

## **TUGAS AKHIR**

# **EVALUASI PERENCANAAN KEBUTUHAN DAYA PADA INSTALASI LISTRIK KANTOR PIMPINAN DAERAH MUHAMMADIYAH KOTA MEDAN**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)  
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh :

**WAHYU PRATAMA AZHARI**  
**1407220087**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## LEMBARAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

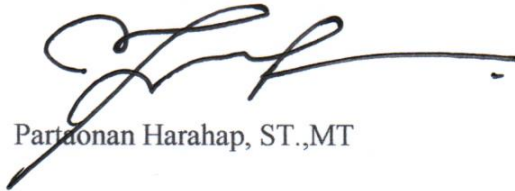
Nama : Wahyu Pratama Azhari  
NPM : 1407220087  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Evaluasi Perencanaan Kebutuhan Daya Pada Instalasi  
Listrik Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota  
Medan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang di perlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 25 September 2019

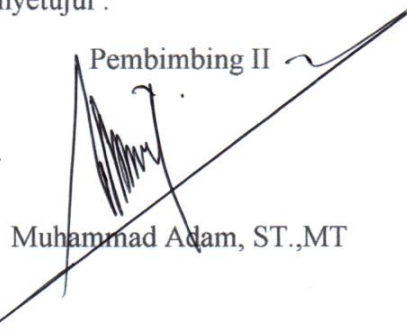
Mengetahui dan menyetujui :

Pembimbing I



Partonon Harahap, ST., MT

Pembimbing II



Muhammad Adam, ST., MT

Penguji I



Zulfikar, ST., MT

Penguji II



Faisal Irsan Pasaribu, ST., MT

Program Studi Teknik Elektro  
Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, ST., MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah Ini:

Nama : Wahyu Pratama Azhari  
Tempat /Tanggal lahir : Sei Semayang, 30 Oktober 1996  
NPM : 1407220087  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul :

### **“EVALUASI PERENCANAAN KEBUTUHAN DAYA PADA INSTALASI LISTRIK KANTOR PIMPINAN DAERAH MUHAMMADIYAH KOTA MEDAN”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik. Bila dikemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini diperbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 September 2019

Saya yang menyatakan,



  
Wahyu Pratama Azhari

## ABSTRAK

Beban-beban listrik yang terpasang pada gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan antara lain beban penerangan (lampu-lampu) serta beban tenaga (stop kontak) dan beban tenaga motor-motor listrik (AC, dan lain-lain), yang tentunya membutuhkan suplai daya listrik yang cukup besar. Hasil perhitungan beban terpasang panel utama sebesar  $290,75 \text{ kW} = 290.750 \text{ Watt}$ , pada Gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan suplai daya listrik dari PLN sebesar 15 kVA. Pada pengaman MCB panel pembagi lantai 1 dayanya 5.280 watt, nilai MCB terpasang sebesar 8,91 A, MCB yang digunakan adalah 10 A. Jadi untukantisipasi penambahan beban, maka MCB terpasang harus sesuai dengan pemasangan faktor daya untuk gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan. Untuk faktor daya, bahwa  $\cos \varphi$  awal ( $Q_1$ ) sebesar 0,9 sebesar 5,534 KVAR, sedangkan untuk memperbaiki menjadi  $\cos Q_2$  sebesar 0,99 sebesar 1,9224 KVAR, maka besar kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya sebesar 4,6116 KVAR.

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

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum WarahmatullahiWabarakatu*

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Evaluasi Perencanaan Kebutuhan Daya Pada Instalasi Listrik Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan”**.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Yang tersayang Ayahanda Asbullah ashari dan Ibunda Heriati serta adik tercinta Dicki ananda azhari, yang dengan tulus memberikan semangat, dorongan dan bimbingan dengan ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti ini menyelesaikan tugas akhir ini.

2. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, ST, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu , ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan Harahap, ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Sekaligus Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Muhammad Adam, ST, MT. Selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tugas akhir ini
6. Bapak dan Ibu Dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
7. Karyawan biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Orang yang spesial buat saya yang telah memberikan semangat serta motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan tulisan ini.
9. Andika Cahya Utama S.T., Joko Sugianto S.T., Suhardi Istiawan S.T, Tubagus Jaka Suriya S.T., Sukri Hutasuhut, Muhammad Wahyudi, Ropo Alipiyanto Sitohang dan Teman-teman seangkatan dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Program Studi Teknik Elektro angkatan 2014 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr.wb*

Medan, 25 SEPTEMBER 2019

Penulis

WAHYU PRATAMA AZHARI

1407220087

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Relevan .....	7
2.2. Teori Pendukung .....	10
2.2.1 Daya Listrik .....	10
2.3 Pengertian Instalasi Listrik .....	13
2.4 MCB (Miniature Circuit Breaker) dan Prinsip kerjanya.....	17
2.4.1 Prinsip kerja MCB (Miniature Circuit Breaker) .....	17



2.4.1.1 Thermal Tripping (Pemutusan Hubungan arus listrik dengan Suhu Tinggi) .....	17
2.4.1.2 Magnetic Tripping (Pemutusan Hubungan arus listrik secara Magnetik) .....	18
2.4.2. Jenis-jenis MCB (Miniature Circuit Breaker).....	19
2.5 Pengertian Transformator (Trafo) .....	20
2.5.1 Bentuk dan Simbol Transformator (Trafo) .....	21
2.5.2 Prinsip Kerja Transformator (Trafo).....	21
2.6 Rugi-rugi Susut Teknis .....	23
2.6.1 Penyusutan Daya Secara Teknis .....	26
2.6.2. Penyusutan Daya Secara Non Teknis .....	27
2.6.3 Upaya Mengurangi Penyusutan .....	27
2.7 Rugi/Susut Teknis Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	29
2.8 Rugi-rugi yang konstan, rugi besi dan sebagainya .....	35
2.9 Rugi-rugi yang tidak langsung sebagai fungsi dari beban .....	35
2.10 Perbaikan Faktor Daya.....	38
2.10.1 Daya Listrik .....	38
2.11 KWH Meter .....	40
2.11.1 Jenis-jenis KWH Meter .....	42
2.11.2 Prinsip Kerja KWH Meter .....	43
2.12 Lampu Indikator.....	45
2.12.1 Cara Kerja kapasitor .....	45
2.12.2 Prinsip Pembentukan Kapasitor .....	46
2.12.3 Jenis dan Macam-macam Kapasitor .....	47

<b>BAB 3 METODEODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>49</b>
3.1 Tempat dan lokasi penelitian .....	49
3.2 Sumber Daya Listrik PLN .....	49
3.2.1 Sumber Daya Listrik Generator-Set .....	50
3.2.1.1. Perlengkapan Hubung Bagi (Panel) .....	51
3.3 Metode Perancangan Sistem Kelistrikan .....	51
3.3.1 Sistem Daya Listrik (PLN) .....	51
3.3.2 Sistem Daya Listrik Generator-Set.....	51
3.4 Beban terpasang .....	52
3.5 Diagram Alir Penelitian .....	55
<b>BAB 4 HASIL &amp; PEMBAHASAN .....</b>	<b>56</b>
4.1. Analisa Kebutuhan Daya Listrik .....	56
4.1.1 Beban Maksimum .....	56
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	53

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Thermal tripping.....	18
Gambar 2.2	Magnetic tripping .....	19
Gambar 2.3	Tranformator (TRAFO) .....	21
Gambar 2.4	Lempenganbesi yang membentukintitransformator .....	23
Gambar 2.5	Segitigadayabebanlistrikbersifatkapasitif .....	38
Gambar 2.6	Segitigadayabebanlistrikbersifatinduktif.....	39
Gambar 2.7	KWH meter analog .....	41
Gambar 2.8	KWH meter digital.....	43
Gambar 2.9	Lampu indicator .....	45
Gambar3.1	Rekeninglistrikbulanapril 2019.....	49
Gambar 3.2	Rekeninglistrikbulanmei 2019 .....	50
Gambar 3.3	Rekeninglistrikbulanjuni 2019 .....	50
Gambar 3.4	Rekeninglistrikbulanjuli 2019.....	50
Gambar 3.5	Generator SET 150 KVA.....	51
Gambar 3.6	Diagram aliranalisispengerjaan.....	52
Gambar 3.7	Diagram alirpenelitian.....	55
Gambar 4.1	Grafikhasilperhitunganfaktordaya.....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Pelangganindustri PLN kotamedan.....	53
Tabel 1.1	Hasilperhitunganfaktordaya.....	62

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini, dimana hampir semua aktifitas manusia berhubungan dengan energi listrik. Fungsi instalasi listrik yaitu untuk mempermudah pemasangan pada instalasi listrik. Komponenya seperti saklar listrik, stop kontak, lampu pijar, lampu TL, fuse / sekering, fitting atau dudukan lampu serta pipa listrik.

Pemasangan instalasi listrik dirumah tangga idealnya harus mengikuti standar yang berlaku. Hal ini bertujuan supaya produsen energi listrik dan pelanggan terhindar dari kerugian. Salah satu usaha yang dilakukan untuk meningkatkan keamanan adalah dengan membuat sistem pembumian instalasi rumah tangga.

Sementara itu adanya peningkatan kebutuhan gedung yang harus dilayani terkadang bangunan lama tidak mampu lagi untuk menampung berbagai aktifitas yang harus dilakukan. Untuk itu perlu adanya upaya peningkatan daya guna bangunan baik itu berupa, penambahan gedung baru atau pun pembangunan gedung baru di tempat yang lebih tepat dan strategis.

Bangunan ini terdiri dari beberapa dua lantai yang setiap lantainya terdapat ruangan kantor majelis dan lembaga untuk proses administrasi. Ada pun ruangan terdiri dari bermacam fasilitas dan alat-alat lain yang sangat diperlukan digedung dan disetiap ruangan membutuhkan energi listrik untuk pencahayaan dan mengaktifkan setiap fasilitas yang ada, seperti komputer, dan fasilitas lainnya yang sangat bergantung pada listrik.

Untuk mendukung kegiatan tersebut, maka perlu perencanaan kebutuhan daya pada instalasi listrik kantor dan ruangan Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan. Sistem tenaga listrik dan instalasi harus mendukung sistem seluruh gedung tersebut. Pada kesempatan ini penulis tertarik untuk melakukan penelitian Tugas Akhir, pada permasalahan diatas dengan judul “Evaluasi Perencanaan Kebutuhan Daya Pada Instalasi Listrik Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan”.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana mengetahui kebutuhan daya listrik dari beban terpasang dan menganalisis kapasitas pengaman (MCCB/MCB)
2. Bagaimana mengetahui turunnya tegangan dan rugi-rugi daya listrik serta faktor daya.
3. Hasil perbaikan faktor daya untuk gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi perencanaan pembagian daya listrik yang sesuai standar PUIL2000, dengan mengevaluasi berdasarkan perhitungan pembagian daya yang dilakukan selama proses evaluasi kebutuhan daya listrik di Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan menjadi lebih efektif dan efisien.

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis membatasi masalah-masalah yang akan dibahas. Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam laporan ini adalah :

1. Menganalisis kebutuhan daya listrik dari beban terpasang dan menganalisis kapasitas pengaman (MCCB/MCB)
2. Mengetahui turunya tegangan dan rugi-rugi daya listrik serta faktor daya.
3. Mengetahui perbaikan faktor daya untuk gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Bagi penulis sendiri menambah wawasan dan pengetahuan tentang kelistrikan dan dapat merencanakan kebutuhan listrik pada gedung tersebut.

1. Sebagai bahan perbandingan bagi mahasiswa lain yang akan membahas hal yang sama.
2. Membandingkan antara teori yang diperoleh dari bangku perkuliahan dengan yang ada di lapangan.

### **1.5 Metodologi Penelitian**

Metodologi yang digunakan selama melakukan penelitian dan penulisan laporan adalah :

1. Studi Literatur

Penulis memperoleh informasi dan pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini baik dari literatur, data sheet, internet, buku dan jurnal yang berhubungan, serta penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-

rekan mahasiswa, maupun alumni yang kompeten berkaitan dengan penelitian.

## 2. Studi Peralatan

Metode studi peralatan dilakukan penulis untuk mempelajari karakteristik dan spesifikasi alat yang akan digunakan pada saat penelitian, sehingga penulis mendapatkan informasi yang tepat tentang alat yang akan dipakai tersebut dan memperoleh teori dasar fungsi alat tersebut.

## 3. Observasi

Observasi dilaksanakan dengan cara melakukan kegiatan penelitian tentang alat yang digunakan pada masing-masing boiler. Penelitian dilakukan dengan melakukan perencanaan kebutuhan daya listrik pada gedung tersebut

## 4. Konsultasi

Mengadakan konsultasi dengan dosen pembimbing penelitian, serta mahasiswa dan alumni yang kompeten dibidang tertentu yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat terpecahkan masalah saat berlangsungnya penelitian dan membuat program.

## 5. Evaluasi

Melakukan monitoring teruji dengan baik sehingga data yang diperoleh adalah data yang valid. Dengan demikian dapat memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan.

## 6. Menyusun Laporan Skripsi

Penyusunan laporan dilakukan untuk memberikan penjelasan berkaitan dengan alat yang telah dibuat dan juga sebagai dokumentasi secara

keseluruhan yang merupakan tahap akhir dari penelitian ini diambil setelah pembuatan laporan akhir selesai beserta hasil analisa mengenai semua proses yang telah dilakukan selama penelitian berlangsung.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan untuk penelitian ini terdiri dari lima bab yang secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

### **1. BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode pengumpulan data, sistematika penulisan.

### **2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan dasar-dasar teori yang didasarkan dari hasil studi literatur yang berhubungan dengan judul skripsi. Teori-teori yang disajikan berupa pengertian, teori-teori tersebut diambil dari berbagai sumber seperti buku bacaan, survei lapangan dan dari internet bahanbahan tersebut akan digabung menjadi sebuah tulisan yang menjadi dasar teori dari judul skripsi yang memperkuat skripsi tersebut dengan data-data yang ada.

### **3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini akan membahas mengenai metodologi yang digunakan untuk menganalisa kelistrikan serta sistematikanya pada puil 2000 tentang perencanaan instalasi listrik.



#### **4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan diuraikan tentang proses perhitungan dari data-data yang sudah didapatkan. Perhitungan dilakukan berdasarkan landasan teori dimana rumus-rumus tersebut akan digunakan untuk mendapatkan data-data hasil yang diinginkan. Proses perhitungan dan pembahasan akan disajikan secara teratur dan terangkai dengan baik.

#### **5. BAB 5 PENUTUP**

Pada bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dalam proses penyusunan skripsi dan hasil yang didapatkan. Bab ini akan menguraikan secara singkat hal-hal yang sangat penting tentang hasil yang diperoleh.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini, dimana hampir semua aktifitas manusia berhubungan dengan energi listrik. Fungsi instalasi listrik yaitu untuk mempermudah pemasangan pada instalasi listrik. Komponenya seperti saklar listrik, stop kontak, lampu pijar, lampu TL, fuse / sekering, fitting atau dudukan lampu serta pipa listrik. Pemasangan instalasi listrik dirumah tangga idealnya harus mengikuti standar yang berlaku. Hal ini bertujuan supaya produsen energi listrik dan pelanggan terhindar dari kerugian. Salah satu usaha yang dilakukan untuk meningkatkan keamanan adalah dengan membuat sistem pembumian instalasi rumah tangga.

#### **2.1 Tinjauan Relevan**

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya penulis mencoba mengambil sumber referensi dari berbagai sumber seperti jurnal, buku dan proseding sebagai bahan untuk mendukung Tugas akhir ini diantaranya:

- Desy Kristyawati , dkk ,Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma Jl. Margonda Raya 100 Depok 16424 dengan judul Analisa Sistem Instalasi Listrik Dan Pembagiandaya 900 Watt Pada Rumah 2 Tingkat dengan hasil pembahasan menganalisa sistem instalasi listrik pada rumah 2 tingkat ini menggunakan daya 900 Watt, dimana dalam instalasi ini menggunakan KWH (Killo Watt Hour) meter sebagai alat perhitungan dalam pemakaian energi listrik. KWH ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet

tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium. Pada rumah 2 tingkat ini memiliki kapasitas daya terpasang 900 Watt. Sistem distribusinya terbagi ke 2 tingkat untuk memberi energi ke fasilitas-fasilitas elektronik lainnya. dari instalasi lintrik ini terdapat MCB (Miniature Circuit Breaker), MCB pada instalasi ini sebagai pengaman terhadap bahaya beban atau arus lebih. Pemasangan PHB (Pusat Hubung Bagi) berfungsi menerima energi listrik dari APP (Alat Pengukur dan Pembatas) dan selanjutnya mendistribusikan dan sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkit cabang PHB. Pada daya yang dipakai 900 Watt dibagi dengan tegangan dari PLN sebesar 220 volt menjadi arus energi listrik sebesar 4 Ampere total lantai 1 dan 2 di PHB utama, dimana setiap lantai nilai PHB pada MCB nya 2 Ampere dan dispesifikasi pada tiap-tiap beban. Beban yang di gunakan yaitu 1 Ampere untuk penerangan (Lampu) dan 1 Ampere untuk alat-alat elektronik (seperti televisi, radio, kulkas dan lainnya).

