

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Genset atau generator set merupakan pengganti sumber tegangan, apa bila terjadi pemutusan aliran listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Genset sudah merupakan suatu kebutuhan, sehingga aktifitas kerja tidak terhambat oleh adanya pemadaman listrik, baik itu di dalam perkantoran, sekolah/universitas, pertokoan, mall, industri dan diperumahan, yang membutuhkan pasokan listrik setiap saat.

Seperti di uraikan diatas, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Universitas HKBP Nommensen Medan sumber energi listrik utamanya adalah supply dari PLN. Mengingat sering terjadi gangguan supply listrik dari PLN baik internal (pemadaman listrik dari PLN sendiri) mau pun eksternal (hujan, petir, maupun pohon tumbang) serta adanya beban puncak, maka penggunaan genset sangatlah di butuhkan sebagai supply energi listrik pengganti saat ini memiliki kapasitas : Genset-I dengan kapasitas 350KVA, dan Genset-II dengan kapasitas 250KVA

Dengan kapasitas genset yang terjadi saat ini, tidaklah memungkinkan untuk memenuhi keperluan energi listrik seluruhnya jika terjadi gangguan supply energi dari PLN. Untuk itulah di perlukan analisis perancangan supply energi listrik dari genset yang tersedia saat ini agar dapat bekerja dengan baik dan memenuhi kebutuhan skala prioritas dengan demikian beban-beban vital dapat terlayani energi listrik dengan baik

## **1.2 Rumusan Masalah**

Pada saat ini kapasitas trafo terpasang sebagai sumber energi listrik di Universitas HKBP Nommensen Medan terdiri dari. Trafo-I dengan kapasitas 197KVA, Trafo-II dengan kapasitas 197KVA, Trafo-III dengan kapasitas 197KVA, Trafo-IV dengan kapasitas 400KVA. Sedangkan kapasitas genset yang tersedia di Universitas HKBP Nommensen Medan terdiri dari. Genset-I 350KVA dan Genset-II 250KVA. Yang menjadi rumusan masalah adalah apakah ketersediaan kapasitas trafo yang terpasang saat ini di Universitas HKBP Nommensen Medan sudah sesuai dengan besar beban terpasang (beban puncak) atau sudahkah di mungkinkan ketersediaan kapasitas trafo tersebut sudah mencukupi perkembangan beban untuk 10 tahun mendatang. Disisi lain apakah kapasitas genset terpasang saat ini di Universitas HKBP Nommensen Medan sudah dianggap optimal kecukupannya sesuai dengan pelayanan beban-beban vital.

## **1.3 Tujuan Penulisan Tugas Akhir**

Tujuan yang di harapkan dalam penulisan tugas akhir adalah :

1. Diketuinya kapasitas daya tersedia dan daya terpasang di Universitas HKBP Nommensen Medan dan mengetahui beban-beban prioritas untuk mendapatkan supply genset sesuai kapasitas genset yang tersedia.
2. Menghitung daya sesuai kapasitas genset di Univesitas HKBP Nommensen Medan
3. Untuk menjelaskan kapasitas genset, beban puncak dan pengontrolan pembebanan genset

#### **1.4 Batasan Masalah**

Berikut ini menjadi batasan masalah pada Tugas Akhir ini :

1. Tidak membahas parameter generator secara jelas
2. Tidak membahas prinsip termodinamika mesin diesel
3. Tidak merincikan katalog peralatan yang di gunakan
4. Tidak menghitung secara rinci beban terpasang di Universitas HKBP Nommensen Medan

#### **1.5 Kontribusi Penulisan**

Kontribusi penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Universitas HKBP Nommensen Medan dapat mengetahui daya baik kapasitas trafo yang di butuhkan sebagai sumber energi PLN dan kapasitas genset yang optimal dan penentuan beban vital yang akan di supply.
2. Menambah pengetahuan mahasiswa Teknik elektro dan Teknik mesin dalam hal analisis perancangan sistem elektrik.

#### **1.6 Metodologi Penulisan**

1. Studi Literatur.

Yaitu dengan mempelajari buku-buku referensi yang tersedia dari media cetak maupun internet dan juga ataupun catatan kuliah yang mendukung untuk penulisan tugas akhir ini.

2. Pengambila Data.

Adapun pengambilan data dilakukan dengan mengambil data-data Generator set (*genset*) dari Universitas HKBP Nommensen Medan

3. Diskusi Interaktif

Melakukan diskusi dalam bentuk tanya jawab dengan staff atau teknisi Universitas HKBP Nommensen Medan.

4. Pengamatan lapangan langsung ke ruang Generator Set (*genset*) di Universitas HKBP Nommensen Medan

### 1.7 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun berdasarkan sistematika pembahasan sebagai berikut:

**BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini merupakan pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, tujuan dan manfaat penulisan, batasan masalah, metode dan sistematika penulisan.

**BAB II : DASAR DISTRIBUSI SUPPLY DAYA LISTRIK**

Bab ini menerangkan dasar distribusi supply daya listrik di Universitas HKBP Nommensen Medan dan data-data yang diperlukan untuk perhitungan generator.

**BAB III : BEBAN TRAFO TERUKUR DAN BEBAN GENSET TERPASANG**

Bab ini membahas tentang generator set (*genset*) secara umum, instalasi, prinsip kerja, karakteristik. Generator set saat bekerja maupun berbeban dan teori-teori yang mendukung dalam masalah tugas akhir ini.

**BAB IV : HASIL DAN ANALISIS**

Berisikan tentang hasil analisis data lapangan di Universitas HKBP Nommensen Medan

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil perhitungan dari data data yang di peroleh

## **BAB II**

### **DASAR DISTRIBUSI SUPPLY DAYA LISTRIK**

#### **2.1 Pengertian Dasar Distribusi**

Secara sederhana "Sistem Distribusi Tenaga Listrik" dapat diartikan sebagai sistem sarana penyampaian tenaga listrik dari sumber ke pusat beban. Sementara untuk "Sistem Instalasi" adalah cara pemasangan penyalur tenaga listrik atau peralatan listrik untuk semua barang yang memerlukan tenaga listrik, dimana pemasangannya harus sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan di dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL).

Oleh karena sumber tenaga listrik untuk beban akan memiliki kondisi dan persyaratan-persyaratan tertentu, maka sarana penyampaiannya pun dikehendaki memenuhi persyaratan tertentu pula. Kondisi dan persyaratan yang dimaksudkan tersebut antara lain :

1. Setiap peralatan listrik dirancang memiliki rating tegangan, frekuensi dan daya nominal tertentu.
2. Letak titik sumber (pembangkit) dengan titik beban tidak selalu berdekatan.
3. Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dijamin keamanan bagi peralatan itu sendiri, bagi manusia pengguna, dan bagi lingkungannya.

Dalam upaya antisipasi ketiga hal tersebut, maka untuk sistem penyampaian tenaga listrik dituntut berapa kriteria :

1. Diperlukan saluran daya (tenaga) yang handal, efektif, ekonomis dan efisien.
2. Diperlukan adanya ketersedian daya (tenaga) listrik dengan kapasitas yang cukup (memenuhi), tegangan dan frekuensi yang stabil pada harga nominal tertentu, sesuai dengan design peralatan. Singkatnya diperlukan

penyediaan daya dengan kualitas yang baik.

3. Diperlukan sarana sistem pengamanan yang baik, sesuai dengan persyaratan pengamanan (cepat kerja, peka, selektif, handal dan ekonomis).

## 2.2 Tegangan Jatuh Dan Rugi – Rugi Tegangan/Daya

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

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

Dimana:  $l$  = panjang saluran

$\rho$  = tahanan jenis bahan saluran

$A$  = luas penampang saluran

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

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

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

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

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

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

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

Dimana :

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

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

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

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

Rugi-rugi daya pada saluran ini akan didisipasikan dalam bentuk panas yang akan terbuang sia-sia di sepanjang saluran yang ada, sedangkan rugi tegangan (*drop voltage*) akan menyebabkan harga pada tegangan di titik beban menjadi tidak nominal. Dengan itu memperhitungkan besarnya rugi-rugi pada saluran yang ada, maka salah satu cara untuk mempertahankan agar harga tegangan sisi terima tetap (mendekati) nominal adalah dengan menaikkan tegangan di sisi kirim. Cara demikian ternyata tidak selalu dapat diterapkan, sebab tidak selalu satu titik sumber hanya melayani satu titik beban dan tidak selalu mempunyai semua titik beban mengalami rugi tegangan yang sama besarnya, apalagi bila saluran distribusi terdiri atas banyak cabang-cabangnya.

