	1985	65
29	UI 6	Cubicle 2	20 kV	1985	65
30	UI 6	Cubicle 3	20 kV	1985	65
31	UI 7	Trafo 1	400 kVA	1986	160
32	UI 7	Cubicle 1	20 kV	1985	65
33	UI 7	Cubicle 2	20 kV	1985	65
34	UI 7	Cubicle 3	20 kV	1985	65
35	UI 7	Cubicle 4	20 kV	1985	65
36	UI 8	Trafo 2	800 kVA	1986	320
37	UI 8	Cubicle 1	20 kV	1985	65
38	UI 8	Cubicle 2	20 kV	1985	65
39	UI 8	Cubicle 3	20 kV	1985	65
40	UI 8	Cubicle 4	20 kV	1985	65
41	UI 9	Trafo 1	630 kVA	1983	250
42	UI 9	Cubicle 1	20 kV	1985	65
43	UI 9	Cubicle 2	20 kV	1985	65
44	UI 9	Cubicle 3	20 kV	1985	65
45	UI 9	Cubicle 4	20 kV	1985	65
46	UI 11	Trafo 1	630 kVA	1986	250
47	UI 11	Trafo 2	400 kVA	1985	160
48	UI 11	Cubicle 1	20 kV	1985	65
49	UI 11	Cubicle 2	20 kV	1985	65
50	UI 11	Cubicle 3	20 kV	1985	65
51	UI 11	Cubicle 4	20 kV	1985	65
52	UI 12	Trafo 1	400 kVA	1985	160
53	UI 12	Cubicle 1	20 kV	1985	65

54	UI 12	Cubicle 2	20 kV	1985	65
55	UI 12	Cubicle 3	20 kV	1985	65
<b>Jumlah Total</b>					<b>5045</b>

Note : Harga peralatan listrik tahun 2008

Berdasarkan tabel diatas, maka biaya total yang harus dikeluarkan untuk mengganti peralatan-peralatan kelistrikan adalah sebesar **Rp. 5.045.000.000,00**.

Pada aplikasinya, penggantian peralatan-peralatan kelistrikan tidak harus di ganti secara serentak, tetapi bisa dilakukan secara periodikal

#### **4.5 Analisis Perbandingan Langganan Listrik**

##### **4.5.1 Langganan Listrik Sistem Terpusat**

Jika kita berlangganan listrik tegangan menengah 20 kV ke PT. PLN maka selain membayar biaya pemakaian listrik kita juga harus merawat peralatan-peralatan listrik 20 kV. Sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya, biaya yang harus dikeluarkan untuk perawatan peralatan-peralatan listrik tersebut tidak sedikit mengingat peralatan-peralatan listrik di UI sudah tergolong tua.

Disini penulis akan membahas secara terperinci biaya-biaya penggunaan listrik atau perawatan peralatan listrik yang harus dikeluarkan tiap bulannya

1. Biaya pergantian peralatan kelistrikan Tegangan Menengah 20 kV (masa operasi lebih dari 20 tahun) sebesar Rp.5.045.000.000,00
2. Biaya pembayaran listrik per bulan sebesar Rp.783.840.066 (data diambil berdasarkan rata-rata pembayaran listrik 3 bulan terakhir).

Didalamnya sudah termasuk :

- Losses trafo distribusi Rp.14.880.807,00 / bulan
  - Losses kabel JTM Rp. 70.896,00 / bulan
3. Biaya perawatan peralatan kelistrikan tegangan menengah sebesar Rp.5.624.095,00 per bulan
  4. Karena keterbatasan alat, maka jika terjadi gangguan yang tingkat kesulitannya tinggi biasanya menggunakan jasa pihak ke-3, meskipun kejadiannya tidak sering. Biaya per bulannya Rp. 2.000.000,00