- Asrul Azmi ,Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjung pura yang berjudul Studi Perencanaan Kebutuhan Instalasi Listrik dii Rumah Sakit Bersalin Jeumpa yang menghasilkan bahwa Rumah Sakit Bersalin Jeumpa Pontianak merupakan salah satu fasilitas rumah sakit yang sedang merencanakan pengembangan rumah sakit bersalin kelas B. Bangunan rumah sakit bersalin ini akan dikembangkan dengan luasan bangunan dengan ukuran 525 m<sup>2</sup> yang terdiri dari 8 lantai. Untuk sistem instalasi listrik pada bangunan, khususnya Rumah Sakit Bersalin diperlukan perencanaan

secara matang supaya sistem tersebut mampu bekerja dengan sangat efektif, efisien serta sistem tersebut mampu mengatasi gangguan yang terjadi dalam proses penyaluran atau pendistribusian tenaga listrik di bangunan tersebut. Kenyamanan dalam bekerja atau beraktifitas tentunya tidak terlepas dari penyediaan penerangan dan sistem sirkulasi udara yang baik terutama untuk penerangan pada malam hari serta penkondisian udara pada ruangan yang tidak mempunyai ventilasi yang cukup. Untuk merencanakan instalasi tersebut menggunakan metode studi literatur, dalam tahap perencanaan dilakukan beberapa perhitungan yaitu dimensi ruangan, indeks ruang, efisiensi dan armatur sedangkan untuk tata udara harus diketahui terlebih dahulu BTU/hr sesuai kebutuhan ruangan. Untuk mencapai semua itu, instalasi penerangan dan tata udara rumah sakit bersalin ini akan direncanakan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia, berdasarkan SNI 036575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung dan SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. Dengan adanya standar – standar tersebut penulis bisa menentukan jumlah armatur lampu, intensitas maksimum pencahayaan dan kapasitas maksimum air conditioner berdasarkan besar ruangnya.

- Tomas Da Costa Belo dkk dengan judul Analisa Kebutuhan Daya Listrik Di Gedung Perkuliahan 10 Lantai Universitas Pakuan Bogor yang menghasilkan bahwa gedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor adalah termasuk dalam jenis industri komersial yang diperuntukan sebagai salah satu sarana pendidikan yang ada di kota Bogor. Gedung ini terdiri dari 10 lantai yaitu lantai 1 untuk aula, lantai 2 kantor, lantai 3 kantin, lantai 4 sampai

dengan 9 perkuliahan, lantai 10 sidang dan tempat parkir/basement dan daya yang terpasang digedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor sebesar 377.018 watt. Untuk memenuhi kebutuhan daya listrik pada gedung tersebut, mengandalkan suplai daya listrik dari PLN sebagai sumber daya listrik utama dengan kapasitas sebesar 880 KVA dan suplai daya listrik dari Generator set berkapasitas sebesar 1000 KVA sebagai sumber daya listrik cadangan serta transformator yang terpasang berkapasitas sebesar 1000 KVA. Selain memperhitungkan kebutuhan daya listrik tersebut juga harus dipertimbangkan rugi-rugi daya listrik dan turun tegangan (*Drop Voltage*) yang terjadi pada penghantarnya serta pemilihan dan pemakaian rating pengaman (MCCB/MCB) yang sesuai alat proteksi dari gangguan yang mungkin terjadi dan di gedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor juga terpasang kapasitor bank dengan kapasitas 600 KVAr untuk memperbaiki faktor daya. Beban-beban listrik yang terpasang di gedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor antara lain beban penerangan (lampu-lampu) serta beban tenaga (stop kontak, *Ex fan*) dan beban tenaga motormotor listrik (AC,Lift,eskalator dan lain-lain), yang tentunya membutuhkan suplai daya listrik yang cukup besar.

## **2.2. Teori Pendukung**

### **2.2.1 Daya Listrik**

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar

dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi.

Dengan kata lain, Daya listrik merupakan tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi sebuah cahaya sedangkan pada Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya akan semakin tinggi juga daya listrik yang dikonsumsi.

Daya merupakan energi yang diperlukan untuk melakukan usaha/kerja. Daya listrik menyatakan banyaknya energi listrik yang terpakai setiap detiknya. Satuan daya listrik adalah Watt. Sedangkan  $1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/detik}$ . Sedangkan berdasarkan pada konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik yaitu besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya yaitu Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan dengan definisi tersebut, perumusan daya listrik yaitu sebagai berikut :

$$P = E / t \dots\dots\dots(2.1)$$

*Keterangan :*

P = Daya Listrik

E = Energi dengan satuan Joule

t = waktu dengan satuan detik

Dalam rumus perhitungan, Daya Listrik biasanya dilambangkan dengan sebuah huruf "P" yang merupakan kependekan dari Power. Sedangkan Satuan Internasional (SI) Daya Listrik yaitu Watt yang disingkat dengan W. Watt

merupakan sama dengan satu joule per detik (Watt = Joule / detik). Satuan turunan Watt yang sering dijumpai diantaranya yaitu sebagai berikut :

1 miliWatt = 0,001 Watt

1 kiloWatt = 1.000 Watt

1 MegaWatt = 1.000.000 Watt

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik yaitu sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots \dots \dots (2.2)$$

Atau

$$P = I^2 \cdot R \dots \dots \dots (2.3)$$

$$P = V^2 / R \dots \dots \dots (2.4)$$

***Keterangan :***

P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

R = Hambatan dengan satuan Ohm ( $\Omega$ )

Dalam contoh kasus II, variabel yang diketahui hanya Tegangan (V) dan Hambatan (R), jadi kita tidak dapat menggunakan Rumus dasar daya listrik yaitu  $P=VI$ , namun kita dapat menggunakan persamaan berdasarkan konsep Hukum Ohm untuk mempermudah perhitungannya.

**Hukum Ohm :**

$$V = I \times R \dots \dots \dots (2.5)$$

Jadi, jika yang diketahui hanya Arus Listrik (I) dan Hambatan (R) saja.

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.6)$$

$$P = (I \times R) \times I \dots\dots\dots(2.7)$$

$P = I^2 R$  → dapat menggunakan rumus ini untuk mencari daya listrik Sedangkan penjabaran rumus jika diketahui hanya Tegangan (V) dan Hambatan (R) saja.

$$P = V \times (V / R) \dots\dots\dots(2.8)$$

$P = V^2 / R$  → dapat menggunakan rumus ini untuk mencari daya listrik[1].

Maka Hubungan Horsepower (hp) dengan Watt. Hampir semua peralatan listrik menggunakan Watt sebagai satuan konsumsi daya listrik. Tapi ada juga peralatan tertentu yang menggunakan satuan *Horsepower* (hp). Dalam Konversinya, 1 hp = 746 watt.

### 2.3 Pengertian Instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah suatu bagian penting yang terdapat dalam sebuah bangunan gedung , yang berfungsi sebagai penunjang kenyamanan penghuninya .

Di Indonesia dalam dunia teknik listrik aturan yang ada antar lain PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik). Dalam suatu perancangan, produk yang dihasilkan adalah gambar dan analisa . Gambar adalah bahasa teknik yang diwujudkan dalam kesepakatan simbol. Gambar ini dapat berupa gambar sket, gambar perspektif, gambar proyeksi, gambar denah serta gambar situasi. Gambar denah ruangan atau bangunan rumah (gedung) yang kan dipasang instalasi digambar dengan menggunakan lambang-lambang (simbol-simbol) yang berlaku untuk instalasi listrik. Ada beberapa jenis gambar yang harus dikerjakan dalam



tahap perancangan suatu proyek pemasangan instalasi listrik penerangan dan tenaga yang baku menurut PUIL 2000. Rancangan instalasi listrik terdiri dari:

1. Gambar situasi

Gambar situasi adalah gambar yang menunjukkan dengan jelas letak bangunan instalasi tersebut akan dipasang dan rencana penyambungannya dengan jaringan listrik PLN.

2. Gambar instalasi meliputi :

- a. Rancangan tata letak yang menunjukkan dengan jelas tata letak perlengkapan listrik beserta sarana pelayanannya (kendalinya), seperti titik lampu, saklar, kotak kontak, motor listrik, panel hubung bagi dan lain-lain.
- b. Rancangan hubungan peralatan atau pesawat listrik dengan pengendalinya .
- c. Gambar hubungan antara bagian-bagian dari rangkaian akhir, serta pemberian tanda yang jelas mengenai setiap peralatan atau pesawat listrik.

3. Gambar diagram garis tunggal yang tercantum dalam diagram garis tunggal ini meliputi:

- a. Diagram PHB lengkap dengan keterangan mengenai ukuran dan besaran nominal komponennya.
- b. Keterangan mengenai jenis dan besar beban yang terpasang dan pembaginya.
- c. Ukuran dan besar penghantar yang dipakai.
- d. Sistem pembumiannya.

4. Gambar detail

Gambar detail meliputi :

- a. Perkiraan ukuran fisik dari panel.
- b. Cara pemasangan alat listrik.

- c. Cara pemasangan kabel.
- d. Cara kerja instalasi kontrolnya.

Selain gambar-gambar diatas, dalam merancang atau menggambar instalasi listrik penerangan dan tenaga, juga dilengkapi dengan analisa data perhitungan teknis mengenai susut tegangan, beban terpasang dan kebutuhan beban maksimum, arus hubung singkat dan daya hubung singkat. Disamping itu masih juga dilengkapi juga dengan daftar kebutuhan bahan instalasi, dan uraian teknis sebagai pelengkap yang meliputi penjelasan tentang cara pemasangan peralatan/bahan, cara pengujian serta rencana waktu pelaksanaan, rencana anggaran biaya dan lama waktu pengerjaan[3]. Bangunan gedung baik untuk rumah tinggal, kantor, sekolahan yang dilengkapi sarana pendukung listrik dalam membangun agar dapat berfungsi dan dihuni dengan baik, nyaman serta memenuhi keselamatan memerlukan perencanaan gambar instalasi listrik yang cermat dengan mengacu pada aturan-aturan yang ditetapkan dalam dunia teknik listrik.

Instalasi listrik pada rumah dua tingkat dapat menggunakan daya 900watt sesuai dengan kebutuhan rumah 2 tingkat. Daya 900watt dapat diklasifikasikan didalam PHB masingmasing 2 ampere, dengan PHB utama sebesar 4 ampere. Dengan penempatan peralatan instalasi yang sesuai dengan PUIL[4].

Sebagai seorang yang bergelut di bidang kelistrikan, Anda perlu mengetahui tentang PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) PUIL 2000 (Peraturan Umum Instalasi Listrik) adalah buku panduan yang berisi tentang ketentuan ataupersyaratan yang harus di patuhi oleh setiap pekerja dalam dunia

kelistrikan, agar hasil kerja dari setiap pekerja kelistrikan benar serta terhindar dari hal-hal yang akan merugikan diri sendiri dan orang lain.

Peraturan instalasi listrik yang pertama kali di gunakan sebagai pedoman dalam instalasi listrik adalah AVE (Algemene Voorschriften Voor Electricische Sterkstroom Instalaties) Yang di terbitkan oleh dewan normalisasi pemerintah Hindia Belanda dan kemudian di terjemahkan dalam bahasa Indonesia dan di keluarkan pada tahun 1964 sebagai norma Indonesia N16 dan kemudian di kenalebagai Peraturan Umum Instalasi Listrik 1964 atau PUIL 1964. selanjutnya PUIL sendiri mengalami beberapa kali perubahan yaitu PUIL 1977 dan PUIL 1987.

Dan pada kedua versi ini PUIL di buat lebih mengacu kepada peraturan instalasi listrik internasional yang salah satunya adalah International Electrotechnical Commission (IEC). Dan PUIL 2000 adalah sebuah penyempurnaan dari PUIL 1987 yang semakin mengacu kepada International Electrotechnical Commission (IEC) dan mendapat referensi dari beberapa peraturan internasional yang mengatur tentang instalasi listrik seperti VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker), NCE (National Electric Code), dan SAA (Standards Association Australia ). Selain itu, Ada juga perbedaan lain yang terlihat dari akronim atau singkatannya. Jika pada versi sebelumnya, PUIL adalah singkatan dari Peraturan Umum Instalasi Listrik. Maka pada versi PUIL 2000, di ubah menjadi Persyaratan Umum Instalasi Listrik[4].

Perubahan ini di anggap lebih tepat karena isi dari penerbitan PUIL yang pertama bukan hanya tentang peraturan, tetapi juga berisi tentang rekomendasi

dan persyaratan dalam pemasangan instalasi listrik. Dan proses pembuatan PUIL 2000 di lakukan oleh panitia revisi puil 1987.

## **2.4 MCB (Miniature Circuit Breaker) dan Prinsip kerjanya**

MCB (Miniature Circuit Breaker) atau Miniatur Pemutus Sirkuit adalah sebuah perangkat elektromekanikal yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. Dengan kata lain, MCB dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai yang ditentukan. Namun saat arus dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual.

MCB pada dasarnya memiliki fungsi yang hampir sama dengan Sekering (FUSE) yaitu memutuskan aliran arus listrik rangkaian ketika terjadi gangguan kelebihan arus. Terjadinya kelebihan arus listrik ini dapat dikarenakan adanya hubung singkat (Short Circuit) ataupun adanya beban lebih (Overload). Namun MCB dapat di-ON-kan kembali ketika rangkaian listrik sudah normal, sedangkan Fuse/Sekering yang terputus akibat gangguan kelebihan arus tersebut tidak dapat digunakan lagi.

### **2.4.1 Prinsip kerja MCB (Miniature Circuit Breaker)**

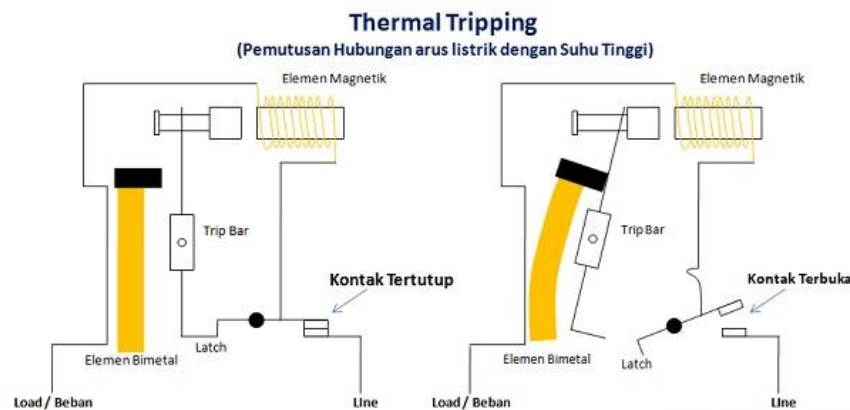
Pada kondisi Normal, MCB berfungsi sebagai sakelar manual yang dapat menghubungkan (ON) dan memutuskan (OFF) arus listrik. Pada saat terjadi Kelebihan Beban (Overload) ataupun Hubung Singkat Rangkaian (Short Circuit), MCB akan beroperasi secara otomatis dengan memutuskan arus listrik yang

melewatinya. Secara visual, kita dapat melihat perpindahan Knob atau tombol dari kondisi ON menjadi kondisi OFF.

Pengoperasian otomatis ini dilakukan dengan dua cara seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini yaitu dengan cara Magnetic Tripping (Pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik) dan Thermal Tripping (Pemutusan hubungan arus listrik secara Thermal/Suhu).

#### 2.4.1.1 Thermal Tripping (Pemutusan Hubungan arus listrik dengan Suhu Tinggi)

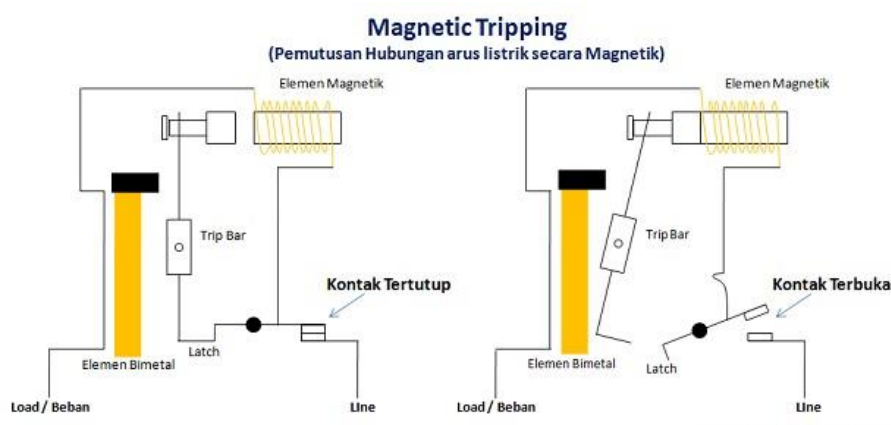
Pada saat kondisi Overload (Kelebihan Beban), Arus yang mengalir melalui Bimetal menyebabkan suhu Bimetal itu sendiri menjadi tinggi. Suhu panas tersebut mengakibatkan Bimetal melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (Trip).



Gambar 2.1 Thermal Tripping  
(<https://teknikelektronika.com>)

#### 2.4.1.2 Magnetic Tripping (Pemutusan Hubungan arus listrik secara Magnetik)

Ketika terjadi Hubung Singkat Rangkaian (Short Circuit) secara mendadak ataupun Kelebihan Beban yang sangat tinggi (Heavy Overload), Magnetic Tripping atau pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik akan diberlakukan. Pada saat terjadi hubungan singkat ataupun kelebihan beban berat, Medan magnet pada Solenoid MCB akan menarik Latch (palang) sehingga memutuskan kontak MCB (Trip).