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

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

Sehingga untuk mengurangi rugi-rugi daya dilakukan dengan pertimbangan :

1. Jika ingin memperkecil tahanan konduktor, maka luas penampang konduktor harus diperbesar. Sedangkan luas penampang konduktor ada batasnya.
2. Jika ingin memperbaiki faktor daya beban, maka perlu dipasang kapasitor kompensasi (shunt capacitor). Perbaikan faktor daya yang diperoleh dengan pemasangan kapasitor pun ada batasnya.
3. Rugi-rugi transmisi berbanding lurus dengan besar tahanan konduktor dan berbanding terbalik dengan kuadrat tegangan transmisi, sehingga pengurangan rugi-rugi daya yang diperoleh karena peninggian tegangan transmisi jauh lebih efektif dari pada pengurangan rugi-rugi daya dengan mengurangi nilai tahanan konduktornya.

Masalah pada penerapan tegangan tinggi adanya transmisi pada penerapannya, peninggian tegangan transmisi harus dibatasi karena dapat menimbulkan beberapa masalah, antara lain:

1. Tegangan tinggi dapat menimbulkan korona pada kawat transmisi. Korona ini pun akan menimbulkan rugi-rugi daya dan dapat menyebabkan gangguan terhadap komunikasi radio.
2. Jika tegangan semakin tinggi, maka peralatan transmisi dan gardu induk akan

membutuhkan isolasi yang volumenya semakin banyak agar peralatan-peralatan tersebut mampu memikul tegangan tinggi yang mengalir. Hal ini akan mengakibatkan kenaikan biaya.

3. Saat terjadi pemutusan dan penutupan rangkaian transmisi (switching operation), akan timbul tegangan lebih surja hubung sehingga peralatan sistem tenaga listrik harus dirancang untuk mampu memikul tegangan lebih tersebut, hal ini juga mengakibatkan kenaikan biaya investasi.
4. Jika tegangan transmisi ditinggikan, maka menara transmisi harus semakin tinggi untuk menjamin keselamatan makhluk hidup disekitar trasnmisi. Peninggian menara transmisi akan mengakibatkan trasnmisi mudah disambar petir. Seperti telah kita ketahui, bahwa sambaran petir pada transmisi akan menimbulkan tegangan lebih surja petir pada sistem tenaga listrik, sehingga untuk peralatan-peralatan sistem tenaga listrik harus dirancang.
5. Peralatan sistem perlu dilengkapi dengan peralatan proteksi untuk menghindarkan kerusakan akibat adanya tegangan lebih surja hubung dan surja petir. Penambahan peralatan proteksi ini akan menambah biaya investasi dan perawatan.

Kelima hal diatas memberi kesimpulan, bahwa peninggian tegangan transmisi akan menambah biaya investasi dan perawatan, namun dapat megurangi kerugian daya. Namun jika ditotal biaya keseluruhan, maka peninggian tegangan transmisi lebih ekonomis karena member biaya total minimum, dan tegangan ini disebut tegangan optimum.

### 2.3 Faktor Daya (PF)

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

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

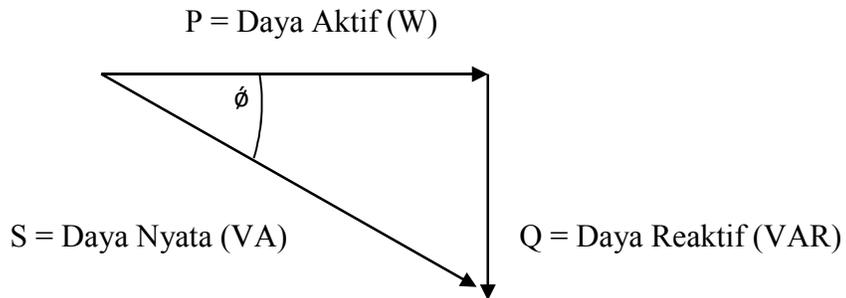
Faktor daya yang baik adalah faktor daya yang bernilai besar. Pada teorinya, faktor daya dapat mencapai 100%. Tapi dalam kenyataannya, faktor daya tidak dapat mencapai 100 % tanpa adanya peralatan untuk mengkoreksi faktor daya tersebut. Hal ini disebabkan karena dalam setiap rangkaian listrik yang terdapat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

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

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

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

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



Gambar 2.1 Segitiga Daya

Jika daya nyata (VA) :

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

Maka, daya aktif (Watt) :

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

Sedangkan daya reaktif (VAR) :

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

Sehingga, daya nyata (VA) :

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

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

## 2.4 Karakteristik Beban

Karakteristik beban di perlukan agar sistem tegangan dan pengaruh thermos dari pembebanan dapat di analisa dengan baik. Analisa tersebut dalam menentukan keadaan awal yang akan diproyeksikan dalam perancangan selanjutnya. Dalam mengoptimalkan kapasitas suatu peralatan diturunkan definisi beberapa jenis-jenis faktor, berikut ini jenis faktor-faktor :

### A. Faktor kebutuhan (DF = Demand Factor)

Didefinisikan sebagai perbandingan antara beban puncak dengan beban terpasang dengan kata lain merupakan derajat pelayanan serentak pada seluruh beban terpasang. Jumlah daya tersambung adalah jumlah dari daya tersambung dari seluruh beban dari setiap konsumen. Daya yang akan tersambung dan kebutuhan maksimum untuk satuannya harus sama. Faktor kebutuhan biasanya bernilai kurang dari satu. Faktor kebutuhan ini dapat menjadi satu bila keseluruhan semua beban yang akan tersambung serentak diberi energi dalam sebagian besar periodenya. Faktor kebutuhan menunjukkan tingkat dimana beban yang tersambung beroperasi serentak.

$$\text{Faktor kebutuhan} = \frac{\text{BebanPuncak}}{\text{BebanTerpasang}}$$

Faktor kebutuhan dipakai untuk menentukan kapasitas (biaya) dari peralatan tenaga listrik yang diperlukan untuk melayani beban tersebut. Karena ada pengaruhnya terhadap investasi, Maka di dalam faktor kebutuhan ini menjadi penting dalam menentukan jadwal pembiayaannya.

### B. Faktor Beban

Faktor beban adalah perbandingan antara beban rata-rata terhadap beban puncak yang diukur dalam suatu periode tertentu. Beban rata-rata dan beban puncak dapat dinyatakan dalam kilowatt, kilovolt-amper, amper dan sebagainya,

tetapi satuan dari keduanya harus sama. Faktor beban dapat dihitung untuk periode tertentu biasanya dipakai harian, bulanan atau tahunan.

Beban puncak yang dimaksud disini adalah beban puncak sesaat atau beban puncak rata-rata dalam interval tertentu (demand maksimum), untuk itu umumnya dipakai demand maksimum 15 menit atau 30 menit.

Definisi dari faktor beban ini dapat dituliskan dalam persamaan berikut ini:

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

Faktor beban yang dapat diketahui dari kurva bebannya. Sedangkan untuk perkiraan besaran faktor beban di masa yang akan datang dapat didekati dengan data statistik yang ada berdasarkan jenis bebannya.

### **C. Faktor Diversitas**

Faktor diversitas adalah perbandingan antara jumlah beban puncak yang terdiri dari masing-masing pelanggan dari satu kelompok ke pelanggan dengan beban puncak dari kelompok pelanggan tersebut. Didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah demand dari unit-unit beban terhadap demand maksimum dari keseluruhan beban. Secara matematis, faktor diversitas (Fd) dapat ditulis :

$$\text{DF} = \frac{\text{Demand maksimum unit-unit beban}}{\text{demand maksimum beban}}$$

### **D. Faktor Rugi-rugi Beban (LF = Loss Factor)**

Didefinisikan sebagai perbandingan antara rugi dan rata-rata terhadap rugi daya pada beban puncak pada periode waktu tertentu.