#### 4.5.2 Langganan Listrik Sistem Terpisah

Jika UI merubah langganan listrik dari sistem kelistrikan terpusat menjadi sistem kelistrikan terpisah , maka biaya-biaya yang harus dikeluarkan diantaranya adalah :

1. Investasi awal untuk berubah ke langganan listrik sistem terpisah sebesar Rp. 2.002.701.000,00
2. Pemakaian energi listrik dari bulan Maret s/d Mei 2009 rata-rata sebesar 1.617.293 kWh dengan biaya beban sebesar Rp.204.435.000,00, golongan tarif listrik S2 sebesar Rp.380,00 / kWh dan dikurangi losses pada kabel jaringan tegangan menengah dan trafo distribusi. Sehingga pembayaran energi listrik Rp.796.430.542,00 / bulan.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa dengan berlangganan listrik sistem terpisah maka :

1. biaya yang dikeluarkan akan lebih efisien dari pada berlangganan listrik sistem terpisah,
2. Jaringan tegangan menengah UI beserta peralatan listrik tegangan menengah lainnya akan menjadi tanggung jawab pihak PLN, baik dari segi perawatan maupun dari segi perbaikan.
3. Losses yang terjadi pada kabel jaringan tegangan menengah dan trafo distribusi akan ditanggung oleh pihak PLN,
4. Biaya pembayaran energi listrik sedikit lebih mahal (golongan tarif S2 sebesar Rp.380,00 / kWh) dibandingkan berlangganan listrik sistem terpusat (golongan tarif S3 sebesar Rp.325 / kWh).

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan data dan analisa hasil perhitungan pada sistem kelistrikan di Universitas Indonesia Depok, dapat disimpulkan bahwa dengan berlangganan listrik sistem terpisah akan lebih efisien dan efektif dari pada berlangganan listrik sistem terpusat. Hal tersebut bisa dilihat dari beberapa hal berikut ini diantaranya adalah :

1. Dari segi biaya total pengeluaran, dengan berlangganan listrik sistem terpisah maka pihak UI hanya mengeluarkan biaya investasi awal sebesar Rp. 2.002.701.000,00 untuk berlangganan listrik sistem terpisah. Jika UI masih berlangganan listrik sistem terpusat maka biaya total untuk regenerasi / pergantian peralatan listrik (masa operasi peralatan lebih dari 20 tahun) maka biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp.5.045.000.000,00.
2. Perawatan dan perbaikan jaringan tegangan menengah UI beserta peralatan kelistrikan 20 kV lainnya, akan ditangani oleh pihak PLN kecuali beberapa gedung yang disuplai oleh tegangan menengah.
3. Dengan berlangganan listrik sistem terpisah maka losses energi listrik yang diakibatkan oleh losses kabel jaringan Tegangan Menengah sebesar Rp.70.896,00/ bulan dan losses Trafo distribusi sebesar Rp.14.880.807,00 / bulan tidak ditanggung oleh pihak UI. Karena energi listrik di suplai ke tiap-tiap gedung langsung dari PLN.
4. Dengan berlangganan listrik sistem terpisah maka SDM yang ditugaskan untuk maintain jaringan kelistrikan di lingkungan UI akan lebih mudah terkontrol.