Gambar 2.2 Magnetic Tripping  
(<https://teknikelektronika.com>)

Sebagian besar MCB (Miniature Circuit Breaker) yang digunakan saat ini menggunakan dua mekanisme pemutusan hubungan arus listrik ini (Thermal Tripping dan Magnetizing Tripping).

#### 2.4.2. Jenis-jenis MCB (Miniature Circuit Breaker)

MCB atau Miniatur Pemutus Sirkuit ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama berdasarkan karakteristik pemutusan sirkuitnya. Tiga jenis utama tersebut adalah MCB Tipe B, MCB Tipe C dan MCB Tipe D.

##### 1. MCB Tipe B

MCB Tipe B adalah tipe MCB yang akan trip jika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari arus maksimum yang tertulis pada MCB (arus nominal MCB). MCB Tipe B ini umumnya digunakan pada instalasi listrik di perumahan ataupun di industri ringan.

## **2. MCB Tipe C**

MCB Tipe C adalah tipe MCB yang akan trip jika arus beban lebih besar 5 sampai 10 kali dari arus maksimum yang tertulis pada MCB (arus nominal MCB). MCB Tipe C ini biasanya digunakan pada Industri yang memerlukan arus yang lebih tinggi seperti pada lampu penerangan gedung dan motor-motor kecil.

## **3. MCB Tipe D**

MCB Tipe D adalah tipe MCB yang akan trip jika arus beban lebih besar dari 10 hingga 25 kali dari arus maksimum yang tertulis pada MCB (arus nominal MCB). MCB Tipe D ini biasanya digunakan pada peralatan listrik yang menghasilkan lonjakan arus tinggi seperti Mesin Sinar X (X-Ray), Mesin Las, Motor-motor Besar dan Mesin-mesin produksi lainnya. Arus Nominal MCB yang umum adalah 6A, 10A, 13A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A, 100A dan 125A [5,6].

## **2.5 Pengertian Transformator (Trafo)**

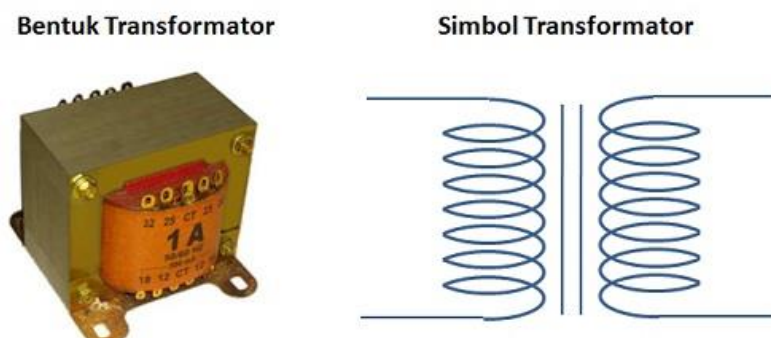
Transformator atau sering disingkat dengan istilah Trafo adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud

dari perubahan taraf tersebut diantaranya seperti menurunkan Tegangan AC dari 220VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan Tegangan dari 110VAC ke 220 VAC[7].

Transformator atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC). Transformator (Trafo) memegang peranan yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Transformator menaikkan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo Volt untuk di distribusikan, dan kemudian Transformator lainnya menurunkan tegangan listrik tersebut ke tegangan yang diperlukan oleh setiap rumah tangga maupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan Tegangan AC 220Volt[5].

### 2.5.1 Bentuk dan Simbol Transformator (Trafo)

Berikut ini adalah gambar bentuk dan simbol Transformator :



Gambar 2.3 Transformator (Trafo)  
(<https://teknikelektronika.com>)

### 2.5.2 Prinsip Kerja Transformator (Trafo)



Sebuah Transformator yang sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kebanyakan Transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan dengan Inti Besi (Core).

Ketika kumparan primer dialiri arus AC (bolak-balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan Medan magnet (densitas Fluks Magnet) tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus listrik yang dialirinya. Semakin besar arus listriknya semakin besar pula medan magnetnya.

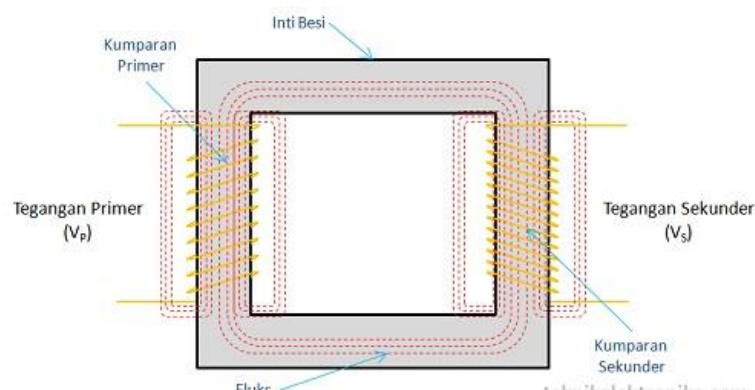
Fluktuasi medan magnet yang terjadi di sekitar kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Dengan demikian, terjadilah perubahan taraf tegangan listrik baik dari tegangan rendah menjadi tegangan yang lebih tinggi maupun dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang rendah[6].

Sedangkan Inti besi pada Transformator atau Trafo pada umumnya adalah kumpulan lempengan-lempengan besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapis-lapis dengan kegunaanya untuk mempermudah jalannya Fluks Magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan serta untuk mengurangi suhu panas yang ditimbulkan. Beberapa bentuk lempengan besi yang membentuk Inti Transformator tersebut diantaranya seperti :

- E – I Lamination

- E – E Lamination
- L – L Lamination
- U – I Lamination

Dibawah ini adalah Fluks pada Transformator :



Gambar 2.4 Lempengan besi yang membentuk Inti Transformator

Rasio lilitan pada kumparan sekunder terhadap kumparan primer menentukan rasio tegangan pada kedua kumparan tersebut. Sebagai contoh, 1 lilitan pada kumparan primer dan 10 lilitan pada kumparan sekunder akan menghasilkan tegangan 10 kali lipat dari tegangan input pada kumparan primer.

Jenis Transformator ini biasanya disebut dengan Transformator Step Up. Sebaliknya, jika terdapat 10 lilitan pada kumparan primer dan 1 lilitan pada kumparan sekunder, maka tegangan yang dihasilkan oleh Kumparan Sekunder adalah  $1/10$  dari tegangan input pada Kumparan Primer. Transformator jenis ini disebut dengan Transformator Step Down.

## 2. 6 Rug-rugi Susut Teknis

Susut daya atau rugi daya listrik adalah berkurangnya pasokan daya yang dikirimkan oleh sumber pasokan (PLN) kepada yang diterima dalam hal ini konsumen, artinya daya yang hilang akibat susut daya merupakan daya yang dibangkitkan namun tidak terjual. Dalam hal ini pihak penyedia daya listrik (PLN), menderita kerugian akibat membangkitkan daya dengan biaya yang cukup besar tetapi tidak mendapatkan keuntungan finansial dari hasil penjualan daya tersebut. Susut daya jaringan listrik yang biasa terjadi pada sistem transmisinya dinyatakan dengan persamaan :

Saluran pendek

$$P_L = 3 \cdot I^2 \cdot R_L \dots\dots\dots(2.9)$$

Saluran panjang/ jarak jauh

Rugi rugi daya menurut perumus conen (1987) adalah :

$$P_L = 3 \cdot R \times L (I^2 = I \cdot I_c \sin Q_r + I_c^2) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$P_L$  = Hilang Daya (waatt)

$R$  = Tahanan kawat per fasa ( $\Omega$ / Km)

$L$  = Panjang saluran (Km)

$\cos Q_r$  = Faktor – daya beban / ujung penerima

$I$  = Arus beban (A)

$I_c$  = Arus pemuat pada titik pengiriman (A)

Sedangkan untuk mengetahui besar nilai susut daya listrik dinyatakan dengan Persamaan:

$$P_L = P_S - P_R \dots\dots\dots(2.11)$$

Persentase antara daya yang diterima dan daya yang disalurkan dinyatakan dengan persamaan :

$$P_L \% = \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan :

$P_R$  = Daya yang dipakai (KW)

$P_S$  = Daya yang dikirimkan (KW)

$P_L$  = Hilang/ Susut daya (KW)

Susut daya listrik merupakan persoalan krusial yang dihadapi oleh PLN dan belum dapat sepenuhnya terpecahkan. Pemadaman bergilir kemudian dilakukan untuk menghindarkan sistem mengalami pemadaman total (totally black out). Persoalan kualitas daya merupakan persoalan lain yang diantaranya disebabkan oleh kekurangan pasokan daya listrik.

Persoalan ini meliputi profil tegangan yang buruk, frekuensi tegangan yang tidak stabil serta distorsi harmonik yang berlebihan. Ketika kontinuitas pasokan masih merupakan persoalan, hal-hal yang berkaitan dengan persoalan kualitas daya untuk sementara dapat "diabaikan" yang kemudian mengherankan adalah ketika data di lapangan menunjukkan bahwa kapasitas pembangkit yang tersedia lebih dari cukup untuk memikul beban yang ada.

Kesimpulan yang sementara bisa ditarik adalah bahwa terjadi susut daya yang cukup besar di jaringan. Kesimpulan ini diperkuat dengan data di lapangan bahwa susut daya di jaringan cukup besar melebihi estimasi yang ditetapkan. Kerugian finansial akibat susut daya ini merupakan hal yang tidak bisa dihindarkan.

Ada beberapa persoalan yang menyebabkan terjadinya penyusutan daya antara lain penyusutan daya listrik secara teknis dan penyusutan daya listrik secara non teknis.

### **2.6.1 Penyusutan Daya Secara Teknis**

Penyusutan secara teknis biasanya disebabkan adanya kesalahan pada sistem kelistrikannya antara lain :

a) Adanya kerusakan pada peralatan mekanik listrik yang berada di Pembangkit ataupun PLN

antara lain :

1. Kerusakan yang terjadi pada peralatan mekanik yang berada di pusat pembangkit seperti: kerusakan pada generator, turbin, kincir air dan sebagainya.
2. Kerusakan yang terjadi pada jaringan Transmisi seperti terlalu jauhnya jarak pembangkit dari konsumen dan terjadi kerusakan pada saluran kabelnya.
3. Adanya pemakaian peralatan dan konstruksi jaringan (komponen) yang tidak memenuhi syarat atau sudah berumur sehingga menimbulkan kerusakan pada peralatan.
4. Kerusakan pada peralatan komponen pendukung jaringan seperti kerusakan pada alat ukur.

b) Kesalahan manusia atau human error.

1. Kesalahan yang terjadi pada PLN yaitu kesalahan dalam pembacaan alat ukur.
2. Kurangnya perhatian terhadap hasil pekerjaan penyambungan kawat penghantar atau penyadapan dan pemasangan sepatu kabel yang kurang baik, dimana nilai tahanan (R) pada titik sambungan atau penyadapan dan sepatu kabel menjadi lebih tinggi dari yang seharusnya.
3. Kurangnya perhatian terhadap hasil pekerjaan pemasangan atau pemeliharaan jaringan yang kurang baik. Kondisi penghantar, isolator, tiang listrik, jarak aman dan sebagainya tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan sehingga kemungkinan terjadinya kebocoran arus, korona yang melebihi batas standar sampai terhentinya pasokan tenaga listrik akan menjadi cukup besar
4. Adanya pemakaian bahan alat listrik yang kurang baik atau tidak memenuhi standar sehingga memudahkan alat yang dipergunakan cepat rusak atau dapat menimbulkan impedansi yang lebih tinggi.
5. Adanya pemakaian konstruksi jaringan dan peralatannya (komponen) yang tidak memenuhi syarat sehingga dapat menimbulkan kerugian.

#### **2.6.2. Penyusutan Daya Secara Non Teknis**

Penyusutan daya secara non teknis disebabkan oleh adanya kesalahan di luar sistim kelistrikannya antara lain :

1. Bencana alam seperti : Banjir, gempa, angin topan dll
2. Kondisi fisik, psikis dan religi SDM
3. Kondisi sarana dan prasarana pekerjaan
4. Kondisi pengetahuan dan ketrampilan

5. Adanya kesalahan yang dilakukan oleh konsumen seperti pencurian daya dan penggunaan energi listrik secara sembarangan.

### **2.6.3 Upaya Mengurangi Penyusutan**

Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi operasi sistem tenaga listrik dan mengurangi kerugian daya. Upaya dilakukan di sisi pembangkitan dan juga di pihak PLN antara lain

:

#### a) Pihak Pembangkit dan gardu induk

1. Program perbaikan sambungan, sadapan, sepatu kabel dan kawat/penghubungnya pada instalasi jaringan.
2. Program pemeliharaan/ perbaikan trafo (bergaransi).
3. Program pembebanan trafo dan perubahan tap trafo.
4. Program pemasangan kapasitor shunt pada sisi sekunder trafo daya dan pada penyulang (feeder) pada jaringan.
5. Program penjadwalan optimal pembangkit beserta peralatannya secara berkala.

#### b) Pihak PLN

1. Melakukan alokasi optimal daya reaktif untuk menekan rugi-rugi daya penyaluran dan mempertahankan profil.
2. Melakukan pengaturan optimal aliran daya listrik (optimal power flow) untuk menurunkan rugi daya penyaluran.
3. Mengoptimalkan kapasitas pembangkitan.

4. Program perubahan tegangan rendah (PTR) dari tegangan 110/127 V menjadi 220/380 V, dimana pada daya yang sama arus beban akan menjadi lebih kecil.
5. Program perbaikan faktor kerja ( $\cos \phi$ ) beban menjadi 0,9. Dengan faktor kerja 0,9 pada daya yang sama arus akan menjadi lebih kecil dibanding beban yang mempunyai faktor kerja kurang dari 0,9.
6. Program pemilihan komponen peralatan yang berkualitas dan tepat guna.
7. Program pemasangan trafo sesopan dan tindak lanjutnya.
8. Program pemeliharaan peralatannya secara berkala.
9. Melakukan pengecekan pada jaringan instalasi listrik kepada konsumen.

Selain upaya yang dilakukan di sisi pembangkit dan PLN, ada juga beberapa upaya lain yang tidak kalah penting untuk meningkatkan efisiensi operasi sistem tenaga listrik dan mengurangi kerugian daya. Upaya yang tidak kalah penting berada di sisi pelanggan atau konsumen sendiri antara lain :

1. Menggunakan daya listrik untuk keperluan rumah tangga secara efisien serta memenuhi standar dan ketentuan yang diberikan oleh PLN.
2. Tidak melakukan pemakaian energi listrik secara tidak sah (pencurian).

### **2.7 Rugi/Susut Teknis Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik**

Dalam proses penyaluran tenaga listrik ke para pelanggan (dimulai dari pembangkit, transmisi dan distribusi) terjadi rugi-rugi teknis (losses) yaitu rugi daya dan rugi energi. Rugi teknis adalah pada penghantar saluran, adanya tahanan dari penghantar yang dialiri arus sehingga timbullah rugi teknis ( $I R$ ) pada jaringan tersebut. Misalnya pada mesin-mesin listrik seperti generator, trafo dan



sebagainya, adanya histerisis dan arus pusar pada besi dan belitan yang dialiri arus sehingga menimbulkan rugi teknis pada peralatan tersebut. Rugi teknis pada pembangkit dapat diperbaiki dengan meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemakain sendiri[7].

Rugi teknis pada sistem distribusi merupakan penjumlahan dari  $I R$  atau rugi tahanan dan dapat dengan mudah diketahui bila arus puncaknya diketahui. Rugi teknis dari jaringan tenaga listrik tergantung dari macam pembebanan pada saluran tersebut (beban merata, terpusat). Rugi teknis pada transformator terdiri dari rugi beban nol dan rugi pada waktu pembebanan. Rugi pada beban nol dikenal dengan rugi besi, dan tidak tergantung dari arus beban, sedangkan rugi pada waktu pembebanan dikenal dengan rugi tembaga yang nilainya bervariasi sesuai dengan kuadrat arus bebannya.

Rugi energi (rugi kWh) biasanya dinyatakan dalam bentuk rupiah. Biaya untuk mencatu kerugian ini dapat dibagi dalam 2 bagian yang utama :

1. Komponen energi atau biaya produksi untuk membangkitkan kehilangan kWh.
2. Komponen demand/beban atau biaya tahunan yang tercakup di dalam sistem investasinya yang diperlukan mencatu rugi beban rugi beban puncak.

Kedua komponen tersebut biasanya digabungkan menjadi satu, baik dalam bentuk Rp/kWh untuk rugi energi maupun dalam Rp/kW rugi daya puncak. Biasanya rugi teknis itu tergantung pada titik yang diamati dari sistem tersebut, titik yang terjauh dari sumber, sudah tentu biayanya lebih besar.