Faktor rugi-rugi beban merupakan rugi-rugi sebagai fungsi waktu, berubah sesuai dengan fungsi dari waktu kuadrat. Oleh karena itu faktor rugi-rugi ini tidak dapat ditentukan langsung dari faktor beban. Berdasarkan pengalaman dan selama percobaan yang dilakukan oleh Buller dan Woodrow dengan menganalisa ratusan grafik yang diperoleh persamaan empiris sebagai berikut:

$$LLF = 0,3 (LF) + 0,7(LF)^2 \quad (2.15)$$

Dengan :

LLF = Faktor rugi-rugi

LF = Faktor beban

#### **E. Faktor Penggunaan (UF = utility factor)**

Didefenisikan sebagai pertandingan antara demand maksimum dengan kapasitas nominal dari sistem penyatu daya. Persamaan 6 menggambarkan defenisi ini :

$$UF = \frac{\textit{Demand maksimum sistem}}{\textit{kapasitas nominal sistem}}$$

Demand maksimum sistem dapat dicari kurva beban atau dengan menghitung beban terpasangnya. Demand maksimum merupakan perkaitan antara beban terpasang dengan faktor demand.

### **2.5 Kapasitor Daya**

Kapasitor merupakan peralatan yang amat sederhana yang terdiri dua pelat metal yang akan di pisahkan satu sama lain dengan bahan isolasi. Fungsi utama dari pemakaian kapasitor adalah mengatur tegangan aliran daya reaktif pada titik dimana kapasitor tersebut dipasang.

### **A. Proses Kerja Kapasitor**

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar pf dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron.

Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron ( $I_c$ ) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Keran beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitor (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil.

Rugi-rugi daya sebelum dipasang kapasitor :

$$\text{Rugi daya aktif} = I^2 R \text{ Watt} \quad (2.16)$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = I^2 \times \text{VAR} \quad (2.17)$$

Rugi-rugi daya sesudah dipasang kapasitor :

$$\text{Rugi daya aktif} = (I^2 - I_c^2) R \text{ Watt} \quad (2.18)$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = (I^2 - I_c^2) \times \text{VAR} \quad (2.19)$$

### **B. Pemasangan Kapasitor**

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperkecil atau memperbaiki pf penempatannya ada dengan dua cara :

1. Terpusat kapasitor ditempatkan pada
  - a. Sisi primer dan sekunder transformator
  - b. Pada bus pusat pengontrol
2. Cara terbatas kapasitor ditempatkan
  - a. Feeder kecil

- b. Pada rangkaian cabang
- c. Langsung pada beban

### **C. Perawatan Kapasitor**

Kapasitor yang digunakan untuk memperbaiki pf supaya tahan lama tentunya harus dirawat secara teratur. Dalam perawatan itu harus dilakukan pada tempat yang lembab yang tidak terlindungi dari debu dan kotoran. Sebelum melakukan pemeriksaan pastikan bahwa kapasitor tidak terhubung lagi dengan sumber. Kemudian karena kapasitor ini masih mengandung muatan berarti masih ada arus/tegangan listrik maka kapasitor itu harus dihubung singkatkan supaya muatannya hilang.

Adapun jenis pemeriksaan yang harus dilakukan meliputi :

1. Pemeriksaan kebocoran
2. Pemeriksaan kabel dan penyangga kapasitor
3. Pemeriksaan isolator

## **BAB III**

### **BEBAN TRAFU TERUKUR DAN BEBAN GENSET TERPASANG**

#### **3.1 Pendahuluan**

Genset tidak setiap saat digunakan dan hanya waktu-waktu tertentu jika terjadi saat pemadaman listrik, maka dari itu di perlukan perawatan pada genset agar tahan lama dan selalu dalam keadaan stabil. Untuk perawatannya, Generator perlu di panaskan dengan jangka tertentu. Jenis generator starter elektrik membutuhkan pemanasan mesin satu minggu sekali selama 10 sampai 15 menit sirkulasi pelumas atau oli keseluruhan bagian mesin. Ini di karenakan generator menggunakan aki yang membutuhkan pengisian aki yang konsisten. Terlalu lama menghidupkan generator akan menyebabkan aki kosong dan jika di butuhkan sewaktu waktu tidak akan menyala dan harus menghidupkan dengan tuas atau sistem recoil. Generator yang tidak menggunakan sistem elektrik starter dapat lebih lama jangka waktunya untuk tidak menghidupkan mesin dalam jangka tiga minggu sampai satu bulan. Alat ini gunanya bukan lagi untuk aki, namun sebaiknya untuk sirkulasi oli dalam ruangan mesin.

Karena sumber listrik saat ini sangat krusial, maka setiap universitas memiliki genset yang akan menggantikan saat sumber listrik terputus, namun pemakaian genset saat ini sangatlah mahal bila dibandingkan sumber listrik dari PLN. Pembangkit ini pun menghasilkan polusi terhadap lingkungan, belum lagi getaran yang di hasilkan cukup mengganggu. Sebagai pengguna genset ada baiknya kita merawat dan maintenance genset secara berkala. Jika genset tidak di rawat secara rutin dan tidak teratur bisa mengakibatkan kerusakan dan tidak dapat di pakai kembali saat di perlukan. Meski pun pemeriksaan komponennya biasanya di kerjakan oleh teknisi dari pihak pengguna tersebut, tidak salah untuk mengetahui komponen- komponen

mana saja yang di perhatikan khusus oleh maintance genset. Untuk mengoptimalkan umur genset.

Ada beberapa hal pokok yang harus menjadi perhatian serius, ada pun perawatannya :

1. Pastikan oli mesin yang anda gunakan sesuai dengan kapasitas genset
2. Tambahkan jika oli kurang dan ganti jika sudah cukup lama di gunakan
3. Pastikan oli yang anda gunakan adalah oli dengan kualitas baik

Maka dari itu perlu adanya sebuah alat yang dapat mempermudah operator dalam pengerjaannya. Yaitu alat yang di gunakan untuk menyalakan saklar pada genset sehingga genset akan menyala dan mati secara otomatis.

### **3.2 Kapasitas Trafo Tersedia Di Univesitas HKBP Nommensen Medan**

Trafo-I dengan kapasitas 197KVA melayani beban ke panel-I, dengan beban terpasang pada gedung Prof.DR.AMUDI PASARIBU. Dengan pemakaian beban diatas rata-rata, pada jam 9 pemakaian listrik mulai meningkat dan pada jam 12 pemakaian listrik mulai turun. Ini di karenakan pada jam 12 siang adalah jam istirahat untuk mahasiswa dan dosen. Dan pada jam 2 pemakaian listrik mulai meningkat dan pada jam 6 pemakaian listrik mulai menurun sampai jam 9 malam.

Trafo-II dengan kapasitas 197KVA melayani beban ke panel-II, dengan beban terpasang pada gedung fakultas bahasa dan seni (FBS), perkantoran ekonomi, yayasan dan pasca sarjana, perpustakaan dan hukum. Dengan pemakaian beban di atas rata-rata, pada jam 9 pemakaian listrik mulai meningkat dan pada jam 12 pemakaian listrik mulai turun. Ini di karenakan pada jam 12 siang adalah jam istirahat untuk mahasiswa dan dosen. Dan jam 2 pemakaian listrik mulai meningkat lagi dan pada jam 6 pemakaian listrik mulai menurun sampai jam 9 malam.

Trafo-III dengan kapasitas 197KVA melayani beban ke panel-III, dengan beban terpasang pada gedung MAYJEN TNI A.E MANIHURUK. Dengan

pemakaian beban diatas rata-rata, pada jam 9 pemakaian listrik mulai meningkat dan pada jam 12 pemakaian listrik mulai turun. Ini di karenakan pada jam 12 siang adalah jam istirahat untuk mahasiswa dan dosen. Dan pada jam 2 pemakaian listrik mulai meningkat dan pada jam 6 pemakaian listrik mulai menurun sampai jam 9 malam.

Trafo-IV dengan kapasitas 400KVA melayani beban ke panel-IV, dengan beban terpasang pada gedung kedokteran. Dengan pemakaian beban di atas rata-rata, pada jam 9 pemakaian listrik mulai meningkat dan pada jam 12 pemakaian listrik mulai turun. Ini di karenakan pada jam 12 siang adalah jam istirahat untuk mahasiswa dan dosen. Dan pada jam 2 pemakaian listrik mulai meningkat dan pada jam 6. Maka total kapasitas trafo tersedia adalah 991KVA.