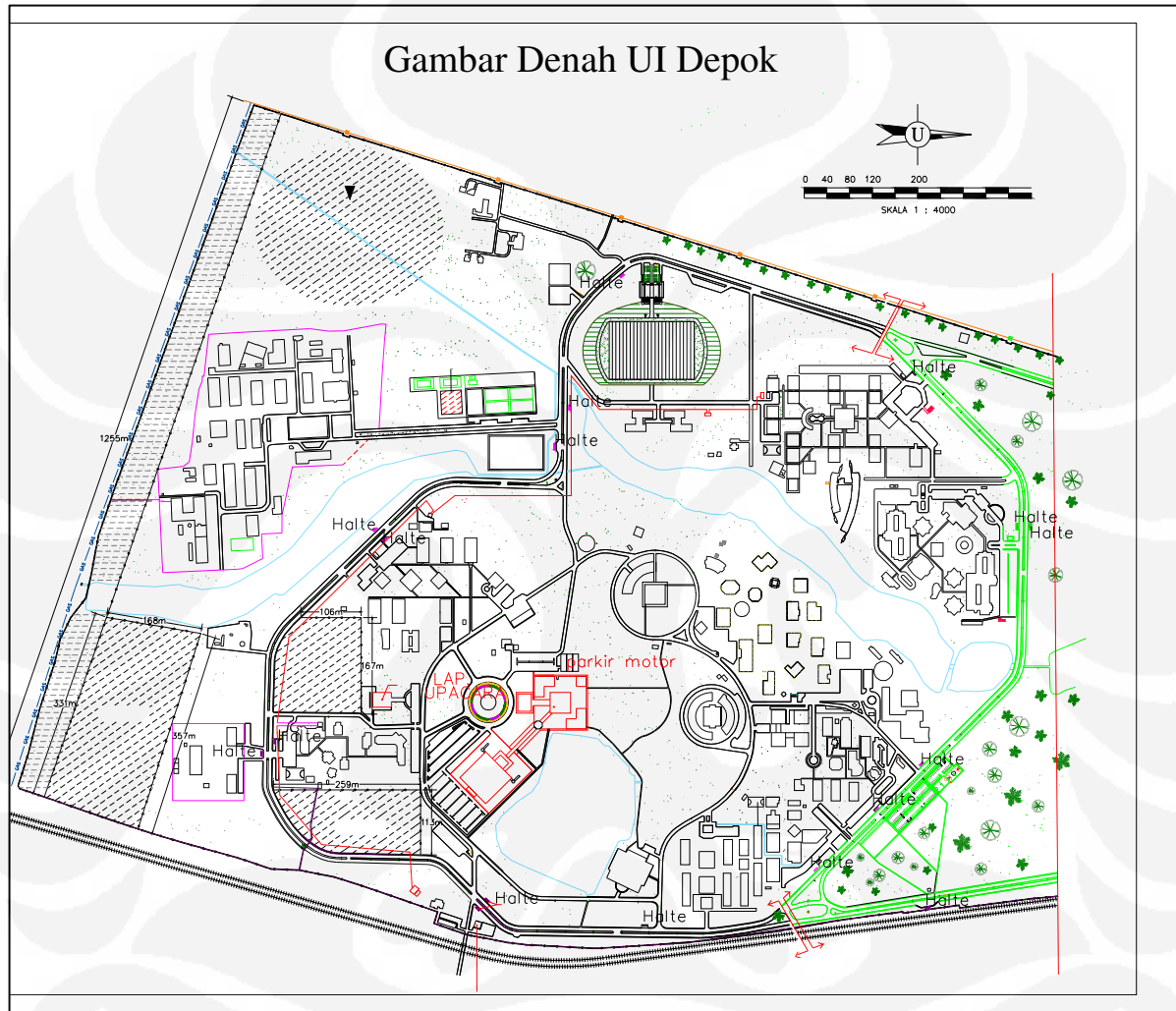
**DAFTAR REFERENSI**

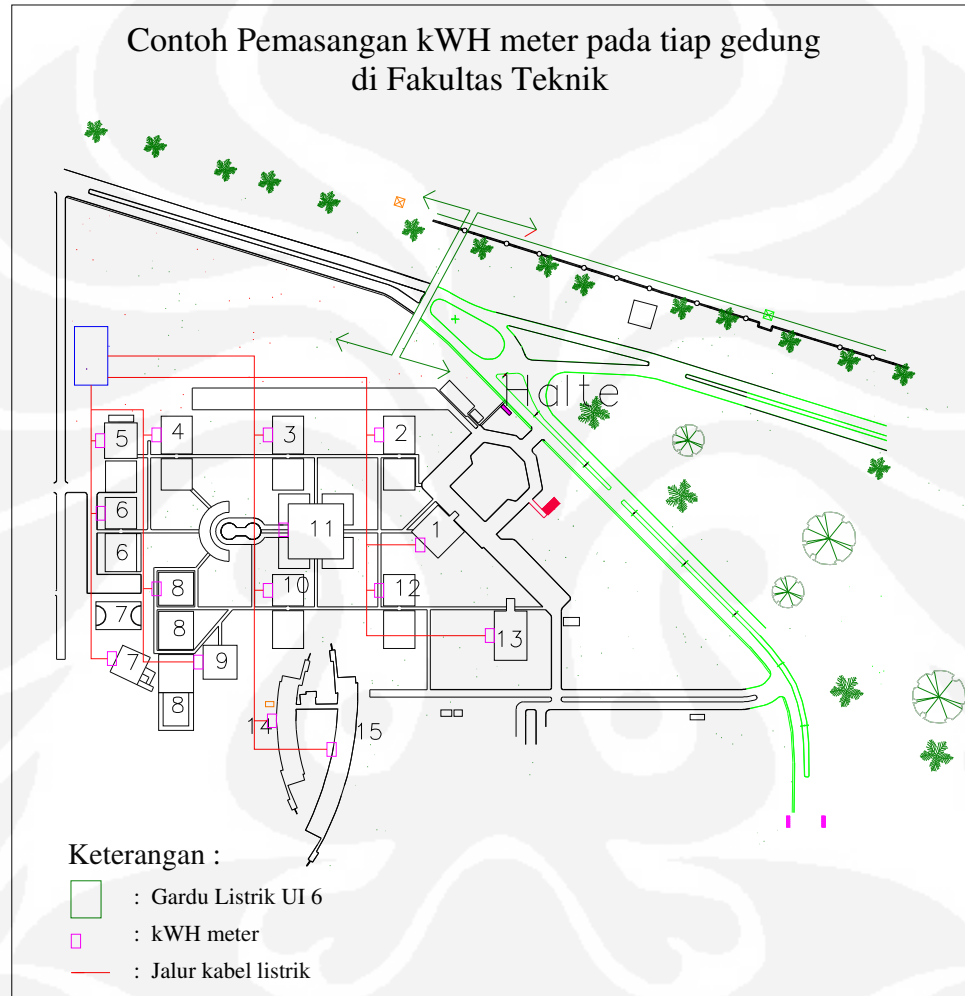
- [1] Gonen, Turan. 1986. *Electrical Power Distribution System Engineering*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- [2] Pusat Teknologi dan Informasi Ketenagalistrikan. Audit Energi Listrik dan Pemetaan Kondisi Existing Jaringan Distribusi TM 20 kV kampus Universitas Indonesia.
- [3] Pabla, AS. 1994. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta. Erlangga
- [4] Pusat Teknologi dan Informasi Ketenagalistrikan. Pelabelan Gardu-Gardu Di Universitas Indonesia Depok.
- [5] Ramadhianto, Danang. 2008. *Studi Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga listrik melalui Analisis Pengukuran dan Perhitungan*. Jurusan Elektro FTUI. Jakarta.
- [6] [www.plnjaya.co.id](http://www.plnjaya.co.id)
- [7] [www.malaysia.answers.yahoo.com/question/index](http://www.malaysia.answers.yahoo.com/question/index)
- [8] [www.findarticles.com/p/articles/mi\\_m0BPR/is\\_10\\_21/ai\\_n6259812/](http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0BPR/is_10_21/ai_n6259812/)