Ada beberapa permasalahan dalam menentukan rugi daya dan susut energi :

## 1. Rugi daya

Rugi daya lebih mudah dihitung daripada rugi energi karena pada rugi energi perlu diketahui kurva pembebanannya dan kondisi pengoperasiannya pada selang waktu pembebanan tersebut. Perhitungan rugi daya dilakukan pertama-tama pada bagian sistem yang datanya sudah diketahui dengan pasti seperti saluran transmisi dan distribusi. Untuk bagian lainnya seperti transformator dan generator yang dikarenakan tidak adanya data pengujian, rugi daya dapat dihitung dengan teliti hanya oleh perancangannya saja, karena ia yang mengetahui seluk beluk mengenai komponen tersebut yang mencakup berat, kualitas, rugi besi, rapat fluks, dan sebagainya dan juga penghantara tembaga yang meliputi penampang, kerapatan arus, dan sebagainya. Rugi daya dari turbin, turbin hidrolis, dan sebagainya tidak dapat dihitung secara teliti, bahkan oleh sipercancangpun menghitung berdasarkan rumus empiris yang didapat dari hasil-hasil pengujian dari jenis yang serupa. Setelah generator, transformator atau turbin dibuat oleh pabrik, biasanya pengujian efisiensi dapat dilakukan di pabrik maupun di lapangan dimana alat tersebut dipasang. Sesudah dilakukan pengukuran efisiensi atau rugi daya menurut persyaratan pengujiannya, secara umum dapat dihitung efisiensi atau ruginya pada setiap kondisi pembebanan dengan menggunakan beberapa karakteristik rugi-rugi yang ada dari berbagai komponennya. Inilah metoda yang paling banyak dipakai oleh para insinyur untuk menghitung rugi daya.

## 2. Susut Energi

Pada umumnya rugi-rugi teknis pada tingkat pembangkit dan saluran transmisi pemantauannya tidak menjadi masalah karena adanya fasilitas pengukuran yang

dapat dipantau dengan baik. Hal yang sama juga terdapat pada gardu induk (GI), sehingga rugi-rugi teknis dari GI tidak menjadi masalah besar karena disinipun pengukuran dan pemantauan berjalan baik. Lain halnya pada sisi distribusi, rugi-rugi teknis lebih kompleks dan sulit diketahui besarannya.

Pada GI setiap penyulang yang keluar dari GI ini dilengkapi dengan alat pengukur, begitu pula pada sisi primer trafo tenaganya. Selepas ini tidak terdapat lagi alat pengukuran kecuali pada meteran pelanggan. Oleh karena itu, sangatlah sulit menentukan rugi energi secara tepat pada sistem distribusi.

Dengan menentukan rugi/susut energi pada saluran distribusi, cara yang dilakukan oleh beberapa perusahaan listrik adalah membandingkan energi yang disalurkan oleh gardu induk dan energi yang terjual dalam selang waktu tertentu, misalnya setahun.

Ada dua sumber kesalahan pokok dalam perhitungan susut energi :

1. Selisih kWh (energi) yang disalurkan GI dan kWh yang terjual atau energi yang dipakai oleh pelanggan tidak menggambarkan keadaan sebenarnya, Karena ada energi yang tidak terukur seperti pencurian listrik, meteran rusak, kesalahan pembacaan kWh meter dan sebagainya. Dari sini jelaslah selisih energi yang sebenarnya tidak dapat diukur secara pasti.
2. Pembacaan meteran pada GI mungkin dapat dilakukan pada hari yang sama, dengan demikian kWh (energi) yang diukur bebar-benar merupakan kWh yang disalurkan, sedangkan pembacaan meteran pelanggan tidak bersamaan waktunya sehingga hal ini akan merupakan kesalahan dalam analisis selanjutnya. Jalan terbaik dalam menyiapkan informasi agar perhitungan rugi energi menjadi sederhana, ialah membuat terlebih dahulu

kurva lamanya pembebanan dari kurva beban hariannya/tahunnya. Untuk mendapatkan kurva rugi daya versus beban, perlu diketahui hubungan antara rugi daya (P) dan beban atau rugi daya/beban hariannya. Oleh karena rugi daya (I R) berbanding lurus dengan kuadrat beban maka, berdasarkan kurva lamanya pembebanan dapatlah dibuat kurva rugi daya versus waktu dan rugi daya rata-rata adalah harga rata-ratanya untuk suatu periode tertentu.

Dengan diketahuinya rugi daya rata-rata, rugi energi adalah seharga dengan rugi daya rata-rata untuk periode tertentu dikalikan dengan jumlah jam dari periode yang bersangkutan. Jadi rugi energi atau susut energi dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Rugi energi

Rugi daya rata-rata dalam periode tertentu x jumlah jam periode tersebut  
Rugi energi dalam persen adalah rugi energi yang dinyatakan dalam persentase dari energi yang dikirim/disalurkan dalam periode waktu yang sama. Energi yang dikirim atau disalurkan adalah sama dengan beban rata-rata untuk periode tertentu dikalikan jumlah jam dari periode tersebut.  
energi yang disalurkan (energi output) = beban rata-rata dalam periode tertentu x jumlah jam periode tersebut. Bila mesin atau bagian komponen dari sistem tenaga tidak beroperasi secara terus-menerus maka untuk hal seperti ini dipakai faktor operasi, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara lamanya waktu operasi sebenarnya dan lamanya waktu dalam periode yang diambil. Rugi daya rata-rata dari suatu mesin yang beroperasi dikalikan dengan faktor operasi akan menghasilkan rugi daya

untuk periode tersebut, dan bila dikalikan lagi dengan jumlah jam dari periode tersebut maka didapat rugi energi.

2. Rugi energi dalam periode tertentu

Rugi daya rata-rata selama periode operasi x faktor operasi x jumlah jam dari periode itu.

3. Rugi tembaga dan rugi kuadrat beban

Rugi tembaga atau rugi-rugi lainnya berbanding lurus dengan kuadrat beban dan dengan adanya kurva beban versus waktu atau kurva lamanya pembebanan, maka dapatlah dibuat kurva rugi daya/waktu atau kurva lamanya rugi daya dimana setiap ordinatnya berbanding lurus dengan kuadrat setiap ordinat.kurva bebannya. Dari kurva lamnya rugi daya, dapat pula ditentukan rugi daya rata-ratanya selama periode tersebut. Luas dari kurva lamanya rugi daya merupakan rugi energi selama periode tersebut.

4. Rugi daya rata-rata

Rugi energi selama periode tersebut/lamanya periode tersebut. Dalam perhitungan rugi energi sebaiknya dipakai faktor rugi yaitu perbandingan antara rugi daya rata-rata dan rugi daya pada beban puncak dalam periode tertentu. Rugi energi = rugi daya pada beban puncak x faktor rugi x jumlah jam dari periode tersebut. Sebagai contoh, bila rugi tembaga 1200kW, faktor rugi 0,33 dan selang waktu 1 tahun maka rugi energi selama setahun =  $1200 \times 0,33 \times 8760$  kWh.

Faktor rugi energi adalah sama denga faktor rugi dibagi dengan faktor beban dalam periode yang sama dan untuk suatu bentuk kurva beban yang umum,

terdapat hubungan antara faktor rugi energi dengan faktor beban. Jadi faktor rugi energi dapat dinyatakan sebagai :

Faktor rugi energi = faktor rugi daya / faktor beban

Bila faktor rugi energi sudah diketahui atau sudah diasumsikan, persentase rugi (tembaga) pada beban puncak untuk periode tersebut didapat dari persamaan

$$\text{Rugi energi (\%)} = \text{rugi daya pada beban puncak} \times \text{faktor rugi energi}$$

Sebagai contoh, bila rugi daya pada beban puncak 12 % dan faktor rugi energi sama dengan 0,66, maka rugi energi dalam persen untuk periode tersebut adalah  $12\% \times 0,66 = 8\%$  dari energi keluarannya/yang disalurkan. Rugi energi dalam persen = Rugi daya dalam persen pada beban nominalnya  $\times$  faktor rugi energi  $\times$  faktor kapasitas/faktor beban. Sebagai contoh, bila rugi daya pada beban nominalnya 2 %, faktor beban 0,6 dan faktor kapasitas 0,5 dan faktor rugi energi 0,73, persentase rugi energi untuk periode tersebut adalah  $2 \times 0,73 \times 0,5/0,6$  atau 1,22% dari energi keluarannya

## **2.8 Rugi-rugi yang konstan, rugi besi dan sebagainya**

Besaran dari rugi daya konstan seperti rugi besi, rugi bantalan, gesekan dan gesekan angin pada ujung belitan dan sebagainya untuk bermacam bagian dari system tenaga biasanya diketahui dari hasil pengujian maupun pengujian di lapangan. Rugi energi yang konstan ini dapat dihitung dengan mengalikan konstanta rugi dayannya dengan jumlah jam dari selang yang diamati. Bila nilainya akan ditentukan dalam persen, maka konstanta rugi daya harus dalam persen dari nilai beban nominalnya, konstanta rugi energi dapat diturunkan dari pernyataan berikut ini :

Rugi energi (%) = Rugi daya dalam persen pada beban nominalnya / factor kapasitas Sebagai contoh, bila rugi besi pada beban nominalnya 1 % dan faktor kapasitas 0,4 maka rugi besi dalam persen untuk periode tersebut adalah  $1/0,4 = 2,5$  % dari energi keluarannya.

## **2.9 Rugi-rugi yang tidak langsung sebagai fungsi dari beban**

Rugi pada turbin hidrolik, turbin uap dan bagian-bagian lainnya dari sistem tenaga ada yang berbanding lurus dengan kuadrat beban dan ada pula yang konstan. Bentuk kurva dari rugi versus beban untuk tipe pembangkit yang berlainan variasinya satu sama lain cukup besar, sehingga tidak mungkin membuat perhitungan rugi energi sederhana dengan menggunakan faktor tersebut di atas untuk rugi tembaga. Secara umum bentuk kurva dari rugi daya versus beban dapat dibuat dari kurva efisiensi versus beban dan bila kurva beban harian atau bulana diketahui, diutamakan dari kurva lamanya pembebanan, maka kurva rugi daya/waktu dapat dibuat. Pada PLTA, rugi turbin hidrolik biasanya merupakan rugi yang terbesar dari setiap peralatan sistem. Untuk alasan itulah hal ini perlu mendapat perhatian yang sebesar-besarnya. Penanggulangan susut teknis Komputer dapat membantu dalam perhitungan pengurangan susut system. Dengan data masukan yang berbeda-beda, dibuat beberapa alternative kajian mengenai hal ini. Pengurangan susut system menghasilkan penghematan energi, juga peningkatan kapasitasnya. Berbagai cara dapat dilakukan untuk mengurangi susut system antara lain :

### **a. Optimalisasi kapasitas beban**

1. Pemilihan kapasitas TR (kVA-km) yang dipakai, didasarkan pada pengaturan tegangan dan factor daya normal.

2. Pilih kapasitas saluran TM, kVA-km, dari penghantar standar yang ada, oleh karenanya panjang penyulang TMnya dibatasi. Pada saluran, yang kapasitasnya (kVA-km atau MVA-km) sudah dilampaui, beban penghantar dapat dikurangi dengan :

- Memindah bebannya ke penyulang lain.
- Mengganti penghantar yang ada dengan yang lebih besar Menambah feeder baru dan kemudian mengatur pembagian bebannya. Menaikkan kelas tegangan, misalnya dari 6 kv ke 20 kv.

b. Optimalisasi kapasitas transformator, lokasi, beban yang dipikul.

Pemilihan kapasitas transformator distribusi, dikaitkan dengan macam beban (pelanggan) yang dilayaninya, dengan menjaga agar jatuh tegangan minimum. Pemilihan lokasi transformator distribusi, dikaitkan dengan macam beban yang dilayani dengan menjaga agar susut tegangan minimum. Optimalkan pendayagunaan transformator, didasarkan pada factor beban dari beban yang dilayani.

c. Tetap menjaga tingkat tegangan yang diijinkan pada system distribusi.

d. Memasang kapasitor shunt

Gunakan kapasitor shunt pada beban induktif atau pada titik-titik tertentu pada saluran TRnya, dengan mempertimbangkan ekonomis tidaknya. Gunakan kapasitor shunt dengan daya pengenal yang optimum atau titik/lokasi optimum pada penyulang tegangan menengahnya, guna mengurangi rugi daya, susut energi dan menjaga kondisi tegangan. Dalam menangani hal tersebut tindakan yang diambil dapat berupa :



- Memasang tumpuk kapasitor (bank kapasitor ) tetap, guna mendapatkan factor daya 100% atau factor daya sedikit mendahului, selama diluar beban puncaknya.
- Memasang tumpuk kapasitor yang dapat dimasukkan dan dikeluarkan dari sistem tersebut.
- Tumpuk kapasitor ini dimasukkan/dihubungkan ke sistem untuk mengkoreksi faktor dayanya selama beban puncak.

## **2.10 Perbaikan Faktor Daya**

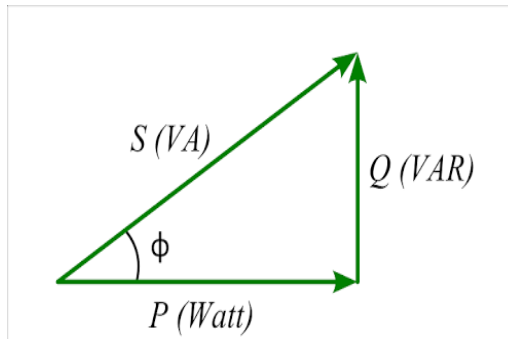
### **2.10.1 Daya Listrik**

Daya ialah banyaknya perubahan energi terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus. Daya listrik dapat dibagi menjadi 3 yaitu : daya nyata (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S).

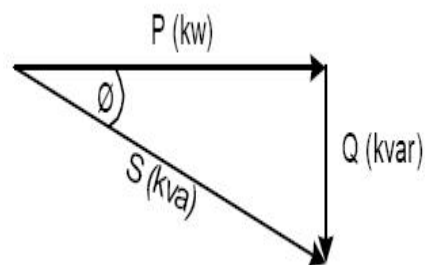
- Daya nyata P merupakan daya sebenarnya yang dibutuhkan oleh beban-beban listrik/peralatan rumah tangga. Satuan daya nyata adalah watt (W).
- Daya reaktif Q adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif. Satuan dari daya reaktif adalah volt ampere reaktif (VAR).
- Daya semu merupakan resultan antara daya nyata dan daya reaktif. Satuan dari daya semu adalah volt ampere (VA).
- Faktor daya ( $\cos \phi$ ) merupakan suatu konstanta pengali dengan nilai 0 sampai 1, yang menunjukkan seberapa besar daya nyata yang diserap oleh beban resistif dari daya semu yang ada pada suatu beban total.[6]

### 2.10.2 Segitiga Daya

Daya semu ( $S$ ) merupakan resultan dari dua komponen, yaitu daya nyata ( $P$ ) dan komponen daya reaktif ( $Q$ ). Hubungan ini disebut dengan segitiga daya dan dalam bentuk vektor dapat digambarkan beserta rumus sebagai berikut:



Gambar 2.5 Segitiga daya beban listrik bersifat kapasitif



Gambar 2.6 Segitiga daya beban listrik bersifat induktif

$$P = V.I \cos \phi \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Q = V.i \sin \phi \dots\dots\dots(2.14)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ atau } S = V.I \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\text{Faktor Daya} = \frac{p}{s} = \cos \phi \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

$P$  =Daya nyata (Watt)

$Q$  =Daya reaktif (VAR)

$S$  =Daya semu (VA)

$\varphi$  =Beda sudut fasa (Rad/Deg)

V =Tegangan (Volt)

I =Arus (Amper)

Faktor daya bisa dikatakan sebagai besaran yang menunjukkan seberapa efisien jaringan yang kita miliki dalam menyalurkan daya yang bisa kita manfaatkan. Faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, semakin tinggi faktor daya (mendekati 1) artinya semakin banyak daya tampak yang diberikan sumber bisa kita manfaatkan, sebaliknya semakin rendah faktor daya (mendekati 0) maka semakin sedikit daya yang bisa kita manfaatkan dari sejumlah daya tampak yang sama.[9]

### **2.11 KWH Meter**

KWH meter adalah alat penghitung pemakaian industri listrik. Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium. Pengukur Watt atau Kwatt, yang pada umumnya disebut watt-meter/kwatt meter disusun sedemikian rupa, sehingga kumparan tegangan dapat berputar dengan bebasnya, dengan demikian tegangan listrik dapat diukur, baik dalam satuan WH (watt jam) ataupun dalam KWH (kilowatt hour).

Pemakaian beban listrik diindustri maupun rumah tangga menggunakan satuan kilowatt-hour (KWH), dimana 1 KWH sama dengan 3,6 MJ. Karena itulah alat yang digunakan untuk mengukur beban pada industri dan rumah tangga dikenal dengan watt-hourmeter. Besar tagihan listrik biasanya berdasarkan pada angka-angka yang tertera pada KWH meter pada setiap bulannya untuk saat ini. KWH meter induksi adalah satu-satunya tipe yang digunakan pada perhitungan

daya listrik rumah tangga. Semakin besar daya yang terpakai, mengakibatkan kecepatan piringan menjadi besar, demikian pula sebaliknya[9].

### 2.11.1 Jenis-jenis KWH Meter

Apabila dilihat dari cara kerjanya, KWH meter dibedakan menjadi :

#### 1) KWH meter Analog

Adapun bagian-bagian utama dari sebuah KWH meter analog antara lain, sebagai berikut :

- a) Kumparan tegangan
  - b) Kumparan arus
  - c) Piringan aluminium
  - d) Magnet tetap
- a) Gear mekanik yang mencatat jumlah perputaran piringan aluminium
  - b) Bendera pengereman berfungsi mengatur piringan pengujian beban nol pada tegangan normal.
  - c) Lidah pengereman adalah merupakan pasangandengan bendera
  - d) Posisi lidahpengereman dan bendera pengereman harus tepat sehingga:
    - Pada beban nol, tegangan nominal piringan berhenti pada saat posisi mereka berdekatan.
    - Tetapi arus mula (0,5 % Id) piringan harus dapat berputar >1 putaran.