### 3.3 Faktor Beban Setiap Trafo Sesuai Pengukuran

Tabel 3.1 Faktor beban terukur pada hari Senin

Nama Trafo	Beban phasa	Besar Arus (Ampere)	Pembacaan faktor daya	Daya terukur (watt)	Keterangan
Trafo I	phasa R	186	0,80	32.736	
	Phasa S	174	0,80	30.624	
	Phasa T	270	0,80	47.520	
Trafo II	Phasa R	255	0,80	39.600	
	Phasa S	270	0,80	47.520	
	Phasa T	255	0,80	44.880	
Trafo III	Phasa R	112	0,80	19.712	
	Phasa S	52	0,80	9.152	
	Phasa T	82	0,80	14.432	
Trafo IV	Phasa R	55	0,80	9.680	
	Phasa S	72	0,80	12.672	
	Phasa T	55	0,80	9.680	

Tabel 3.2 Faktor beban terukur pada hari Selasa

Nama Trafo	Beban phasa	Besar Arus (Ampere)	Pembacaan faktor daya	Daya terukur (watt)	Keterangan
Trafo I	phasa R	209	0,80	36.784	
	Phasa S	180	0,80	31.680	
	Phasa T	260	0,80	45.760	
Trafo II	Phasa R	242	0,80	42.592	
	Phasa S	250	0,80	44.000	
	Phasa T	265	0,80	46.640	
Trafo III	Phasa R	120	0,80	21.120	
	Phasa S	63	0,80	11.080	
	Phasa T	70	0,80	12.320	
Trafo IV	Phasa R	69	0,80	12.144	
	Phasa S	74	0,80	13.024	
	Phasa T	62	0,80	10.912	

Tabel 3.3 Faktor beban terukur pada hari Rabu

Nama Trafo	Beban phasa	Besar Arus (Ampere)	Pembacaan faktor daya	Daya terukur (watt)	Keterangan
Trafo I	phasa R	179	0,80	31.504	
	Phasa S	142	0,80	24.992	
	Phasa T	194	0,80	34.144	
Trafo II	Phasa R	186	0,80	32.736	
	Phasa S	210	0,80	36.960	
	Phasa T	243	0,80	42.768	
Trafo III	Phasa R	90	0,80	15.840	
	Phasa S	35	0,80	6.160	
	Phasa T	44	0,80	7.744	
Trafo IV	Phasa R	93	0,80	16.368	
	Phasa S	120	0,80	21.120	
	Phasa T	103	0,80	18.128	

Tabel 4.4 Faktor beban terukur pada hari Kamis

Nama Trafo	Beban phasa	Besar Arus (Ampere)	Pembacaan faktor daya	Daya terukur (watt)	Keterangan
Trafo I	phasa R	180	0,80	31.680	
	Phasa S	162	0,80	28.512	
	Phasa T	188	0,80	33.088	
Trafo II	Phasa R	184	0,80	32.384	
	Phasa S	200	0,80	35.200	
	Phasa T	200	0,80	35.200	
Trafo III	Phasa R	96	0,80	16.896	
	Phasa S	61	0,80	10.736	
	Phasa T	69	0,80	12.144	
Trafo IV	Phasa R	78	0,80	13.728	
	Phasa S	93	0,80	16.368	
	Phasa T	91	0,80	16.016	

Tabel. 4.5 Faktor beban terukur pada hari Jumat

Nama Trafo	Beban phasa	Besar Arus (Ampere)	Pembacaan faktor daya	Daya terukur (watt)	Keterangan
Trafo I	phasa R	200	0,80	35.200	
	Phasa S	179	0,80	31.504	
	Phasa T	218	0,80	38.368	
Trafo II	Phasa R	242	0,80	42.592	
	Phasa S	238	0,80	41.888	
	Phasa T	245	0,80	43.120	
Trafo III	Phasa R	107	0,80	18.832	
	Phasa S	61	0,80	10.736	
	Phasa T	62	0,80	10.912	
Trafo IV	Phasa R	104	0,80	18.304	
	Phasa S	102	0,80	17.952	
	Phasa T	118	0,80	20.768	

Tabel 4.6 Faktor beban terukur pada hari Sabtu

Nama Trafo	Beban phasa	Besar Arus (Ampere)	Pembacaan faktor daya	Daya terukur (watt)	Keterangan
Trafo I	phasa R	150	0,80	26.400	
	Phasa S	132	0,80	23.232	
	Phasa T	170	0,80	29.920	
Trafo II	Phasa R	172	0,80	30.272	
	Phasa S	163	0,80	28.688	
	Phasa T	162	0,80	28.512	
Trafo III	Phasa R	80	0,80	14.080	
	Phasa S	40	0,80	7.040	
	Phasa T	59	0,80	10.384	
Trafo IV	Phasa R	43	0,80	7.568	
	Phasa S	67	0,80	11.792	
	Phasa T	65	0,80	11.440	

### **3.4 Kapasitas Genset Tersedia Di Universitas HKBP Nommensen Medan**

Kapasitas genset tersedia di Universitas HKBP Nommensen Medan terdiri dari :

Kapasitas genset-I 350KVA dengan beban terpasang melalui panel-I , panel-III, panel-IV. Yaitu beban terpasang pada gedung Prof.DR.AMUDI PASARIBU, gedung MAYJEN TNI A.E.MANIHURUK, dan gedung kedokteran dengan pemakaian beban di atas rata-rata.

Kapasitas genset-II 250KVA dengan beban terpasang melalui panel-II. Yaitu beban terpasang pada gedung fakultas bahasa dan seni (FBS), ekonomi, yayasan dan pasca sarjana, dan perpustakaan dan hukum. Dengan pemakaian beban di atas rata-rata.

Maka total kapasitas genset tersedia adalah 600KVA

### 3.5 Beban Terpasang Genset

Tabel 3.7 Beban Terpasang Genset

	Nama Gedung	Beban Terpasang	Keterangan
GENSET I	Gedung Prof.Amudi Pasaribu		
	Lantai 1	112.328 watt	
	Lantai 2	46.842 watt	
	Lantai 3	20.822 watt	
	Lantai 4	54.342 watt	
	Gedung A.E Manihuruk		
	Lantai 1	51.621 watt	
	Lantai 2	54.442 watt	
	Lantai 3	51.352 watt	
	Lantai 4	10.752 watt	
	Gedung Kedokteran		
	Lantai 1	55.320 watt	
	Lantai 2	61.100 watt	
	Lantai 3	58.430 watt	
	Lantai 4	59.322 watt	
	Lantai 5	53.475 watt	
	Lantai 6	48.865 watt	

	Nama Gedung	Beban Terpasang	Keterangan
Genset II	Gedung Fakultas Bahasa dan Seni (FBS)	20.100 watt	
	Gedung Perkantoran FE		
	Lantai 1	54.600 watt	
	Lantai 2	56.400 watt	
	Gedung Yayasan	32.985 watt	
	Gedung Pasca Sarjana	32.637 watt	
	Gedung Fakultas Hukum dan Perpustakaan		
	Lantai 1	28.040 watt	
	Lantai 2	33.085 watt	

Keterangan :

Genset-I Melayani beban ke gedung Prof. Amudi Pasaribu

Melayani beban ke gedung A.E Manihuruk

Melayani beban ke gedung kedokteran

Genset-II Melayani beban ke gedung fakultas bahasa dan seni (FBS)

Melayani beban ke gedung perkantoran ekonomi

Melayani beban ke gedung yayasan

Melayani beban ke gedung pasca sarjana

Melayani beban ke gedung fakultas hukum

Melayani beban ke gedung perpustakaan

### 3.6 Penjelasan Umum Diesel Generating Set

Diesel generating set adalah salah satu pembangkit listrik yang saling digunakan dengan menggunakan bahan bakar, dan cocok untuk lokasi persediaan air yang terbatas.

Diesel generating set memiliki keuntungan antar lain adalah :

1. Proses start mudah di lakukan, hanya membutuhkan sedikit waktu untuk pemanasan, kemudian mesin dapat di bebani.
2. Mudah dimatikan, dengan kata lain mesin diesel dijalankan tanpa beban terlebih dahulu hingga dingin kemudian mesin dapat di matikan.