# LAMPIRAN







PT PLN (Persero)		Distribusi Jabar & Banten APJ Depok		UPJ Depok Kota		Halaman 01 dari 01	
INVOICE							
Nama Pelanggan/Alamat : UNIV INDONESIA KP PONDOK CINA DEPOK		Bulan/Tahun : April 2009		FRT : 1,00			
No ID Pelanggan : 538710429135		FKM : 5.000		Batas Energi WBP (kWh) : 0,00			
Gardu/Tiang : GH64/KHS		Batas Daya (VA) : 0,00		Jam Nyala : 247,26 (~350)			
Daya Tersambung (VA) : 6.930.000		Gol Tarif : S3		Faktor K : 2 (default)			
Alamat Bayar/Transfer : Bank ONLINE		Batas Akhir Masa Bayar : 20/04/09					
		<a href="#">Daftar Terlampir</a>					
Catatan Meter	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH		
St. Meter Akhir	01/04/09	0,000	0,000		0,000		
St. Meter Lalu	02/03/09	0,000	0,000		0,000		
Selisih		0,000	0,000		0,000		
Faktor Kali		8,000	8,000		8,000		
Pemakaian		1.541,144	172,336	1.713,480,0 kWh	669,784		
Realisasi Daya Max							
<b>Perhitungan Tarif :</b>							
<b>1. Biaya Beban :</b>							
a. Biaya Beban Normal	6,930 kVA	$\times$	$\frac{29,500}{Rp}$	=	204,435,000		
b. Kelebihan Daya WBP (> Batas Daya, kVA)	0,00	$\times$	$\frac{0}{Rp}$	=	0		
<b>2. Biaya Pemakaian :</b>							
a. LWBP (pk, 22 s/d pk, 18)	1.541,144 kWh	$\times$	$\frac{325}{Rp}$	=	500,871,800		
b. WBP 1 ( $\leq$ Batas Energi)	172,336,00 kWh	$\times$	$\frac{325}{Rp}$	=	112,018,400		
c. WBP 2 (> Batas Energi)	0,00 kWh	$\times$	$\frac{325}{Rp}$	=	0		
d. Kelebihan kVArh (Pemakaian - 0,62 Total kWh)	0 kWh	$\times$	$\frac{529}{Rp}$	=	0		
<b>3. Pengurangan Tagihan Listrik :</b>							
a. Akibat TMP Tidak Terpenuhi :				=	Rp	(-)	
b. Reduksi :				=	Rp	0(-)	
c. Incentive *)	= Rp 0,00 +	0,00	$\times$	$\frac{0,00}{Rp}$	=	Rp	0(-)
<b>4. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik Biasa</b>						=	Rp 817.325.200
<b>5. Biaya TMP Prima 25% x (4), TMP Prima terpenuhi</b>						=	Rp 0(+)
<b>6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik Prima (4+5)</b>						=	Rp 817.325.200
<b>7. PPJ :</b>						=	Rp 0
<b>8. Lain-lain :</b>						=	Rp
a. Angsuran				=	Rp		
b. Biaya Sewa Trafo/Pemakaian Trafo				=	Rp	0	
c. Sewa Kapasitor				=	Rp		
<b>9. Materai</b>						=	Rp 6.000
<b>JUMLAH TAGIHAN</b>						=	Rp 817.331.200
<b>TERBILANG :</b>							
DELAPAN RATUS TUJUH BELAS JUTA TIGA RATUS TIGA PULUH SATU RIBU DUA RATUS							
<b>STATUS TAGIHAN :</b>							

20/04

**BELUM LUNAS****\*) Catatan****A. Syarat Incentive**

1.  $LWBP > 50\% \times \text{Daya Kontrak} \times 0,8 \times 600 \text{ Jam}$
2.  $WBP \leq \text{Batas Energi WBP}$
3.  $\text{Realisasi Daya Max} < \text{Batas Daya}$

**B. Batas Incentive****Nilai Dasar**

50% Biaya Beban  
 $50\% \text{ Batas Energi} \times 50\% \text{ tarif kWh LWBP}$

**Nilai Tambahan**

$(\text{kWh Batas} - \text{pemakaian kWh WBP}) \times 50\% \text{ tarif kWh LWBP}$

Ref: 9341/5805/2855/96/2009

Selain pembayaran melalui Bank online, PLN menawarkan program **Lending Working Capital (LWC)** melalui Bank BNI dan Danamon untuk pembayaran tagihan listrik Anda.