## Gambar 2.7 KWH meter Analog

### 1) KWH Meter Digital

KWH meter digital digunakan untuk mengatasi kelemahan dari KWH meter analog. Adapun kelebihan dari KWH meter digital antara lain sebagai berikut:

- Sistem pembayarannya dengan sistem Prabayar, dengan sistem Prabayar menggantikan cara pembayaran umumnya, dengan menggunakan kartu Prabayar elektronik pengganti tagihan bulanan.
- KWH meter dengan tampilan digital yang menyala dan berukuran cukup besar.
- Akurasi perhitungan KWH, tidak adanya tunggakan pembayaran tagihan listrik, kemudahan memutus sambungan listrik pelanggan yang melakukan tunggakan tagihan dengan menggunakan alat yang bisa di set up dari jarak maksimal 200 meter.

Adapun bagian-bagian utama dari sebuah KWH meter digital antara lain, sebagai berikut :

#### a. Layar LCD

Berfungsi untuk menampilkan berbagai informasi pada meteran.

#### b. Lampu LED Indikator

Berfungsi sebagai indikator yang menandakan keadaan tertentu pada meteran.

#### c. Spesifikasi Meter

Berisi spesifikasi teknis meteran, tipe meteran dan pabrikan yang memproduksinya.

d. Nomor Meter

Nomor yang digunakan unntuk membeli pulsa listrik (token).

e. Optical Prot

Terminal komunikasi meter yang akan digunakan oleh petugas PLN untuk melakukan download data yang tersimpan didalam memory KWH meter.

f. Papan Tombol

Tombol-tombol untuk melakukan perintah-perintah dengan memasukkan kode tertentu pada meteran.

g. MCB (Miniatur Circuit Breaker)

Alat untuk membatasi daya terpasang dipelanggan dan pengaman terhadap arus hubung singkat yang dapat menyebabkan kebakaran.

h. Penutup terminal

Penutup untuk melindungi terminal. Tindakan untuk membuka/merusak penutup ini bisa didenda.

i. Penutup Meter

Penutup meter yang disegel menggunakan segel khusus PLN. Tindakan membuka/merusak segel PLN ini bisa didenda.



Gambar 2.8 KWH meter Digital

### 2.11.2 Prinsip Kerja KWH Meter

Ditinjau dari segi cara bekerjanya maka pengukur ini memakai prinsip *azas Ferraris*. Dan pada umumnya alat pengukur ini digunakan untuk mengukur daya listrik arus bolak-balik. Pada alat ini dipasang sebuah cakera aluminium (aluminium disk) yang dapat berputar, dimuka sebuah kutub magnet listrik (Electro Magnet). Magnet ini di perkuat oleh kumparan tegangan dan kumparan arus. Dengan adanya lapangan magnetik tukar yang berubah-ubah maka cakera (Disk) aluminium ditimbulkan suatu arus bolak-balik, yang menyebabkan cakera tadi mulai berputar dan menggerakkan pesawat hitungnya[9].

Secara umum perhitungan untuk daya listrik dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

- Daya kompleks  $S \text{ (VA)} = V.I$
- Daya reaktif  $Q \text{ (VAR)} = V.I \sin \varphi$
- Daya aktif  $P \text{ (watt)} = V.I \cos \varphi$

Dari ketiga daya tersebut yang terukur pada KWH meter adalah daya aktif, yang dinyatakan dengan satuan Watt. Sedangkan daya reaktif dapat diketahui besarnya dengan menggunakan alat ukur Varmeter. Untuk pemakaian pada rumah, biasanya hanya digunakan KWH meter. Pada pembebanan bebas induksi kecepatan berputarnya cakera sangat tergantung pada hasil kali tegangan pada hasil kali dari tegangan (E) x kuat arus (I) dalam satuan watt, jumlah putaran

tergantung pada kecepatan dan lainnya, dengan demikian dapat kita rumuskan sebagai berikut :

Dimana :

E = Tegangan (volt)

I = Arus (amper)

t = Waktu (detik)

Untuk alat pengukur kilowatt jam (KWH) arus putar, pada umumnya mempunyai tiga sistem magnet, yang masing-masing dengan sebuah kumparan arus dan tegangan yang bekerja pada sebuah cakera turutan, dimana ketiga cakera itu dipasang pada sumbu yang sama. Pada piringan KWH meter terdapat suatu garis penanda (biasanya berwarna hitam atau merah). Garis ini berfungsi sebagai indikator putaran piringan. Untuk 1 KWH biasanya setara dengan 900 putaran (ada juga 450 putaran tiap KWH). Saat beban banyak memakai daya listrik, maka putaran piringan KWH ini akan semakin cepat. Hal ini tampak dari cepatnya garis penanda ini melintas.

## 2.12 Lampu Indikator

Lampu indikator merupakan komponen yang digunakan sebagai lampu tanda. Lampu-lampu tersebut digunakan untuk berbagai keperluan misalnya untuk lampu indikator pada panel penunjuk fasa R, S dan T atau L1, L2 dan L3. Selain itu juga lampu indikator digunakan sebagai indikasi bekerjanya suatu sistem kontrol misalnya lampu indikator merah menyala motor bekerja dan lampu indikator hijau menyala motor berhenti[10].





Gambar 2.9 Lampu Indikator.

### **2.12.1 Cara Kerja kapasitor**

Cara kerja kapasitor dalam sebuah rangkaian adalah dengan mengalirkan elektron menuju kapasitor. Pada saat kapasitor sudah dipenuhi elektron, tegangan akan mengalami perubahan. Selanjutnya, elektron akan keluar dari sebuah kapasitor dan mengalir menuju rangkaian yang membutuhkannya. Dengan begitu, kapasitor akan membangkitkan reaktif suatu rangkaian.

Namun tidak dipungkiri, mesti suatu komponen kapasitor memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda, tetapi fungsi kapasitor tetap sangat diperlukan dalam suatu komponen elektronika atau bahkan rangkaian elektronika. Adapun kedua keping atau piringan pada kapasitor dipisahkan oleh suatu insulator, pada dasarnya tidak ada elektron yang dapat menyeberang celah diantara kedua keping. Pada saat baterai belum terhubung, kedua keping akan bersifat netral (belum termuati). Saat baterai terhubung, titik dimana kawat pada ujung kutub negatif dihubungkan akan menolak elektron, sedangkan dimana kutub positif terhubung menarik elektron. Elektron-elektron tersebut akan tersebar ke seluruh keping kapasitor. Sesaat, elektron mengalir kedalam keping sebelah kiri pada kondisi ini arus mengalir melalui kapasitor walaupun sebenarnya tidak ada elektron yang mengalir melalui celah kedua keping tersebut.

Setelah bagian luar keping termuati, berangsur-angsur akan menolak muatan baru dari baterai. Karenanya arus pada keping tersebut akan menurun

besarnya terhadap waktu sampai kedua keping tersebut berada pada tegangan yang dimiliki baterai. Keping sebelah kanan akan memiliki kelebihan elektron yang terukur dengan muatan  $-Q$  dan pada keping sebelah kiri termuati sebesar  $+Q$ .

### 2.12.2 Prinsip Pembentukan Kapasitor

1. Jika dua buah plat atau lebih yang berhadapan dan dibatasi oleh isolasi, kemudian plat tersebut dialiri listrik maka akan terbentuk kondensator (isolasi yang menjadi batas kedua plat tersebut di namakan dielektrikum).

2. Bahan dielektrikum yang digunakan berbeda-beda sehingga penamaan kapasitor berdasarkan bahan dielektrikum. Luas plat yang berhadapan bahan dielektrikum dan jarak kedua plat mempengaruhi nilai kapasitansi nya.

3. Pada suatu rangkaian yang tidak terjadi kapasitor liar. Sifat yang demikian itu di sebutkan kapasitansi parasitic. Penyebabnya adalah adanya komponen-komponen yang berdekatan pada jalur penghantar listrik yang berdekatan dan gulungan-gulungan kawat yang berdekatan.

### 2.12.3 Jenis dan Macam-macam Kapasitor

Jenis-jenis kapasitor dalam komponen elektronika bermacam-macam di antaranya adalah kapasitor bipolar/non polar. Kapasitor polar memiliki kutub  $(-/+)$ , walaupun kapasitor ini sama-sama digunakan untuk menyimpan muatan listrik, tapi banyak perbedaan diantara dua macam kapasitor ini, baik dari bahan yang digunakan untuk membuat kapasitor tersebut maupun dalam kegunaannya.

1. Kapasitor Keramik

Kapasitor keramik adalah kapasitor yang dibuat dengan bahan dasar keramik yang digunakan untuk media penyimpan arus. Cara memasangnya adalah

di letakkan diantara pin kaki kapasitor tersebut sedemikian rupa sehingga dapat menyimpan arus listrik.

## 2. Kapasitor Tantalum

Kapasitor tantalum merupakan jenis-jenis kapasitor elektrolit yang elektroda nya terbuat dari material tantalum. Komponen ini memiliki polaritas, cara membedakannya dengan mencari tanda atau tanda lainnya yang ada pada bodi kapasitor, tanda ini menyatakan bahwa pin dibawahnya memiliki polaritas positif.

## 3. Kapasitor Multilayer

Kapasitor multilayer terbuat dari bahan material, kapasitor ini sama dengan kapasitor keramik, bedanya hanya terdapat pada jumlah lapisan yang menyusun dielektriknya. Pada jenis ini dielektriknya disusun dengan banyak lapisan atau biasanya disebut dengan layer dengan ketebalan 10 sampai dengan 20  $\mu\text{m}$  dan pelat elektrodanya dibuat dari logam yang murni. Selain itu ukurannya kecil dan memiliki karakteristik suhu yang lebih bagus dari pada kapasitor keramik.



## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang sumber bahan analisa yang ada di gedung Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan , untuk memenuhi kebutuhan daya listrik di gedung tersebut memerlukan suatu analisa, agar sistem pensuplaian daya listrik dapat dioptimalkan dengan baik serta handal dalam pengoperasiannya dalam mensuplai kebutuhan daya listrik beban-beban peralatan. Ada beberapa jenis sistem sumber daya listrik yaitu:

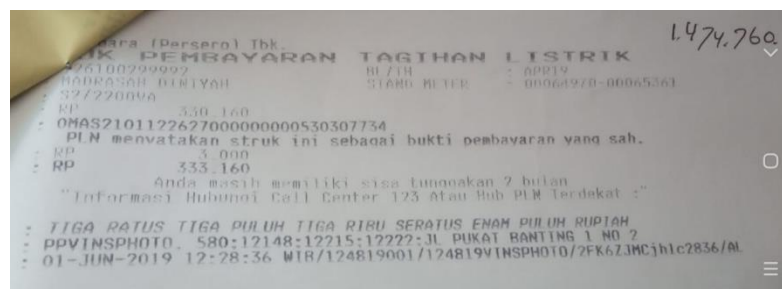
1. Sumber daya listrik dari gardu distribusi PLN
2. Sumber daya listrik dari pembangkit sendiri berupa generator-set

#### 3.1 Tempat dan lokasi penelitian

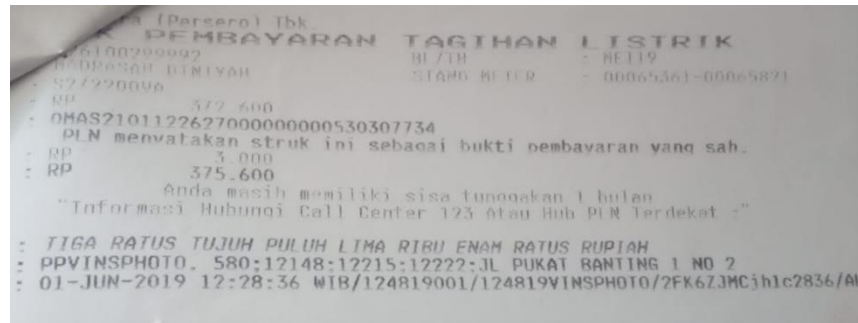
Kegiatan penelitian ini bertempat di Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan Jalan Mandala By Pass No. 140 Medan.

#### 3.2 Sumber Daya Listrik PLN

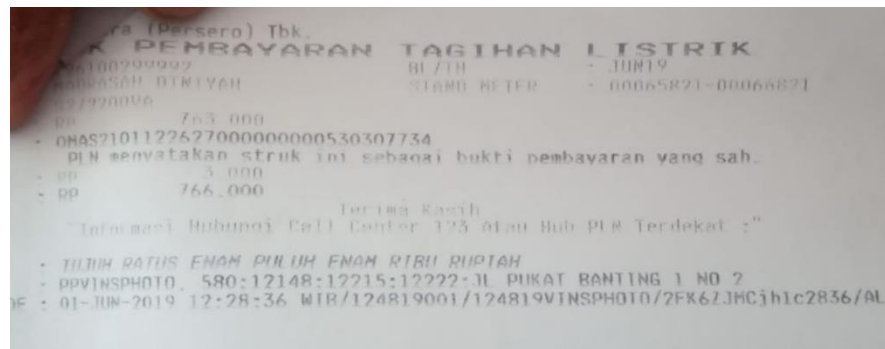
Sumber daya listrik dari PLN yang ada di gedung di gedung Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan yang memiliki suplai daya listrik dari PLN sebesar 2200 Watt dan dengan penambahan sebesar 15 kVA.



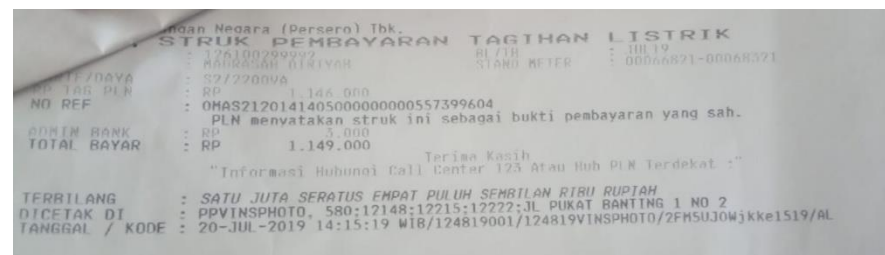
Gambar 3.1 Rekenig Listrik Bulan April 2019



Gambar 3.2 Rekening Listrik Bulan Mei 2019



Gambar 3.3 Rekening Listrik Bulan Juni 2019



Gambar 3.4 Rekening Listrik Bulan Juli 2019

### 3.2 Sumber Daya Listrik Generator-Set

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

### 3.2.1. Perlengkapan Hubung Bagi (Panel)

Pengaturan pembagian dari kedua jenis pembangkit listrik yaitu PLN dan generator diatur oleh pusat pengatur beban. Pengaturan pengoperasian tersebut bertujuan untuk meningkatkan keandalan, keamanan dan stabilitas penyaluran daya listrik. Peralatan pusat pengaturan beban terdiri dari alat ukur tegangan (V), arus (A) dan frekuensi (F), faktor daya (Q), dan kWh baik untuk sumber daya listrik PLN maupun generator.

### 3.3 Metode Perancangan Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan di gedung Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan menggunakan *back-up* daya sendiri yaitu listrik dari PLN dan generator-set.

#### 3.3.1 Sistem Daya Listrik (PLN)

Sistem daya dari PLN sebagai sumber daya listrik utama dengan kapasitas daya 15 kVA. Penyaluran daya listrik dari PLN ini dilakukan melalui panel distribusi tegangan menengah 20 kV (*EXISTING*).

#### 3.3.2 Sistem Daya Listrik Generator-Set

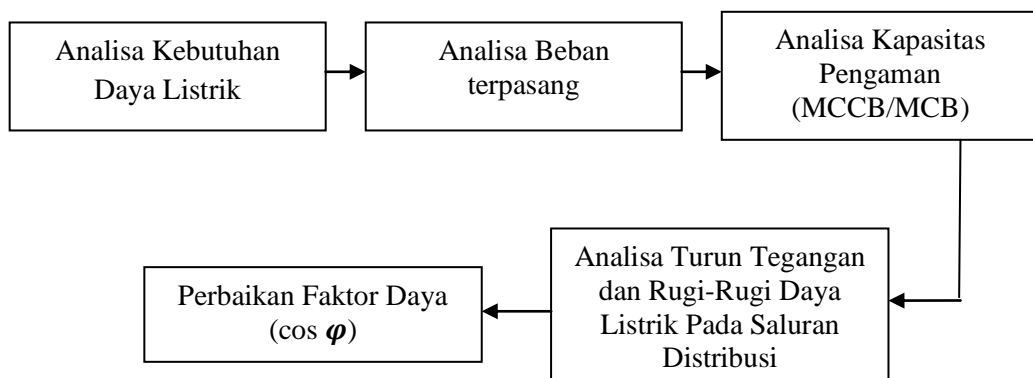
Disamping mendapatkan suplai daya listrik dari PLN, di gedung Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan juga dapat mendapatkan sumber daya listrik dari generatorset dengan kapasitas 15 kVA, yang berfungsi sebagai sistem suplai *back-up* daya listrik dari PLN padam.