Fungsi utama dari diesel generating *set* adalah penyediaan listrik yang dapat berfungsi untuk :

1. Sebagai unit cadangan (*emergency*) yang dijalankan pada saat keadaan darurat atau saat terjadi pemadaman unit pembangkit utama (PLN)
2. Sebagai unit pembangkit bantuan yang dapat membantu supply listrik dari PLN atau sebagai pemikul beban tetap
3. Sebagai unit pembangkit listrik pada beban puncak atau *peak load*

Faktor-faktor yang merupakan pertimbangan pilihan yang sesuai untuk *diesel generating set* antara lain sebagai berikut :

1. Jarak dari beban dekat, hal ini bertujuan agar dapat menekan rugi-rugi yang dapat di timbulkan oleh konduktor menuju beban
2. Persediaan areal tanah dan air, hal ini di sebabkan karena *diesel generating set* tidak membutuhkan lahan yang besar jika di bandingkan dengan PLTU yang membutuhkan lahan yang besar dengan kapasitas air yang banyak
3. Pengangkutan bahan bakar, hal ini dikarenakan untuk mengurangi jumlah dana yang tidak perlu, seperti ongkos transportasi yang jauh
4. Kebisingan dan kesulitan lingkungan

### 3.7 Karakteristik Beban Dan Faktor Pusat Listrik

Mengingat bahwa tenaga listrik tidak dapat disimpan, maka perlu jaminan agar daya yang di bangkitkan oleh generator sama dengan kebutuhan (beban). Pada umumnya beban selalu berubah sehingga daya yang di hasilkan oleh generator selalu disesuaikan dengan beban yang berubah-ubah tersebut.

*Demand factor* adalah perbandingan antara beban puncak dengan beban terpasang pada suatu beban listrik. Besar *demand factor* dapat di ketahui dari persamaan di bawah ini :

$$\text{Demand Factor} = \frac{\text{Beban Maksimun Tetukur}}{\text{Beban Total Terpasang}}$$

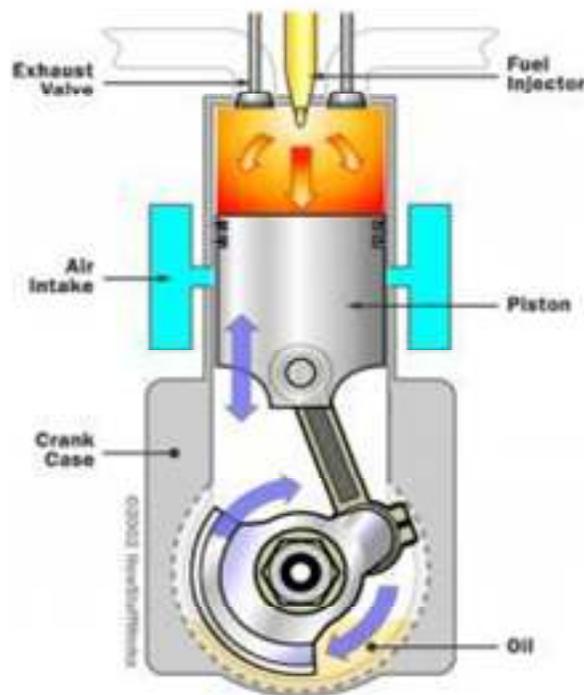
Faktor pusat listrik menunjukkan bagaimana peralatan listrik telah dimanfaatkan, faktor ini dipakai sebagai standar dalam membuat penilaian ekonomis dari pusat listrik. Faktor ini dapat juga dipakai untuk menunjukkan dan menentukan ketepatan kapasitas dari peralatan. Beban pada suatu sistem tenaga terjadi karena adanya permintaan tenaga yang sifatnya berbeda-beda. Dalam suatu sistem tenaga kebutuhan listrik untuk penerangan besar, variasi beban dalam satu hari juga besar, dengan puncaknya pada waktu siang – malam hari

### 3.8 Mesin Diesel

Mesin diesel atau motor diesel adalah jenis motor bakar pembakaran dalam (*internal combustion engine*), yang dimana pembakaran dalam yang dimaksud adalah bahan bakar dan udara, terbakar dalam ruangan bakar, di dalam silinder, yaitu ruangan yang di batasin oleh dinding silinder, kepala torak dan kepala silinder.

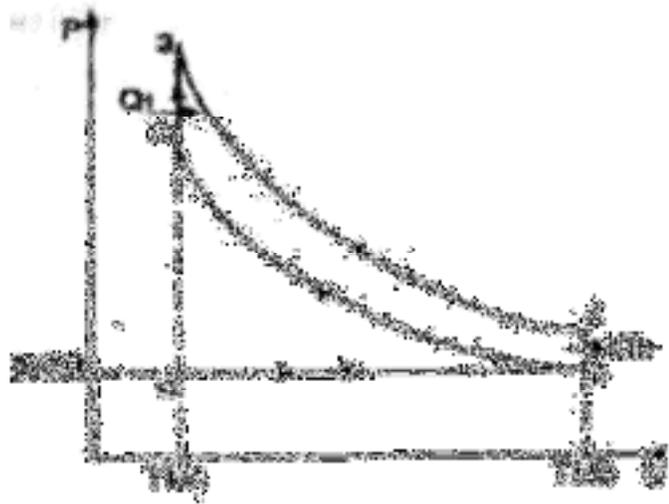
Pada motor diesel dipakai bahan bakar minyak solar atau minyak diesel. Bahan bakar dan udara dimasukkan berturut-turut ke dalam silinder. Mula-mula udara bersih, terlebih dulu dimasukkan ke dalam katub isap, kemudian udara tersebut di

komplimer (dipapatkan) oleh torak ke atas, hingga tekanan udara naik(35-40 kg/cm<sup>2</sup>) akibatnya suhu menjadi tinggi, lebih tinggi dari pada suhu nyala bahan bakar.Kemudian bahan bakar dimasukkan ke dalam silinder dan bahan bakar mengalami proses pengkabutan dan berbentuk gas, gas tersebut bersentuhan dan bercampur dengan udara panas yang ada dalam silinder dan terjadilah pembakaran dengan suhu sekitar 1200 sampai 16000C.



Gambar 3.1 Penampang tengah ruang bakar mesin diesel

Pada prinsipnya siklus diesel secara ideal mirip siklus otto akan tetapi proses pemasukan kalornya dilakukan dengan tekanan konstan. Diagram di bawah ini merupakan diagram siklus otto.



Gambar 3.2 Diagram Siklus Otto

Langkah-langkah proses siklus otto adalah sebagai berikut:

- a. 1-2 : Proses kompresi adiabatic.
- b. 2-3 : Proses pemasukan kalor masuk, volume konstan.
- c. 3-4 : Proses ekspansi adiabatic.
- d. 4-1 : Proses pengeluaran kalor, volume konstan.
- e. Q1 : Panas masuk.
- f. Q2 : Panas keluar.

### 3.9 Faktor Kecepatan

Dalam pemilihan mesin diesel, faktor kecepatan menentukan apakah mesin yang akan digunakan adalah mesin dengan kecepatan tinggi atau rendah.