Untuk informasi dan pengaduan hub:  
**PLN Prima Depok Kota**  
 Telp. (021) 77824054.

20 April 2009 12:36:51

Print

## Simulasi Rekening Listrik Golongan Tarif S2

### TDL 2003 (Bulan Juli - September)

Pemakaian = 10000 kWh Golongan = S2-66000

No.	Item	Perhitungan	Jumlah (Rupiah)
1.	Bea Beban	$66000 / 1000 \times \text{Rp.}30,500.00$	Rp.2,013,000.00
2.	Blok I : 0 -3960 kWh	$3960 \text{ kWh} \times \text{Rp.}380.00$	Rp.1,504,800.00
3.	Blok II : Selebihnya :(10000-3960)	$6040 \text{ kWh} \times \text{Rp.}430.00$	Rp.2,597,200.00
4.	Blok III :		
Jumlah Rupiah Tagihan			Rp.6,115,000.00

## PENJELASAN GOLONGAN TARIF LISTRIK

No	Gol. Tarif	Penjelasan
1	S - 1	Pemakai Sangat Kecil
2	S - 2	Badan Sosial Kecil
3	S - 3	Badan Sosial Sedang
4	S - 4	Badan Sosial Besar
5	SS- 4	Badan Sosial Besar, Dikelola Swasta
6	R - 1	Rumah Tangga Kecil
7	R - 2	Rumah Tangga Sedang
8	R - 3	Rumah Tangga Menengah
9	R - 4	Rumah Tangga Besar
10	U - 1	Usaha Kecil
11	U - 3	Usaha Sedang
12	U - 3	Usaha Besar
13	U - 4	Sambungan Sementara
14	H - 1	Perhotelan Kecil
15	H - 2	Perhotelan Sedang
16	H - 3	Perhotelan Besar
17	I - 1	Industri Rumah Tangga
18	I - 2	Industri Kecil
19	I - 3	Industri Sedang
20	I - 4	Industri Menengah
21	I - 5	Industri Besar
22	G - 1	Gedung Kantor Pemerintah
23	G - 2	Gedung Kantor Pemerintah Besar
24	J	Penerangan Jalan Umum

**MEDIUM VOLTAGE XLPE INSULATED CABLE**  
 Copper or Aluminium Conductor, XLPE Insulated  
 Copper Wire / Tape Screened, PVC Sheathed Cable



- |                      |   |
|----------------------|---|
| 1. Conductor         | - copper or aluminium (compacted circular stranded) |
| 2. Conductor screen  | - extruded semi conductive compound                 |
| 3. Insulation        | - extruded cross linked polyethylene (XLPE)         |
| 4. Insulation screen | - extruded stripable semiconductive compound        |
| 5. Metallic screen   | - helically overlapped copper tape                  |
| 6. Inner covering    | - helically overlapped polyester tape               |
| 7. Outer sheath      | - extruded PVC 80° C grade                          |

**MEDIUM VOLTAGE XLPE INSULATED CABLE**

**TERMINAL DATA**

- |  |  |
|--|--|
|  | 15 kV (Alum.) / 17.5 kV (Cu)   |
|  | Used for (cables) down to 10 kV (with 100% metal shield) or up to 15 kV (ground wire) (with 100% metal shield) |