Gambar 3.5 Generator-Set 150 kVA

### 3.4 Beban terpasang

Beban terpasang disini adalah kapasitas daya terpasang yang terdapat di gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan. Beban ini disuplai dari panel PUTR (Panel Utama Tegangan Rendah). Beban terpasang terdiri dari panel utama terbagi menjadi beberapa jalur untuk mensuplai beban pada gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan. Adapun diagram Alir dari pengerjaan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis Pengerjaan

Kebutuhan daya maksimum (beban puncak) pada tiap-tiap kelompok panel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$FC = \frac{1}{Fd} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$Fd = \frac{\sum_{i=1}^n TDT_i X Fdd_i}{Dk} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana :

$TDT_i$  = Jumlah yang tersambung dari suatu kelompok atau beban  $i$ .

$Fdd_i$  = Faktor kebutuhan dari suatu kelompok atau beban  $i$

$Dk$  = Kebutuhan maksimum (puncak) tiap kelompok Beban.



Salah satu faktor dalam perancangan sistem distribusi adalah karakteristik di berbagai beban. Karakteristik beban di gardu induk tergantung pada jenis bebannya. Karakteristik beban memiliki peranan penting dalam menentukan rating peralatan pemutus rangkaian, analisa rugi-rugi dan menentukan kapasitas pembebanan di suatu gardu induk. Faktor beban merupakan penyederhanaan penting dari suatu data penggunaan energy listrik dan tergantung pada rasio permintaan rata-rata terhadap beban puncak ( peak demand ) (Tapajyoti, 2009 ).

Data yang diperoleh di PLN Medan Kota di kelompokkan selanjutnya dibuat tabel pelanggan di sektor industri yang terdiri dari beberapa golongan yaitu : Tabel 1. Pelanggan Industri di PLN Medan Kota.

Tabel 3.1 Pelanggan Industri PLN Kota Medan

<b>Pelanggan</b>	<b>Daya (VA)</b>	<b>Konsumsi Bulanan (KWH)</b>	<b>Jumlah Pelanggan</b>
450 VA	900	54	2
900 VA	22.500	2953	25
1300 VA	66.300	8.904	51
2200 VA	173.800	22.468	79
3500-14 KV	1.885.900	209.347	270
14 KV- 200 KV	79.766.600	11.176.049	800
200 KVA	596.806.000	202.201.023	413

Dari tabel diatas pelanggan di sektor industri dibagi menjadi beberapa golongan. Dan dari data tabel di atas akan dicari faktor beban dari setiap golongan. Sehingga akan diperoleh hasil faktor beban dari setiap golongan pada sektor industri di wilayah PLN Kota Medan.

Faktor daya pada pelanggan dapat dituliskan dalam persamaan :

$$Pr = \frac{\text{Konsumsi listrik dalam periode tertentu}}{\text{Waktu penggunaan dalam periode tertentu}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Beban Puncak (Pmax) yaitu nilai terbesar dari pembebanan sesaat di suatu interval demand. Supaya bisa memperjelas pengertian tentang demand (D), Maximum Demand (Dmax) dan beban puncak (Pmax).

$$\text{Beban Puncak } P_p = v \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

V = Tegangan Listrik (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

cos $\varphi$  = Faktor daya (0,8)

$$\text{Faktor beban (Fb)} = \frac{\text{Beban rata-rata dalam periode tertentu}}{\text{Beban puncak dalam periode tertentu}} \dots\dots(3.5)$$

Kebutuhan energi listrik di saat beban puncaknya dapat membawa dampak yang sangat merugikan di berbagai pihak sehingga perlu adanya usaha agar permintaan listrik dari sisi pelanggan bisa terpakai secara maksimal.

Sedangkan analisa beban terpasang :

$$\text{Daya Semu} = \frac{\text{Daya Aktif}}{\cos \varphi} \dots\dots\dots(3.6)$$

Analisa kapasitas pengaman MCCb/MCB :

$$I_n = \frac{P \text{ (watt)}}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} \dots\dots\dots(3.7)$$

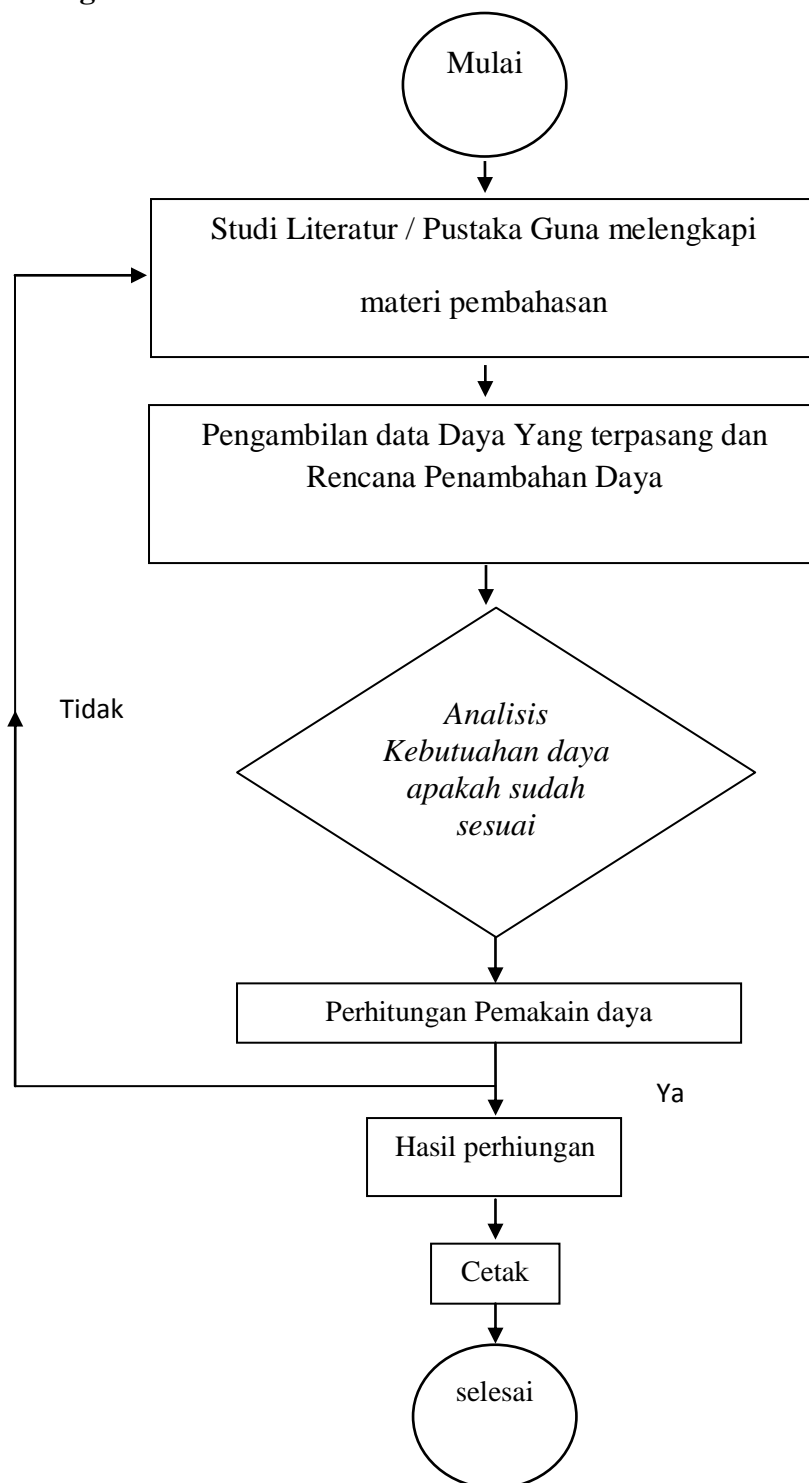
Perbaikan Faktor Daya (cos  $\varphi$ )

$$P = S \times \cos \varphi \dots\dots\dots(3.8)$$

Dari perhitungan di atas diketahui besar kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya dengan persamaan 3.5 sebagai berikut :

$$Q_c = P \times (\tan \varphi - \tan \varphi_2) \dots\dots\dots(3.9)$$

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian

**BAB 4**  
**HASIL & PEMBAHASAN**

**4.1. Analisa Kebutuhan Daya Listrik**

Untuk menghitung dan menganalisa kapasitas dari suatu peralatan listrik, terlebih dahulu harus mengetahui perkiraan keadaan beban yang ada di gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan. Keadaan beban listrik di gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan lain:

- Beban maksimum
- Beban rata-rata

**4.1.1 Beban Maksimum**

Untuk menentukan seberapa besar daya listrik yang dibutuhkan pada masing-masing panel, perlu diketahui beban maksimum yang terjadi pada masing-masing panel, dibutuhkan faktor kebutuhan ( $F_k$ ), faktor diversitas dan faktor kebersamaan. Kebutuhan daya maksimum (beban puncak) pada tiap-tiap kelompok panel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1 dan 3.2 (bab 3) yaitu :

Maka pada persamaan berikut diketahui Daya yang terpasang pada lantai satu adalah 5280 Watt, maka daya aktif dapat dihitung dengan persamaan :

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

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

Diketahui \_\_\_\_\_ :

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

Faktor Kebutuhan  $F_{ddi} = 90 \% = 0,9$

Faktor Diversitas  $F_d = 1,1$

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

Maka :

$$D_K = \frac{\sum_{i=1}^n TDT_i \times F_{d_i}}{\frac{1}{FC}} = \frac{5820 \times 0,9}{\frac{1}{0,9}}$$

$$= 4320 \text{ Watt}$$

Maka Faktor daya pada pelanggan (14KVA-200KVA)

$$Pr = \frac{\text{Konsumsi listrik dalam periode tertentu}}{\text{Waktu penggunaan dalam periode tertentu}}$$

$$Pr = \frac{11.176.049}{30 \times 24 \text{ Jam}} = 15.522.29 \text{ kW} = 15.522.290 \text{ Watt}$$

Maka Faktor beban :

$$(F_b) = \frac{\text{Beban rata-rata dalam periode tertentu}}{\text{Beban puncak dalam periode tertentu}}$$

$$(F_b) = \frac{290.750}{1508720} = 0,192 = 19,2 \%$$

Hasil dari perhitungan didapatkan nilai daya rata-rata dari sektor industri 3.500VA-14KVA yaitu : Sebesar 290,75 kW=290.750 W, dengan nilai maksimum demand sebesar 1.508.720 W dan asumsi  $\cos \phi$  dengan nilai 0,9. Dan hasil perhitungan faktor beban di dapatkan nilai 19,2%. Sehingga nilai faktor beban dari hasil perhitungan terbilang masih sangat kecil, oleh karena itu pelanggan di sektor industri ini bisa ditambahkan lagi sehingga daya yang di sediakan oleh PLN dapat terpakai maksimal.

Maka kapasitas pengaman MCCb/MCB adalah :

$$I_n = \frac{P \text{ (watt)}}{\sqrt{3} X V X \text{Cos}\phi}$$

$$I_n = \frac{5280 \text{ Watt}}{\sqrt{3} X 380 X 0,9} = 8,91 \text{ Amper}$$

Maka MCB yang digunakan adalah 10 A.

Dengan cara yang sama untuk mencari pengaman sirkit akhir dengan memperhatikan (PUIL Bab 7, pasal 7.5.1.1.) “Penghantar harus diproteksi dengan gawai proteksi (pengaman lembur atau pemutus sirkit) yang harus dapat membuka sirkit dalam waktu yang tepat bila timbul bahaya bahwa suhu penghantar akan menjadi terlalu tinggi.

Maka Analisa Turun Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Listrik Pada Saluran Distribusi Turun tegangan dan rugi-rugi daya ditentukan berdasarkan panjang dari panjang penghantar, luas penampang penghantar dan tahanan jenis penghantar.

Dalam analisa turun tegangan (*Drop Voltage*) dan rugi-rugi daya listrik yang dihitungnya dari penghantar-penghantar panel utama (MDP) ke Sub Panel Distribusi (SDP) diambil dari data jaringan distribusi di gedung PDM Kota Medan, dengan arus beban seimbang untuk setiap fasa dan berikut perhitungannya :

➤ **Untuk arus bolak balik tiga fasa**

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

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

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

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

Rugi-rugi daya

Keterangan :

R=tahanan (Ohm)

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

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

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

$\ell$ =panjang penampungan (m)

A=luas penampang penghantar ( $\text{mm}^2$ )

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

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

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 0,0175 \times 10^{-6} \times \frac{30}{2,5 \times 10^{-6}}$$

$$= 0,21 \Omega$$

$$I = \frac{P(\text{Watt})}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cosp}}$$

$$= \frac{5.280}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9}$$

$$= 8,91 \text{ A}$$

Turun tegangan pada penghantar

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

Persentase turun tegangan

$$(\% \Delta V) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\%$$

$$= \frac{1,87}{380} \times 100\%$$

$$= 0,0049 \times 100\%$$

$$= 0,49 \%$$

Rugi – rugi daya penghantar

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

Persentase rugi daya

$$\begin{aligned}(\% \Delta P) &= \frac{\Delta P}{P} \times 100\% \\ &= \frac{16,7}{5.280} \times 100\% \\ &= 3.16 \times 100\% \\ &= 3.16 \%\end{aligned}$$

➤ **Perbaikan Faktor Daya ( $\cos \varphi$ )**

Faktor daya ( $\cos \varphi$ ) yang digunakan pada gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan yaitu sebesar 0,9 *lagging* sedangkan faktor daya ( $\cos \varphi$ ) yang paling baik adalah mendekati 1 atau sebesar 0,99. Dengan mengetahui suplai daya semu (KVA) dari PLN yaitu 15 KVA, maka daya aktif dengan persamaan 3.8 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P &= S \times \text{Cos } \varphi) \\ &= 15 \times 0,9 \\ &= 13,5 \text{ KW}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan bahwa  $\cos \varphi$  awal ( $Q_1$ ) sebesar 0,9. maka dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3.9 sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 Q &= P \times \tan \varphi_1 \\
 &= 13,5 \times \tan (\cos^{-1}0,9) \\
 &= 13,5 \times \tan 25,841^\circ \\
 &= 13,5 \times 0,484 \\
 &= 5,534 \text{ KVAr}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk memperbaiki menjadi  $\cos Q_2$  sebesar 0,99, sebagai berikut :

$$P = 13,5 \text{ KW}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= P \times \tan \varphi_2 \\
 &= 13,5 \times \tan (\cos^{-1}0,99) \\
 &= 13,5 \times \tan 8,109^\circ \\
 &= 13,5 \times 0,1424 \\
 &= 1,9224 \text{ KVAr}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diketahui besar kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya dengan persamaan 3.9 sebagai berikut :

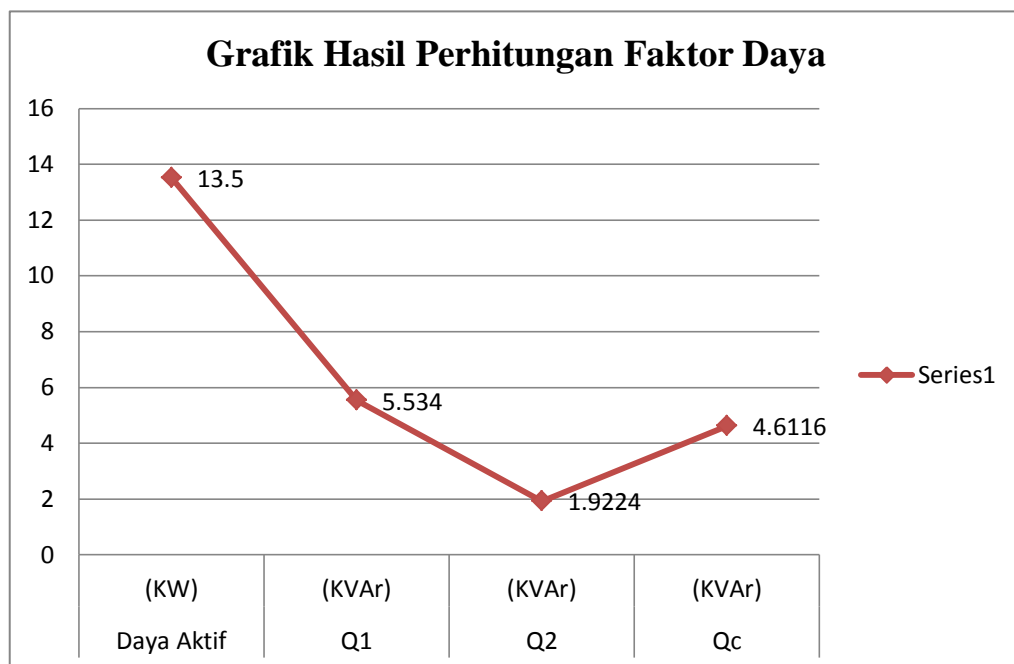
$$\begin{aligned}
 Q_c &= P \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \\
 &= 13,5 \times \tan (\cos^{-1}0,9) - \tan (\cos^{-1}0,99) \\
 &= 13,5 \times \tan 25,841^\circ - \tan 8,109^\circ \\
 &= 13,5 \times 0,484 - 0,1424 \\
 &= 13,5 \times 0,3416 \\
 &= 4,6116 \text{ KVAr}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan dapat dipasang kapasitor berkapasitas 4,6116 KVAR, jadi kapasitor tersebut sudah mencukupi untuk memperbaiki faktor dayanya. Terlihat pada tabel

1.1 hasil Perhitungan Faktor Daya sebagai berikut :

**Tabel 1.1 Hasil Perhitungan Faktor Daya**

Daya Aktif (KW)	Q <sub>1</sub> (KVAR)	Q <sub>2</sub> (KVAR)	Q <sub>c</sub> (KVAR)
13,5	5,534	1,9224	4,6116



Gambar 4.1 Grafik Hasil Perhitungan Faktor Daya

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Hasil analisa dan perhitungan kebutuhan dayalistrik di Gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan makadapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan beban terpasang panel utama sebesar 290,75 kW = 290.750 W. Gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan suplai daya listrik dari PLN sebesar 15 kVA.
2. Hasil perhitungan pengaman MCB/MCCBpanel pembagi lantai 1 dayanya 5.280 watt,nilai MCB terpasang sebesar 8,91 A, MCB yang digunakan adalah 10 A. Jadi untukantisipasi penambahan beban, makaMCCB/MCB terpasang harus sesuai denganpemasangan.
3. Hasil perbaikan faktor daya untuk gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan dengan perbaikan faktor daya dari 0,9 lagging menjadi 0,99 yaitu hasil perbaikan kapasitornya sebesar 4,6116 KVAr.