Untuk menghitung besarnya faktor kecepatan dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$C_s = \frac{n^2 \times 1}{600.000}$$

Keterangan :

Cs : Faktor kecepatan

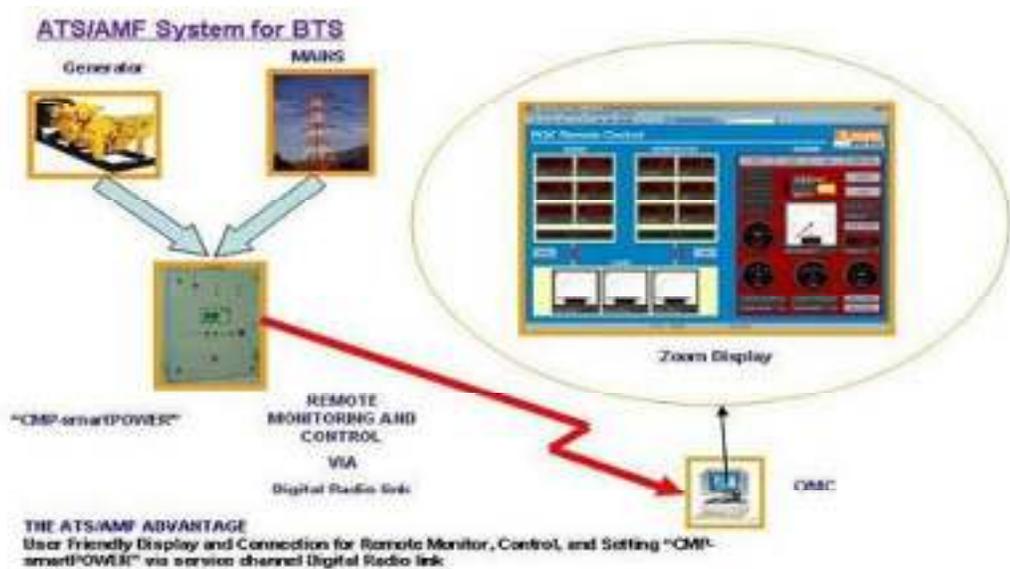
n : Putaranmesin

l:panjang langkah (*ft*).

Dari persamaan diatas maka kecepatan untuk mesin diesel dapat dibagi menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Mesin kecepatan rendah dengan faktor kecepatan  $< 3$ .
2. Mesin kecepatan sedang dengan faktor kecepatan 3 sampai 9.
3. Mesin kecepatan tinggi dengan faktor kecepatan 9 sampai 27.
4. Mesin kecepatan tinggi dengan faktor kecepatan 27 sampai 81

### 3.10 AMF (Auto Main Failure) dan ATS (Automatic Transfer Switch)



Gambar 3.3 Hubungan AMF dengan alat pengontrol

ATS adalah singkatan dari Automatic Transfer Switch, yaitu proses pemindahan penyulang dari penyulang/sumber listrik yang satu ke sumber listrik

yang lain secara bergantian sesuai perintah pemrograman, ATS adalah pengembangan dari COS atau yang biasa disebut secara jelas sebagai Change Over Switch, beda keduanya adalah terletak pada sistem kerjanya, untuk ATS kendali kerja dilakukan secara otomatis, sedangkan COS dikendalikan atau dioperasikan secara manual.

AMF adalah singkatan dalam istilah kelistrikan dari Automatic Main Failure yang maksudnya menjelaskan cara kerja otomatisasi terhadap sistem terhadap sistem kelistrikan cadangan apabila terjadi gangguan pada sumber/penyulang listrik utama (Main), istilah ini secara umum sering dijabarkan sebagai sistem kendali start dan stop genset, baik itu diesel generator, genset gas maupun turbin.

### **3.11 Pengaman Untuk Peralatan**

#### **3.11.1 MCB**

MCB sering disebut juga pengaman otomatis. Pengaman otomatis ini memutuskan sirkit secara otomatis apabila arusnya melebihi setting dari MCB tersebut. Pengaman otomatis dapat langsung dioperasikan kembali setelah mengalami pemutusan (trip) akibat adanya gangguan arus hubung singkat dan beban lebih.

##### ***A. Jenis-Jenis MCB***

Berdasarkan waktu pemutusannya, pengaman-pengaman otomatis dapat terbagi atas Otomat-L, Otoma-H, dan Otomat-G.

##### **1. Otomat-L (Untuk Hantaran)**

Pada otomat jenis ini pengaman termisnya disesuaikan dengan meningkatnya suhu hantaran. Apabila terjadi beban lebih dan suhu hantarannya melebihi suatu nilai tertentu, elemen dwi logamnya akan memutuskan arusnya. Kalau terjadi hubung singkat, arusnya diputuskan

oleh pengaman elektromagnetiknya. Untuk arus bolak-balik yang sama dengan 4 In-6 In dan arus searah yang sama dengan 8 In pemutusan arusnya berlangsung dalam waktu 0.2 sekon.

## 2. Otomat-H (Untuk Instalasi Rumah)

Secara teknis jenis ini sama dengan Otomat-L untuk instalasi. Tetapi pengaman elektromagnetiknya memutuskan dalam waktu 0,2 sekon, jika arusnya sama dengan 2,5 In-3 In untuk arus bolak-balik atau sama dengan 4 In untuk arus searah. Jenis Otomat ini digunakan untuk instalasi rumah. Pada instalasi rumah, arus gangguan yang rendah pun harus diputuskan dengan cepat. Jadi kalau terjadi gangguan tanah, bagian-bagian yang terbuat dari logam tidak akan lama bertegangan.

## 3. Otomat-G

Jenis Otomat ini digunakan untuk mengamankan motor-motor listrik kecil untuk arus bolak-balik atau arus searah, alat-alat listrik dan juga rangkaian akhir besar untuk penerangan, misalnya penerangan pabrik. Pengaman elektromagnetiknya berfungsi pada 8 In-11 In untuk arus bolak-balik atau pada 14 In untuk arus searah. Kontak-kontak saklarnya dan ruang pemadam busur apinya memiliki konstruksi khusus. Karena itu jenis Otomat ini dapat memutuskan arus hubung singkat yang besar, yaitu hingga 1500 ampere.

Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB dapat digolongkan menjadi 5 jenis ciri-ciri yaitu:

1. Tipe Z (rating dan breaking capacity kecil) digunakan untuk pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo yang sensitif terhadap tegangan.
2. Tipe K (rating dan breaking capacity kecil) Digunakan untuk mengamankan alat-alat rumah tangga.

3. Tipe G (rating besar) untuk pengaman motor.
4. Tipe L (rating besar) untuk pengaman kabel atau jaringan.
5. Tipe H untuk pengaman instalasi penerangan bangunan



Gambar 3.4 Konstruksi MCB (a) dan bagian-bagian MCB (b)

Keterangan gambar (b) :

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| 1. Tuas Operasi Strip | 5. Bimetal          |
| 2. Aktuator Mekanis   | 6. Sekrup Kalibrasi |
| 3. Kontak Bergerak    | 7. Kumpan magnetis  |
| 4. Terminal Bawah     | 8. Ruang busur api  |

### 3.11.2 MCCB

MCCB atau *Moulded Case Circuit Breaker* adalah alat pengaman yang berfungsi sebagai pengamanan terhadap arus hubung singkat dan arus bebanlebih. MCCB memiliki rating arus yang relatif tinggi dan dapat disetting sesuai kebutuhan. Spesifikasi MCCB pada umumnya dibagi dalam 3 parameter operasi yang terdiri dari:

- $U_e$  (tegangan kerja), spesifikasi standart MCCB di gambarkan sebagai berikut:

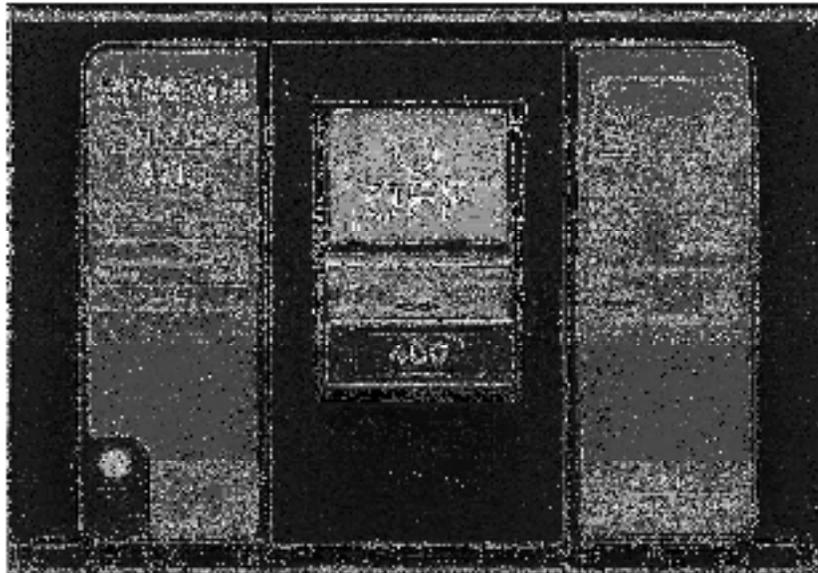
$$U_e = 250 \text{ V dan } 660 \text{ V}$$

- $I_e$  (arus kerja), spesifikasi standart MCCB di gunakan sebagai berikut:

$$I_e = 40 \text{ A-2500 A}$$

- $I_{cn}$  (kapasitas arus pemutusan), spesifikasi standart MCCB di gambarkan sebagai berikut:

$$I_{cn} = 12 \text{ kA-200Ka}$$



Gambar 3.5 Konstruksi MCCB

### 3.11.3 *Thermal Over Load Relay*

*Thermal Over Load Relay* (TOLR) adalah suatu pengaman beban lebih menurut PUIL 2000 bagian 5.5.4.1 yaitu proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor dan perlengkapan kendali motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tak dapat diasut. Beban lebih atau arus lebih pada waktu motor berjalan bila bertahan cukup lama akan mengakibatkan kerusakan atau pemanasan yang berbahaya pada motor tersebut. TOLR memiliki rating yang berbeda-beda tergantung dari kebutuhan biasanya tiap-tiap TOLR batas ratingnya dapat diatur.