**GENERAL DATA**

Cable Nominal Voltage (kV)	Cable Design (mm <sup>2</sup> )	Insulation Thickness (mm)	Insulation Resistance (MΩ.km)		Cable Capacitance (pF/km)		Weight (kg/km)	Overall Cable Diameter (mm)	Cable Weight (kg/km)
			1000V	100V	SI	SI			
10	35	14.3	1.8	1.8	202	600	280	25	
10	70	15.3	1.8	1.8	825	600	280	21	
10	105	16.3	1.7	1.7	1.000	700	310	22	
10	140	18.1	1.7	1.7	1.200	700	340	24	
10	175	19.9	1.6	1.6	1.500	800	365	26	
10	210	21.3	1.6	1.6	1.700	1.000	410	29	
10	245	22.3	1.6	1.6	2.100	1.200	430	29	
10	280	24.5	1.6	1.6	2.500	1.300	470	31	
10	315	26.9	2.0	2.0	3.100	1.600	520	34	
10	350	29.1	2.1	2.1	3.700	1.800	570	38	
10	385	31.9	2.2	2.2	4.600	2.200	630	39	
10	420	34.3	2.3	2.3	5.700	2.600	690	42	
10	455	36.7	2.4	2.4	7.300	3.000	750	43	
10	490	43.6	2.5	2.5	9.100	3.600	820	52	

**GENERAL DATA**

Cable Nominal Voltage (kV)	Max. DC Field Stress at 100% Dielectric (kV/cm)		XLPE Thickness (mm)	Cable Capacity Coefficient (pF/km)			Cable Weight Coefficient (kg/km)			Insulation Weight (kg/km)	Production Weight (kg/km)	Max. Weight Coefficient (kg/km)	
	SI	SI		SI	SI	SI	SI	SI	SI				
10	3.727	1.200	1.100	191	147	172	132	0.161	0.430	2.56	3.75	2.49	
10	0.524	0.338	1.000	231	179	204	167	0.181	0.406	2.72	5.10	3.45	
10	0.366	0.241	900	277	215	239	188	0.200	0.390	2.92	7.30	4.69	
10	0.195	0.125	800	345	268	291	227	0.230	0.397	2.96	10.28	5.81	
10	0.153	0.100	700	418	327	344	270	0.261	0.348	2.60	13.88	8.19	
10	0.100	0.075	600	481	327	368	308	0.298	0.327	2.68	17.49	11.58	
10	0.124	0.090	500	557	324	425	333	0.300	0.331	3.23	21.87	14.43	
10	0.094	0.084	500	612	482	473	377	0.341	0.318	4.28	26.80	17.78	
10	0.0754	0.125	400	718	673	640	434	0.362	0.300	4.68	34.70	22.68	
10	0.0591	0.100	400	811	822	601	487	0.430	0.358	4.02	43.47	28.87	
10	0.0470	0.0778	400	921	741	649	537	0.467	0.268	5.48	57.79	38.14	
10	0.0398	0.0600	400	1.006	638	774	618	0.517	0.230	6.96	72.16	47.80	
10	0.0333	0.0434	400	1.086	571	819	655	0.514	0.200	8.83	90.80	59.20	
10	0.0221	0.0307	400	1.210	688	872	698	0.572	0.272	8.06	118.23	75.68	

## Watt per square foot

Are you looking for the electrical design requirements from the National Electric Code (NEC)?

Or are you interested in what the actual demand will be on the electric meter?

The NEC defines 3 watts per ft<sup>2</sup> for lighting and requires every duplex outlet be considered as 1.5 amps of load. The electrical requirements of HVAC equipment is also over estimated. Motors are computed at their worst case amperage, regardless of their actual load or usage patterns. The largest motor is assumed to draw 125% of it's running load.

Some cities have energy efficiency requirements for NEW buildings that limit the lighting load to less than 1 watt per ft<sup>2</sup>. The energy efficiency of AC equipment keeps improving. The actual electrical demand for AC equipment is less than 1 kW per ton of cooling capacity.

In reality, in modern commercial buildings it is not uncommon for the total demand (as measured on the electric meter) to average out to less than 6 watts per ft<sup>2</sup>.

Obviously these numbers can change depending on the type of activity and equipment in the commercial building. The 6 watt value is typical of an office building environment. The food court area will likely run higher. However it is offset by the walkways, receiving and storage areas as well as the employee only halls behind the scenes.