#### **5.2 SARAN**

Disusunnya Tugas Akhir ini tentu tidak lepas dari kekurangan dan ketidaksempurnaan, maka untuk kedepannya jika ada yang ingin melanjutkan tugas akhir ini ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk seterusnya, antara lain:

1. Dalam melakukan pengujian harus dilakukan dengan teliti dan penggambaran sementara agar mendapatkan hasil desain yang maksimal.
2. Pada penelitian selanjutnya, tugas akhir ini dapat menjadi bahan referensi untuk peneliti yang lebih baik lagi.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tomas Da Costa Belo, Didik Notosudjono, Dede Suhendi. Analisa Kebutuhan Daya Listrik Di Gedung Perkuliahan 10 Lantai Universitas Pakuan Bogor *Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan*
- [2] Budiyo, Sumarbagiono, Sugianto Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Fasilitas Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif Badan Tenaga Nuklir Nasional Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN ISSN 1410-6086
- [3] Adang setiawan Ebook Pengertian Instalasi Listrik adang setiawan 1996. [blogspot.com/2014/03.html](http://blogspot.com/2014/03.html).
- [4] Windu Nur Hardiranto Analisa Optimasi Perbaikan Faktor Daya Dan *Drop* Tegangan Dengan Menggunakan Kapasitor *Bank* Pada *Line* 5 Pt Bukit Asam (Persero) Tbk. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung 2017.
- [5] Asrul Azmi, Studi Perencanaan Kebutuhan Instalasi Listrik Di Rumah Sakit Bersalin Jeumpa Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- [6] Desy Kristyawati, Rudi Saputra Analisa Sistem Instalasi Listrik Dan Pembagian Daya 900 Watt Pada Rumah 2 Tingkat Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma Jl. Margonda Raya 100 Depok 16424
- [7] Yenni Armas, Analais Kebutuhan Daya Listrik Di Bandar Udara Cakrabhuwana Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curung PO BOS 509 Tangerang.

- [8] Indar Sugiarto, Felix Pasila, Mulia Rudy, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 3, No. 3, September 2003: 94 – 100 *Identifikasi Parameter Low Pass Filter Menggunakan Teknik Rekonstruksi Diagram Bode.*
- [9] James Murdock and Danielle Griffith *Jurnal Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265* Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated *Crystal Oscillator and Crystal Selection for the CC26xx and CC13xx Family of Wireless MCUs*
- [10] K. Kananda and R. Nazir, “Konsep Pengaturan Aliran Daya Untuk PLTS Tersambung Ke Sistem Grid Pada Rumah Tinggal,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 65–71, 2013.
- [11] Kuncoro, Bayu Mukti. 2010. “*Ilmu Elektronika*”. Rangkaian Filter pasif
- [12] Mudrik Alaydrus *Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta* Simulasi Filter Lolos Bawah dengan Teknologi Mikrostrip menggunakan Software Sonnet, *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol.3, no.1, 2012
- [13] Pressman, Abraham I. (2002). *Switching Power Supply Design. McGraw Hill Companies Inc, new York, USA.*
- [14] Razak, Irawati. (2009). *Jobsheet Praktikum Laboratorium Frekuensi Tinggi 1. Politeknik Negeri Ujung Pandang.*
- [15] S. pujo suwarno, thomas sri widodo, “Simulasi Sistem Pembayaran Retribusi Gerbang Parkir Menggunakan Mikrokontroler AT89251,” *Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2009

# EVALUASI PERENCANAAN KEBUTUHAN DAYA PADA INSTALASI LISTRIK KANTOR PIMPINAN DAERAH MUHAMMADIYAH KOTA MEDAN

Wahyu Pratama Azhari<sup>1</sup>, Partaonan Harahap,ST.,MT<sup>2</sup>, Muhammad Adam<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)  
Jl. Kapten Muchtar Basri,BA No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238  
Email : wahyupratama21@gmail.com

Abstrak-Beban-beban listrik yang terpasang pada gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan antara lain beban penerangan (lampu-lampu) serta beban tenaga (stop kontak) dan beban tenaga motor-motor listrik (AC, dan lain-lain), yang tentunya membutuhkan suplai daya listrik yang cukup besar. Hasil perhitungan beban terpasang panel utama sebesar 290,75 kW = 290.750 Watt, pada Gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan suplai daya listrik dari PLN sebesar 15 kVA. Pada pengaman MCB panel pembagi lantai 1 dayanya 5.280 watt, nilai MCB terpasang sebesar 8,91 A, MCB yang digunakan adalah 10 A. Jadi untukantisipasi penambahan beban, maka MCB terpasang harus sesuai dengan pemasangan faktor daya untuk gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan. Untuk faktor daya, bahwa  $\cos \varphi$  awal ( $Q_1$ )sebesar 0,9 sebesar 5,534 KVA, sedangkan untuk memperbaiki menjadi  $\cos Q_2$ sebesar 0,99 sebesar 1,9224 KVA, maka besar kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya sebesar 4,6116 KVA.

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

## A. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini, dimana hampir semua aktifitas manusia berhubungan dengan energi listrik. Fungsi instalasi listrik yaitu untuk mempermudah pemasangan pada instalasi listrik. Komponenya seperti saklar listrik, stop kontak, lampu pijar, lampu TL, fuse / sekering, fitting atau dudukan lampu serta pipa listrik.

Pemasangan instalasi listrik dirumah tangga idealnya harus mengikuti standar yang berlaku. Hal ini bertujuan supaya produsen energi listrik dan pelanggan terhindar dari kerugian. Salah satu usaha yang dilakukan untuk meningkatkan keamanan adalah dengan membuat sistem pembumian instalasi rumah tangga.

Sementara itu adanya peningkatan kebutuhan gedung yang harus dilayani terkadang bangunan lama tidak mampu lagi untuk menampung berbagai aktifitas yang harus dilakukan. Untuk itu perlu adanya upaya peningkatan daya guna bangunan baik itu berupa, penambahan gedung baru atau pun pembangunan gedung baru di tempat yang lebih tepat dan strategis.

Bangunan ini terdiri dari beberapa dua lantai yang setiap lantainya terdapat ruangan kantor majelis dan lembaga untuk proses administrasi. Ada pun ruangan terdiri dari bermacam fasilitas dan alat-alat lain yang sangat diperlukan digedung dan disetiap ruangan membutuhkan energi listrik untuk pencahayaan dan mengaktifkan setiap fasilitas yang

ada, seperti komputer, dan fasilitas lainnya yang sangat bergantung pada listrik.

Untuk mendukung kegiatan tersebut, maka perlu perencanaan kebutuhan daya pada instalasi listrik kantor dan ruangan Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan. Sistem tenaga listrik dan instalasi harus mendukung sistem seluruh gedung tersebut. Pada kesempatan ini penulis tertarik untuk melakukan penelitian Tugas Akhir, pada permasalahan diatas dengan judul "Evaluasi Perencanaan Kebutuhan Daya Pada Instalasi Listrik Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan".

### 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

4. Bagaimana mengetahui kebutuhan daya listrik dari beban terpasang dan menganalisis kapasitas pengaman (MCCB/MCB)
5. Bagaimana mengetahui turunya tegangan dan rugi-rugi daya listrik serta faktor daya.
6. Hasil perbaikan faktor daya untuk gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan

### 3. Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi perencanaan pembagian daya listrik yang sesuai standar PUIL 2000, dengan mengevaluasi berdasarkan perhitungan pembagian daya yang dilakukan selama proses evaluasi kebutuhan daya listrik di Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan menjadi lebih efektif dan efisien.



## 7. Batasan Masalah

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis membatasi masalah-masalah yang akan dibahas. Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam laporan ini adalah :

4. Menganalisis kebutuhan daya listrik dari beban terpasang dan menganalisis kapasitas pengaman (MCCB/MCB)
5. Mengetahui turunya tegangan dan rugi-rugi daya listrik serta faktor daya.
6. Mengetahui perbaikan faktor daya untuk gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan

## B. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Tinjauan Relevan

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya penulis mencoba mengambil sumber referensi dari berbagai sumber seperti jurnal, buku dan prosiding sebagai bahan untuk mendukung Tugas akhir ini diantaranya:

- Desy Kristyawati, dkk, Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma Jl. Margonda Raya 100 Depok 16424 dengan judul Analisa Sistem Instalasi Listrik Dan Pembagiandaya 900 Watt Pada Rumah 2 Tingkat dengan hasil pembahasan menganalisa sistem instalasi listrik pada rumah 2 tingkat ini menggunakan daya 900 Watt, dimana dalam instalasi ini menggunakan KWH (Killo Watt Hour) meter sebagai alat perhitungan dalam pemakaian energi listrik. KWH ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium. Pada rumah 2 tingkat ini memiliki kapasitas daya terpasang 900 Watt. Sistem distribusinya terbagi ke 2 tingkat untuk memberi energi ke fasilitas-fasilitas elektronik lainnya. dari instalasi listrik ini terdapat MCB (Miniature Circuit Breaker), MCB pada instalasi ini sebagai pengaman terhadap bahaya beban atau arus lebih. Pemasangan PHB (Pusat Hubung Bagi) berfungsi menerima energi listrik dari APP (Alat Pengukur dan Pembatas) dan selanjutnya mendistribusikan dan sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkuit cabang PHB. Pada daya yang dipakai 900 Watt dibagi dengan tegangan dari PLN sebesar 220 volt menjadi arus energi listrik sebesar 4 Ampere total lantai 1 dan 2 di PHB utama, dimana setiap lantai nilai PHB pada MCB nya 2 Ampere dan dispesifikasi pada tiap-tiap beban. Beban yang di gunakan yaitu 1 Ampere untuk penerangan (Lampu) dan 1 Ampere untuk alat-alat elektronik (seperti televisi, radio, kulkas dan lainnya).

- Asrul Azmi, Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjung pura yang berjudul Studi Perencanaan Kebutuhan Instalasi Listrik di Rumah Sakit Bersalin Jeumpa yang menghasilkan bahwa Rumah Sakit Bersalin Jeumpa Pontianak merupakan salah satu fasilitas rumah sakit yang sedang merencanakan pengembangan rumah sakit bersalin kelas B. Bangunan rumah sakit bersalin ini akan dikembangkan dengan luasan bangunan dengan ukuran 525 m<sup>2</sup> yang terdiri dari 8 lantai. Untuk sistem instalasi listrik pada bangunan, khususnya Rumah Sakit Bersalin diperlukan perencanaan secara matang supaya sistem tersebut mampu bekerja dengan sangat efektif, efisien serta sistem tersebut mampu mengatasi gangguan yang terjadi dalam proses penyaluran atau pendistribusian tenaga listrik di bangunan tersebut. Kenyamanan dalam bekerja atau beraktivitas tentunya tidak terlepas dari penyediaan penerangan dan sistem sirkulasi udara yang baik terutama untuk penerangan pada malam hari serta penkondisian udara pada ruangan yang tidak mempunyai ventilasi yang cukup. Untuk merencanakan instalasi tersebut menggunakan metode studi literatur, dalam tahap perencanaan dilakukan beberapa perhitungan yaitu dimensi ruangan, indeks ruang, efisiensi dan armatur sedangkan untuk tata udara harus diketahui terlebih dahulu BTU/hr sesuai kebutuhan ruangan. Untuk mencapai semua itu, instalasi penerangan dan tata udara rumah sakit bersalin ini akan direncanakan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia, berdasarkan SNI 036575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung dan SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. Dengan adanya standar – standar tersebut penulis bisa menentukan jumlah armatur lampu, intensitas maksimum pencahayaan dan kapasitas maksimum air conditioner berdasarkan besar ruangnya.
- Tomas Da Costa Belo dkk dengan judul Analisa Kebutuhan Daya Listrik Di Gedung Perkuliahan 10 Lantai Universitas Pakuan Bogor yang menghasilkan bahwa gedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor adalah termasuk dalam jenis industri komersial yang diperuntukan sebagai salah satu sarana pendidikan yang ada di kota Bogor. Gedung ini terdiri dari 10 lantai yaitu lantai 1 untuk aula, lantai 2 kantor, lantai 3 kantin, lantai 4 sampai dengan 9 perkuliahan, lantai 10 sidang dan tempat parkir/basement dan daya yang terpasang digedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor sebesar 377.018 watt. Untuk memenuhi kebutuhan daya listrik pada

gedung tersebut, mengandalkan suplai daya listrik dari PLN sebagai sumber daya listrik utama dengan kapasitas sebesar 880 KVA dan suplai daya listrik dari Generator set berkapasitas sebesar 1000 KVA sebagai sumber daya listrik cadangan serta transformator yang terpasang berkapasitas sebesar 1000 KVA. Selain memperhitungkan kebutuhan daya listrik tersebut juga harus dipertimbangkan rugi-rugi daya listrik dan turun tegangan (*Drop Voltage*) yang terjadi pada penghantarnya serta pemilihan dan pemakaian rating pengaman (MCCB/MCB) yang sesuai alat proteksi dari gangguan yang mungkin terjadi dan di gedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor juga terpasang kapasitor bank dengan kapasitas 600 KVAR untuk memperbaiki faktor daya. Beban-beban listrik yang terpasang di gedung perkuliahan 10 lantai Universitas Pakuan Bogor antara lain beban penerangan (lampu-lampu) serta beban tenaga (stop kontak, *Ex fan*) dan beban tenaga motormotor listrik (AC, Lift, eskalator dan lain-lain), yang tentunya membutuhkan suplai daya listrik yang cukup besar.

**2. Teori Pendukung**

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi.

Dengan kata lain, Daya listrik merupakan tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi sebuah cahaya sedangkan pada Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya akan semakin tinggi juga daya listrik yang dikonsumsi.

Daya merupakan energi yang diperlukan untuk melakukan usaha/kerja. Daya listrik menyatakan banyaknya energi listrik yang terpakai setiap detiknya. Satuan daya listrik adalah Watt. Sedanglam 1 Watt = 1 Joule/detik. Sedangkan berdasarkan pada konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik yaitu besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya yaitu Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan dengan definisi

tersebut, perumusan daya listrik yaitu sebagai berikut :

$$P = E / t.....(2.1)$$

*Keterangan :*

- P = Daya Listrik
- E = Energi dengan satuan Joule
- t = waktu dengan satuan detik

Dalam rumus perhitungan, Daya Listrik biasanya dilambangkan dengan sebuah huruf “P” yang merupakan kependekan dari Power. Sedangkan Satuan Internasional (SI) Daya Listrik yaitu Watt yang disingkat dengan W. Watt merupakan sama dengan satu joule per detik (Watt = Joule / detik). Satuan turunan Watt yang sering dijumpai diantaranya yaitu sebagai berikut :

- 1 miliWatt = 0,001 Watt
- 1 kiloWatt = 1.000 Watt
- 1 MegaWatt = 1.000.000 Watt

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik yaitu sebagai sebagai berikut :

$$P = V \times I.....(2.2)$$

Atau

$$P = I^2 \cdot R.....(2.3)$$

$$P = V^2 / R.....(2.4)$$

*Keterangan :*

- P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)
- V = Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)
- I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)
- R = Hambatan dengan satuan Ohm ( $\Omega$ )

Dalam contoh kasus II, variabel yang diketahui hanya Tegangan (V) dan Hambatan (R), jadi kita tidak dapat menggunakan Rumus dasar daya listrik yaitu  $P=VI$ , namun kita dapat menggunakan persamaan berdasarkan konsep Hukum Ohm untuk mempermudah perhitungannya.

Hukum Ohm :

$$V = I \times R.....(2.5)$$

Jadi, jika yang diketahui hanya Arus Listrik (I) dan Hambatan (R) saja.

$$P = V \times I.....(2.6)$$

$$P = (I \times R) \times I..... (2.7)$$

$P = I^2 R$  -> dapat menggunakan rumus ini untuk mencari daya listrik Sedangkan penjabaran rumus jika diketahui hanya Tegangan (V) dan Hambatan (R) saja.

$$P = V \times (V / R)..... (2.8)$$

$P = V^2 / R$  -> dapat menggunakan rumus ini untuk mencari daya listrik[1].

Maka Hubungan Horsepower (hp) dengan Watt. Hampir semua peralatan listrik menggunakan Watt sebagai satuan konsumsi daya listrik. Tapi ada juga peralatan tertentu yang menggunakan satuan Horsepower (hp). Dalam Konversinya, 1 hp = 746 watt.