Gambar 3.6 Konstruksi *Thermal Over Load Relay*

#### **Cara Kerja TOLR**

TOLR pada prinsipnya terdiri dari 2 buah macam logam yang berbeda tingkat pemuaian yang ber beda pula. Kedua logam tersebut dilekatkan menjadi satu yang disebut bimetal. Apabila bimetal tersebut dipanasi maka akan membengkok karena perbedaan tingkat pemuaian kedua logamnya.

Bimetal tersebut diletakkan didekat sebuah elemen pemanas yang dilalui oleh arus menuju beban ujung yang satu dipasang tetap sedangkan yang lainnya dipasang bebas bergerak dan membengkok dan dapat membukakan kontak-kontaknya dengan demikian rangkaian beban atau motor akan terputus. Besarnya arus yang akan diperlukan untuk mengerjakan bimetal sebanding dengan besarnya arus yang diperlukan untuk membuat alat pengaman terputus.

Di dalam penggunaannya sesuai dengan PUIL 2000 pasal 5.5.4.3 bahwa gawai proteksi beban lebih yang digunakan adalah tidak boleh mempunyai nilai pengenalan, atau disetel pada nilai yang lebih tinggi dari yang diperlukan untuk mengasut motor pada beban penuh. Oleh karena itu, waktu tunda gawai proteksi beban lebih tersebut tidak boleh lebih lama dari yang diperlukan untuk memungkinkan motor diasut dan dipercepat pada beban penuh.

## **3.12 Saklar**

### **3.12.1 Saklar Mekanis**

Saklar sebagai penghubung dan pemutus arus listrik. Dalam instalasi listrik, penghubung dan pemutus arus listrik secara manual disebut dengan saklar mekanis diantaranya saklar togel (*toggle switch*). Beberapa jenis saklar togel antara lain:

1. Saklar SPST (*Single Pole Single Throw Switch*), merupakan saklar togel yang terdiri dari satu kutub dengan satu arah, yaitu sebagai pemutus dan penghubung saja. Saklar ini hanya digunakan pada motor dengan daya > 1 HP.
2. Saklar SPDT (*Single Pole Double Throw Switch*), merupakan saklar yang terdiri dari satu kutub dengan dua arah hubungan. Saklar ini dapat bekerja sebagai penukar. Dalam pemutusan dan menghubungkan hanya bagian kutub positif atau fasanya saja.

3. Saklar TPST (*Three Pole Single Throw Switch*), merupakan sakelar dengan satu arah pelayanan. Digunakan untuk motor 3 fasa atau system 3 fasa lainnya.
4. Saklar DPST (*Double Pole Single Throw Switch*), merupakan saklar yang terdiri dari dua kutub dengan satu arah. Jadi hanya dapat menghubungkan dan memutus saja.
5. Saklar DPDT (*Double Pole Double Throw Switch*), merupakan saklar yang terdiri dari dua kutub dengan dua arah. Saklar jenis ini dapat digunakan sebagai penukar. Pada instalai motor dapat digunakan sebagai pembalik putaran motor arus arus searah dan dan motor satu fasa

Saklar TPDT (*Three Pole Double Throw Switch*), merupakan saklar dengan tiga kutub yang dapat bekerja kedua arah. Saklar ini digunakan pada instalasi motor tiga fasa.

### **3.12.2 Kontaktor**

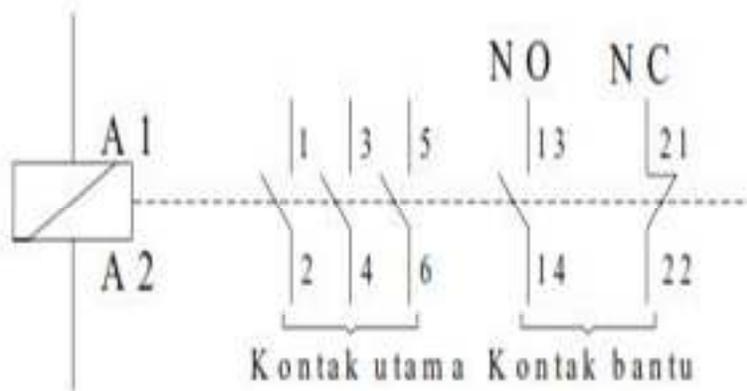
Kontaktor adalah gawai elektromekanik yang dapat berfungsi sebagai penyambung dan pemutus rangkaian, yang dapat dikendalikan dari jarak jauh pergerakan kontak-kontaknya terjadi karena adanya gaya elektromagnet. Kontaktor magnet ini merupakan sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan, artinya bekerja bila ada gaya kemagnetan. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak-kontak. Arus kerja normal adalah arus yang mengalir selama pemutaran tidak terjadi. Kumparan/belitan magnet (*coil*) suatu kontaktor magnet dirancang untuk arus searah (DC) saja atau arus bolak-balik (AC) saja.

Bila kontaktor untuk arus searah digunakan pada arus bolak-balik, makadalam kemagnetannya akan timbul dan hilang setiap saat mengikuti bentuk gelombang arus bolak-balik. Sebaliknya jika kontaktor yang dirancang untuk arus bolak-balik digunakan pada arus searah, maka pada kumparan itu tidak timbul

induksi listrik, sehingga kumparan menjadi panas. Jadi kontaktor yang dirancang untuk arus searah, digunakan untuk arus searah saja. Juga untuk arus bolak-balik.

Umumnya kontaktor magnet akan bekerja normal bila tegangannya mencapai 85% tegangan kerjanya, bila tegangan turun kontaktor akan bergetar. Ukuran dari kontaktor ditentukan oleh batas kemampuan arusnya.

Kontak-kontak pada kontaktor ada dua macam yaitu kontak utama dan kontak bantu. Sedangkan menurut kerjanya, kontak-kontak dibedakan menjadi dua yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). Kontak NO adalah pada saat kontaktor tidak mendapat masukan listrik kontak terbuka, sedangkan pada saat kontaktor mendapat masukan listrik maka kontak akan tertutup. Sedangkan kontak NC adalah pada saat kontaktor tidak mendapat masukan listrik, kontak tertutup sedangkan pada saat kontaktor mendapat masukan listrik, kontak terbuka.



Gambar 3.7 Simbol kontak-kontak

Penandaan kontak-kontak mempunyai aturan sebagai berikut:

1. Penomoran kontak utama adalah 1, 3, 5 dan 2, 4, 6,
2. Penomoran kontak bantu adalah
  - a. \*1 - \*2 untuk NC, contoh 11-12, 21-22, 31-32 dan seterusnya
  - b. \*3 - \*4 untuk NO, contoh 13-14, 23-24, 33-34 dan seterusnya

Kode terminasi kontaktor :

A dan B : terminal koil kontaktor

1, 3, 5: terminal kontak utama (input)

2, 4, 6: terminal kontak utama (output)

31, 41: terminal kontak bantu NC (input)

32, 42: terminal kontak bantu NC (output)

13, 23 : terminal kontak bantu NO (input)

14, 24: terminal kontak bantu NO (output)



Gambar 3.8 Konstruksi Kontaktor

### **3.13 Perlengkapan Instalasi Tenaga**

#### **3.13.1 Penghantar**

Penghantar yang digunakan adalah berupa kabel yang memiliki bermacam-macam jenisnya. Penghantar untuk instalasi listrik telah diatur dalam PUIL

2000. Menurut PUIL 2000 pasal 7.1.1 Persyaratan umum penghantar, bahwa “semua penghantar yang digunakan harus dibuat dari bahan yang akan memenuhi syarat, sesuai dengan tujuan penggunaannya. Sertatelah diperiksa dan diuji menurut standar penghantar yang dikeluarkan atau diakui oleh instansi yang berwenang.