Call your local utility and ask to speak with someone in their Marketing department. They generally have done load studies for various commercial customers.



Need more information -- "commercial" could be office space, retail, food service, whatever, and the needs for these can vary GREATLY!

Your climate will also make a HUGE difference in the calculation, since air conditioning can present quite a large addition to the power requirements of a building depending upon its construction and the region where it's built.

Even with the most efficient lighting, you'll need 1 watt per square foot (as much as 2.5 watts per square foot is more typical) just to handle that.

Without knowing at least what region of the country you're in, no ballpark figure is really possible that will get you where you need to go with this.

Here's a site that provides you with the sort of information you're after for the lighting portion of the equation. Calculate the types of space involved in your building and start multiplying:

<http://www.southface-energycode.org/Com...>

Edit:

OK, just checked back in, and note both your use model and location. Here's hoping you plan to use the latest and more efficient equipment. Remember that food service vs. regular retail can make a big difference. This figure is for an average mall with a "food court" of a size that corresponds to the rest of the retail space, and a typical width/height of "mall" space (pretty and open isn't always cheap to cool -- and you've got to cover your peak demand problems):

18W/sq ft for HVAC

1.5W/sq ft for lighting (higher in retail areas, lower in mall)

6W/sq ft for tenant demand and convenience demand

## No-load transformer losses

Are there any tables or rules of thumb for no load transformer losses? I am looking to get a ballpark feel for these losses on our plant transformers. We have two main transformers on 69 kV at 18,500 kVA and 3,500 kVA as well as several on 13.8 kV at 1,000 kVA, 1,500 kVA, and 2,000 kVA.

I am presently attempting to account for our consumption of electricity for the state. We pay a sales tax on electricity and natural gas purchased that is not used directly in manufacturing. So items such as office lighting, HVAC, etc., are taxable. I must prove the usage--measuring the consumption in the offices, etc., and subtracting that value from the total purchased is not allowed. When the plant is not operating and the offices are shut down, my energy draw is 250 kW. I am assuming that at least 90%+ is from the no-load transformer losses since nothing else is operating and that consumption is 24/7 for 356 days. So that was the reason for my question. Ever encounter a situation like this one before? I haven't.

I suspect there is a handbook somewhere that has this information published; however, I have not been able to find such. Any help would be appreciated.

Donald Huber

Transfer, PA

Coyle responds:

There are some very rough rules of thumb in use, such as total losses at 1% to 1.5% of rating and no-load losses at .25% to .50% of rating, commonly used to size ventilation and cooling systems for transformer rooms. Some manufacturers provide loss data, again intended primarily for determining cooling load, in their catalogs or on their webpages. However, actual losses can vary significantly between manufacturers and transformer types for the same voltage and kVA ratings, and it is best to use actual data for your units.

When purchasing a large power transformer, such as your 69 kV units, it is common to include the cost of losses in bid evaluation. The owner provides the engineer with the net present value of a kWh of electricity, based on the electric rate and internal cost of money, projected over the economic life of the transformer. The engineer combines this information with the expected loading of the transformer to produce a cost per kW of no-load loss and a cost per kW of load loss, which are included in the transformer specification.

Each manufacturer is required to provide guaranteed maximum loss data with their proposal, which are multiplied by the specified cost of losses and added to the purchase price of the transformer to determine the lowest total cost proposal. Because the manufacturers are provided with the cost of losses up front, they are able to balance first cost and efficiency in their design, in an attempt to produce the lowest total cost. Certified testing verifies the actual losses after the unit is manufactured, and penalties may apply if the guaranteed values are exceeded. Unfortunately, this design flexibility makes it difficult to estimate losses from transformer nameplate data alone. However, even if the cost of losses was not evaluated, routine factory testing of transformers of this size and voltage should include measurement of both no-load and load losses. You may be able to find a test report in your files, or obtain a copy from the manufacturer.