### 3. Prinsip Pembentukan Kapasitor

4. Jika dua buah plat atau lebih yang berhadapan dan dibatasi oleh isolasi, kemudian plat tersebut dialiri listrik maka akan terbentuk kondensator (isolasi yang menjadi batas kedua plat tersebut di namakan dielektrikum).

5. Bahan dielektrikum yang digunakan berbeda-beda sehingga penamaan kapasitor berdasarkan bahan dielektrikum. Luas plat yang berhadapan bahan dielektrikum dan jarak kedua plat mempengaruhi nilai kapasitansi nya.

6. Pada suatu rangkaian yang tidak terjadi kapasitor liar. Sifat yang demikian itu di sebutkan kapasitansi parasitic. Penyebabnya adalah adanya komponen-komponen yang berdekatan pada jalur penghantar listrik yang berdekatan dan gulungan-gulungan kawat yang berdekatan.

### 7. Jenis dan Macam-macam Kapasitor

Jenis-jenis kapasitor dalam komponen elektronika bermacam-macam di antaranya adalah kapasitor bipolar/non polar. Kapasitor polar memiliki kutub (-/+), walaupun kapasitor ini sama-sama digunakan untuk menyimpan muatan listrik, tapi banyak perbedaan diantara dua macam kapasitor ini, baik dari bahan yang digunakan untuk membuat kapasitor tersebut maupun dalam kegunaannya.

#### 4. Kapasitor Keramik

Kapasitor keramik adalah kapasitor yang dibuat dengan bahan dasar keramik yang digunakan untuk media penyimpan arus. Cara memasangnya adalah di letakkan diantara pin kaki kapasitor tersebut sedemikian rupa sehingga dapat menyimpan arus listrik.

#### 5. Kapasitor Tantalum

Kapasitor tantalum merupakan jenis-jenis kapasitor elektrolit yang elektroda nya terbuat dari material tantalum. Komponen ini memiliki polaritas, cara membedakannya dengan mencari tanda atau tanda lainnya yang ada pada bodi kapasitor, tanda ini menyatakan bahwa pin dibawahnya memiliki polaritas positif.

#### 6. Kapasitor Multilayer

Kapasitor multilayer terbuat dari bahan material, kapasitor ini sama dengan kapasitor keramik, bedanya hanya terdapat pada jumlah lapisan yang menyusun dielektriknya. Pada jenis ini dielektriknya disusun dengan banyak lapisan atau biasanya disebut dengan layer dengan ketebalan 10 sampai dengan 20  $\mu\text{m}$  dan pelat elektrodanya dibuat dari logam yang murni. Selain itu ukurannya kecil dan memiliki karakteristik suhu yang lebih bagus dari pada kapasitor keramik.

## C. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang sumber bahan analisa yang ada di gedung Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan , untuk memenuhi kebutuhan daya listrik di gedung tersebut memerlukan suatu analisa, agar sistem pensuplaian daya listrik dapat dioptimalkan dengan baik serta handal dalam pengoperasiannya dalam mensuplai kebutuhan daya listrik beban-beban peralatan. Ada beberapa jenis sistem sumber daya listrik yaitu:

3. Sumber daya listrik dari gardu distribusi PLN

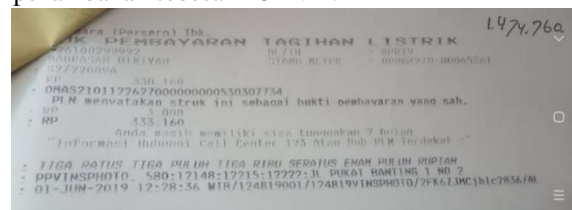
4. Sumber daya listrik dari pembangkit sendiri berupa generator-set

### 1 Tempat dan lokasi penelitian

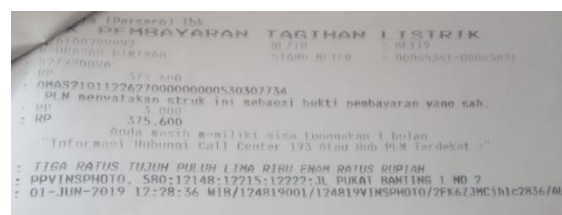
Kegiatan penelitian ini bertempat di Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan Jalan Mandala By Pass No. 140 Medan.

### 2. Sumber Daya Listrik PLN

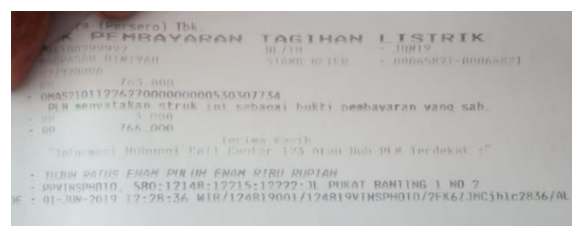
Sumber daya listrik dari PLN yang ada di gedung di gedung Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan yang memiliki suplai daya listrik dari PLN sebesar 2200 Watt dan dengan penambahan sebesar 15 kVA.



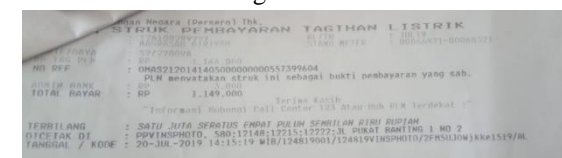
Gambar 1. Rekening Listrik Bulan April 2019



Gambar 2. Rekening Listrik Bulan Mei 2019



Gambar 3. Rekening Listrik Bulan Juni 2019



Gambar 4. Rekening Listrik Bulan Juli 2019

### 3. Sumber Daya Listrik Generator-Set

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

### 4. Perlengkapan Hubung Bagi (Panel)

Pengaturan pembagian dari kedua jenis pembangkit listrik yaitu PLN dan generator diatur oleh pusat pengatur beban. Pengaturan pengoperasian tersebut bertujuan untuk meningkatkan keandalan, keamanan dan stabilitas penyaluran daya listrik. Peralatan pusat pengaturan beban terdiri dari alat ukur tegangan (V), arus (A) dan frekuensi (F), faktor daya (Q), dan kWh baik untuk sumber daya listrik PLN maupun generator.

### 5. Metode Perancangan Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan di gedung Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan menggunakan *back-up* daya sendiri yaitu listrik dari PLN dan generator-set.

### 6. Sistem Daya Listrik (PLN)

Sistem daya dari PLN sebagai sumber daya listrik utama dengan kapasitas daya 15 kVA. Penyaluran daya listrik dari PLN ini dilakukan melalui panel distribusi tegangan menengah 20 kV (*EXISTING*).

### 7. Sistem Daya Listrik Generator-Set

Disamping mendapatkan suplai daya listrik dari PLN, di gedung Kantor Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan juga dapat mendapatkan sumber daya listrik dari generator set dengan kapasitas 15 kVA, yang berfungsi sebagai sistem suplai *back-up* daya listrik dari PLN padam.



Gambar 5. Generator-Set 150 kVA

### 8. Beban terpasang

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

Data yang diperoleh di PLN Medan Kota di kelompokkan selanjutnya dibuat tabel pelanggan di sektor industri yang terdiri dari beberapa golongan yaitu : Tabel 1. Pelanggan Industri di PLN Medan Kota.

Tabel 1. Pelanggan Industri PLN Kota Medan

Pelanggan	Daya (VA)	Konsumsi Bulanan (KWH)	Jumlah Pelanggan
450 VA	900	54	2
900 VA	22.500	2953	25
1300 VA	66.300	8.904	51
2200 VA	173.800	22.468	79
3500-14 KV	1.885.900	209.347	270
14 KV-200 KV	79.766.600	11.176.049	800
200 KVA	596.806.000	202.201.023	413

Dari tabel diatas pelanggan di sektor industri dibagi menjadi beberapa golongan. Dan dari data tabel di atas akan dicari faktor beban dari setiap golongan. Sehingga akan diperoleh hasil faktor beban dari setiap golongan pada sektor industri di wilayah PLN Kota Medan.

Faktor daya pada pelanggan dapat dituliskan dalam persamaan :

$$Pr = \frac{\text{Konsumsi listrik dalam periode tertentu}}{\text{Waktu penggunaan dalam periode tertentu}} \dots (3.3)$$

Beban Puncak (Pmax) yaitu nilai terbesar dari pembebanan sesaat di suatu interval demand. Supaya bisa memperjelas pengertian tentang demand (D), Maximum Demand (Dmax) dan beban puncak (Pmax).

$$\text{Beban Puncak } Pp = v \times I \times \cos \phi \dots (3.4)$$

Kebutuhan energi listrik di saat beban puncaknya dapat membawa dampak yang sangat merugikan di berbagai pihak sehingga perlu adanya usaha agar permintaan listrik dari sisi pelanggan bisa terpakai secara maksimal.

Sedangkan analisa beban terpasang :

$$\text{Daya Semu} = \frac{\text{Daya Aktif}}{\cos \phi} \dots (3.6)$$

Analisa kapasitas pengaman MCCb/MCB :

$$In = \frac{P (\text{watt})}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \dots (3.7)$$

Perbaikan Faktor Daya ( $\cos \phi$ )

$$P = S \times \cos \phi \dots (3.8)$$

Dari perhitungan di atas diketahui besar kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya dengan persamaan 3.5 sebagai berikut :

$$Qc = P \times (\tan \phi - \tan Q_2) \dots (3.9)$$

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisa Kebutuhan Daya Listrik

Untuk menghitung dan menganalisa kapasitas dari suatu peralatan listrik, terlebih dahulu harus

mengetahui perkiraan keadaan beban yang ada di gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan. Keadaan beban listrik di gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan lain:

### Untuk arus bolak balik tiga fasa

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

Rugi-rugi daya

Keterangan :

R=tahanan (Ohm)

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

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

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

$l$ =panjang penampang (m)

A=luas penampang penghantar ( $\text{mm}^2$ )

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

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

$$R = \rho \frac{l}{A} = 0,0175 \times 10^{-6} \times \frac{30}{2,5 \times 10^{-6}}$$

$$= 0,21 \Omega$$

$$I = \frac{P \text{ (Watt)}}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cosp}} = \frac{5.280}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9} = 8,91 \text{ A}$$

Turun tegangan pada penghantar

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

Persentase turun tegangan

$$(\% \Delta V) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\%$$

$$= \frac{1,87}{380} \times 100\%$$

$$= 0,0049 \times 100\%$$

$$= 0,49 \%$$

Rugi – rugi daya penghantar

$$(\Delta P) = I^2 \times R$$

$$= (8,91)^2 \times 0,21$$

$$= 16,7 \text{ Watt}$$

Persentase rugi daya

$$(\% \Delta P) = \frac{\Delta P}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{16,7}{5.280} \times 100\%$$

$$= 3,16 \times 100\%$$

$$= 3,16 \%$$

### ➤ Perbaikan Faktor Daya ( $\cos \varphi$ )

Faktor daya ( $\cos \varphi$ ) yang digunakan pada gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan yaitu sebesar 0,9 *lagging* sedangkan faktor daya ( $\cos \varphi$ ) yang paling baik adalah mendekati 1 atau sebesar 0,99. Dengan mengetahui suplai daya semu (KVA) dari PLN yaitu 15 KVA, maka daya aktif dengan persamaan 3.8 sebagai berikut :

$$P = S \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 15 \times 0,9$$

$$= 13,5 \text{ KW}$$

Dengan menggunakan bahwa  $\cos \varphi$  awal ( $Q_1$ ) sebesar 0,9. maka dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3.9 sebagai berikut :

$$Q = P \times \tan \varphi_1$$

$$= 13,5 \times \tan (\cos^{-1} 0,9)$$

$$= 13,5 \times \tan 25,841^\circ$$

$$= 13,5 \times 0,484$$

$$= 5,534 \text{ KVAR}$$

Sedangkan untuk memperbaiki menjadi  $\cos Q_2$  sebesar 0,99, sebagai berikut :

$$P = 13,5 \text{ KW}$$

$$Q = P \times \tan \varphi_2$$

$$= 13,5 \times \tan (\cos^{-1} 0,99)$$

$$= 13,5 \times \tan 8,109^\circ$$

$$= 13,5 \times 0,1424$$

$$= 1,9224 \text{ KVAR}$$

Dari perhitungan di atas diketahui besar kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya dengan persamaan 3.9 sebagai berikut :

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

$$= 13,5 \times \tan (\cos^{-1} 0,9) - \tan (\cos^{-1} 0,99)$$

$$= 13,5 \times \tan 25,841^\circ - \tan 8,109^\circ$$

$$= 13,5 \times 0,484 - 0,1424$$

$$= 13,5 \times 0,3416$$

$$= 4,6116 \text{ KVAR}$$

Dari perhitungan di atas maka gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan dapat dipasang kapasitor berkapasitas 4,6116 KVAR, jadi kapasitor tersebut sudah mencukupi untuk memperbaiki faktor dayanya. Terlihat pada tabel 2. hasil Perhitungan Faktor Daya sebagai berikut :

**Tabel 2. Hasil Perhitungan Faktor Daya**

Daya Aktif (KW)	$Q_1$ (KVAR)	$Q_2$ (KVAR)	$Q_c$ (KVAR)
13,5	5,534	1,9224	4,6116

## E. PENUTUP

### 1. KESIMPULAN

Hasil analisa dan perhitungan kebutuhan daya listrik di Gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil perhitungan beban terpasang panel utama sebesar 290,75 kW = 290.750 W. Gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan suplai daya listrik dari PLN sebesar 15 kVA.
- Hasil perhitungan pengaman MCB/MCCB panel pembagi lantai 1 dayanya 5.280 watt, nilai MCB terpasang sebesar 8,91 A,

MCB yang digunakan adalah 10 A. Jadi untukantisipasi penambahan beban, maka MCCB/MCB terpasang harus sesuai dengan pemasangan.

6. Hasil perbaikan faktor daya untuk gedung Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Medan dengan perbaikan faktor daya dari 0,9 lagging menjadi 0,99 yaitu hasil perbaikan kapasitornya sebesar 4,6116 KVAR.

## 2.SARAN

Disusunnya Tugas Akhir ini tentu tidak lepas dari kekurangan dan ketidak sempurnaan, maka untuk kedepannya jika ada yang ingin melanjutkan tugas akhir ini ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk seterusnya, antara lain:

3. Dalam melakukan pengujian harus dilakukan dengan teliti dan penggambaran sementara agar mendapatkan hasil desain yang maksimal.
4. Pada penelitian selanjutnya, tugas akhir ini dapat menjadi bahan referensi untuk peneliti yang lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tomas Da Costa Belo, Didik Notosudjono, Dede Suhendi. Analisa Kebutuhan Daya Listrik Di Gedung Perkuliahan 10 Lantai Universitas Pakuan Bogor *Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan*
- [2] Budiyono, Sumarbagiono, Sugianto Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Fasilitas Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif Badan Tenaga Nuklir Nasional Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN ISSN 1410-6086
- [3] Adang setiawan Ebook Pengertian Instalasi Listrik adang setiawan 1996. [blogspot.com/2014/03.html](http://blogspot.com/2014/03.html).
- [4] Windu Nur Hardiranto Analisa Optimasi Perbaikan Faktor Daya Dan *Drop* Tegangan Dengan Menggunakan Kapasitor *Bank* Pada *Line 5 Pt Bukit Asam (Persero) Tbk*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung 2017.
- [5] Asrul Azmi, Studi Perencanaan Kebutuhan Instalasi Listrik Di Rumah Sakit Bersalin Jeumpa Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- [6] Desy Kristyawati, Rudi Saputra Analisa Sistem Instalasi Listrik Dan Pembagian Daya 900 Watt Pada Rumah 2 Tingkat Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma Jl. Margonda Raya 100 Depok 16424
- [7] Yenni Armas, Analais Kebutuhan Daya Listrik Di Bandar Udara Cakrarahuwana Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curung PO BOS 509 Tangerang.
- [8] Indar Sugiarto, Felix Pasila, Mulia Rudy, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra Jurnal Teknik Elektro Vol. 3, No. 3, September 2003: 94 – 100 Identifikasi Parameter *Low Pass Filter* Menggunakan Teknik Rekonstruksi Diagram Bode.
- [9] James Murdock and Danielle Griffith Jurnal Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265 Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated *Crystal Oscillator and Crystal Selection for the CC26xx and CC13xx Family of Wireless MCUs*
- [10] K. Kananda and R. Nazir, “Konsep Pengaturan Aliran Daya Untuk PLTS Tersambung Ke Sistem Grid Pada Rumah Tinggal,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 65–71, 2013.
- [11] Kuncoro, Bayu Mukti. 2010. “*Ilmu Elektronika*”. Rangkaian Filter pasif
- [12] Mudrik Alaydrus *Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta* Simulasi Filter Lolos Bawah dengan Teknologi Mikrostrip menggunakan Software Sonnet, Jurnal Telekomunikasi dan Komputer, vol.3, no.1, 2012
- [13] Pressman, Abraham I. (2002). *Switching Power Supply Design. McGraw Hill Companies Inc, new York, USA*.
- [14] Razak, Irawati. (2009). *Jobsheet Praktikum Laboratorium Frekuensi Tinggi 1*. Politeknik Negri Ujung Pandang.
- [15] S. pujo suwarno, thomas sri widodo, “Simulasi Sitem Pembayaran Retribusi Gerbang Parkir Menggunakan Mikrokontroler AT89251,” *Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2009