### **3.13.2 Jenis Penghantar**

Dilihat dari jenisnya penghantar dibedakan menjadi:

1. Kabel Instalasi

Kabel instalasi ini digunakan untuk instalasi penerangan, jenis kabel yang banyak digunakan untuk instalasi rumah tinggal yang pemasangannya tetap yaitu NYA dan NYM.

2. Kabel Tanah

Terdapat dua jenis kabel tanah yaitu :

- a. Kabel tanah termoplastik tanpa perisai
- b. Kabel tanah btermoplastik berperisai

3. Kabel Pembumian

Pembumian adalah penyaluran hubungan ke bumi jika terdapat kebocoran instalasi atau arus listrik, karena bumi merupakan penetral arus listrik yang besar. Menurut PUIL 2000, elektrode pembumian adalah bagian konduktif atau kelompok bagian konduktif yang membuat kontak langsung dan memberikan hubungan listrik dengan bumi

#### 4. Kabel Fleksibel

Tabel 3.8 Kode Pengenal Kabel

Huruf Kode	Kode Komponen
N	Kabel jenis standar dengan tembaga sebagai penghantar
N/A	Kabel jenis standar dengan aluminium sebagai penghantar
Y	Isolasi PVC
Re	Penghantar bulat padat
M	Selubung PVC
A	Kawat Berisolasi
Rm	Penghantar bulat kawat banyak
Se	Penghantar padat bentuk sektor
Sm	Penghantar dipilin bentuk sektor
-1	Kabel dengan sistem pengenalan waktu dengan hijau-kuning
-0	Kabel dengan sistem pengenalan warna urat tanpa hijau-kuning

#### 3.14 Sistem Pengaman Genset

Keandalan suatu generator tidak saja tergantung pada konstruksi dan pembebanan yang tidak melebihi batas maksimumnya, akantetapi juga pada sistem pengamannya. Pengaman generator ini melindungi terhadap gangguan eksternal tetapi juga internal sistem. Generator membutuhkan sistem pengaman yang dapat bekerja secara cepat dan tepat dalam mengisolir gangguan agar tidak terjadi kerusakan fatal. Proteksi pada mesin generator ada dua macam, yaitu :

#### A. Pengaman Alaram

Pengaman alarm bertujuan memberitahukan kepada operator bahwa ada sesuatu yang tidak normal dalam operasi mesin generator dan agar operator segera bertindak :

1. Menormalkan sistem yang terganggu tersebut
2. Menghentikan mesin bila sistem tidak dapat dinormalkan atau nilai gangguan terus berlanjut. Jenis pengaman alarm pada mesin generator, antara lain :

- a. Temperatur air pendingin tinggi
- b. Temperatur air pendingin rendah
- c. Tekanan minyak pelumas rendah
- d. Level bahan bakar rendah
- e. Sistem tidak dapat distart
- f. Sistem battery voltage
- g. Battery charger mal function
- h. Damper udara masuk mesin tertutup.

#### **3.15 Perawatan Sistem Pengaman Generator Pada Unit Genset**

Operasi suatu generator adalah suatu hal yang penting untuk diamankan dalam sebuah sistem tenaga listrik. Oleh karena itu generator perlu dilengkapi dengan beberapa alat pengaman yang berfungsi untuk mengamankan generator sehingga kelangsungan suplai tenaga listrik kepada konsumen dapat terjamin. Adapun pengaman generator yang ada pada unit Gen Set antara lain Relai arus lebih, Relai daya balik, *Ground fault relay* dan *Excitation Fault Relay*.

Penurunan kemampuan peralatan listrik adalah suatu hal yang biasa. Proses ini bermula sejak peralatan tersebut dibuat. Jika penurunan tersebut tidak diamati, ada kemungkinan akan menyebabkan kegagalan atau kesalahan kerja pada saat dioperasikan misalnya pengkaratan pada kontak-kontak rele, macetnya mekanisme,

berubahnya setting peralatan pengaman dan lain-lain. Dengan perawatan dan pemeliharaan yang baik dapat mengurangi kegagalan dalam menurunkan jumlah pemutusan yang tidak direncanakan. Peralatan rele-rele proteksi mencakup inspeksi, pembersihan dan penyesuaian setting (*adjustment*) serta pengujian peralatan untuk menjamin operasi bebas gangguan sampai jadwal pemeliharaan berikutnya.

#### **A. Preventive Maintenance Testing**

Apabila pengetesan dilakukan pada rangkaian yang sedang *energized* dan berbeban, harus diingat bahwa selama pengetesan, rangkaian proteksi harus dilepas terlebih dahulu. Hal ini penting mengingat coil dapat menstripkan *Circuit Breaker* apabila rangkaian ke *tripping system* tidak dilepas.

#### **B. Visual check**

Pengecekan paling praktis untuk menghindari trip karena kekuranghati-hatian adalah memeriksa secara visual panel rele sebelum membuka tutup rele. Double check (pemeriksaan ganda) data-data rele yang akan sangat membantu untuk menghindari kesalahan pencabutan rele-rele proteksi yang akan ditest. Dianjurkan untuk memeriksa posisi *moving contact* dan *stationary contact* terhadap kemungkinan unit rele sedang beroperasi (*pick up*) dan mendekati *trip point*, serta hati-hati pada saat membuka tutup rele.

#### **C. As Found and As Left Test**

*As found test* dilakukan sebelum melaksanakan perawatan, pemeriksaan kalibrasi ulang atau pengesetan pada komponen internal rele. Test ini bertujuan untuk menentukan kondisi, response, dan kalibrasi yang diperlukan pada rele-rele sebelum rele dikalibrasi ulang. *As found test* memberikan informasi mengenai tingkatan serta scope perawatan yang akan dilaksanakan. Data dari hasil kalibrasi dicatat dan diarsipkan serta dibandingkan dengan data kalibrasi sebelumnya. Semua setting harus

disesuaikan dengan *relay setting sheers* (data setting rele) *As left test* setelah dikalibrasi ulang, yang menunjukkan kondisi dan kalibrasi rele yang telah dilaksanakan. Hasil test harus sesuai dengan relay setting sheets serta diarsipkan sehingga data permanen kondisi rele untuk dibandingkan dengan *as found test*.

#### **D. Acceptance Test**

*Acceptance test* biasanya dilakukan pada rele-rele baru sebelum rele-rele tersebut dipasang dan bertujuan untuk memeriksa kondisi keseluruhan terhadap tingkat operasi rele dan disesuaikan dengan setting yang diinginkan. Secara umum, tipe pengesetan dan pengecekan yang dilakukan pada *acceptance test* adalah sebagai berikut :

- a. Contact zero check
- b. Minimum trip contact
- c. Timing operation
- d. Indicating instantaneous trip unit operation
- e. Indicating contactor switch operation
- f. Insulation resistance.

#### **E. Primary Injection Test**

*Primary injection test* biasanya dilaksanakan saat melakukan *acceptance test* pada pemasangan rele-rele baru. Caranya adalah dengan menginjeksikan arus pada sisi sisi primer trafo arus. Keuntungan secara langsung yang dapat memeriksa langsung perbandingan trafo arus, penyambungan sisi rele, operasi rele, trip bus dan operasi circuit breaker. Harus berhati-hati saat melakukan primary injection test karena pengetesan dan penyambungan peralatan langsung pada konduktor sisi primer.

## **F. Secondary Injection Test**

*Secondary injection test* adalah cara umum yang dilakukan untuk pengetesan rele-rele proteksi. Keuntungan yang diperoleh pada cara ini adalah rangkaian trip system bisa dilepas dari sumber sehingga system bisa tetap beroperasi. Cara untuk pengetesannya adalah dengan menginjeksikan arus langsung ke terminal rele.