



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Suplai Daya Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada suatu industri harus disesuaikan dengan keadaan produktivitas perusahaan itu sendiri, yang paling penting adalah kontinuitas dan keandalan yang tinggi dalam pelayanannya. Mengingat bahwa tenaga listrik sangat penting dalam proses produksi, maka sumber tenaga listrik ini harus dijaga dari adanya berbagai macam gangguan.

Adapun suplai daya listrik dapat diperoleh dari:

- a) Suplai jaringan dari PLN
- b) Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD/GENSET)

Namun demikian, untuk dapat menentukan pilihan dalam penyediaan suplai tenaga listrik perlu dipertimbangkan kondisi kelompok beban yang akan terpasang.

2.2 Suplai Daya Listrik Dari Jaringan PLN

Untuk menyalurkan tenaga listrik ke konsumen, PLN membangun gardu distribusi di pusat-pusat beban. Di gardu distribusi ini terjadi penurunan tegangan dari tegangan transmisi ketegangan menengah distribusi. Dalam ketentuan pelanggan atau konsumen itu harus memiliki gardu distribusi sendiri.¹

2.2.1 Transformator

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

¹ Dunia Listrik, Sistem Distribusi Tenaga Listrik. <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>



Tegangan AC dari 220VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan Tegangan dari 110VAC ke 220 VAC. 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.

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. Sedangkan Inti besi pada Transformator atau Trafo pada umumnya adalah kumpulan lempengan-lempengan besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapis-lapis dengan kegunaannya untuk mempermudah jalannya Fluks Magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik.



2.2.2 Perhitungan Arus Beban Penuh Transformator

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

S : Daya transformator (kVA)

V : Tegangan sisi primer transformator (kV)

I : Arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

I_{FL} : Arus beban penuh (A)

S : Daya transformator (kVA)

V : Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

2.3 Sumber Tenaga Listrik Cadangan

Sistem tenaga listrik cadangan (*stand-by power*) adalah suatu sumber tenaga listrik yang berdiri sendiri jika terjadi kegagalan penyediaan tenaga listrik dalam jumlah dan kualitas yang dapat diterima oleh konsumen dengan peralatan Genset.



Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh suatu sumber tenaga listrik cadangan antara lain :

1. Sebagai sumber tenaga listrik pengganti yang dapat diandalkan yang terpisah dari sumber tenaga listrik normal.
2. Genset harus dilengkapi dengan pengendali pengaturan tegangan dengan kecepatan putaran untuk pengaturan frekuensi sistem dan dilengkapi dengan pengendali transfer normal ke sumber tenaga listrik cadangan.
3. Dalam memperhitungkan kapasitas sumber listrik juga harus diperhitungkan penambahan beban yang sewaktu-waktu diperlukan.
4. Pertimbangan biaya operasi sistem tenaga listrik berupa bahan bakar, kemudian dalam pemeliharaan dan kemudahan memperoleh peralatan suku cadang.
5. Dalam hal sumber tenaga listrik untuk mensupply kebutuhan beban harus dapat di catu dari sumber listrik cadangan yang dilengkapi dengan lampu indikasi yang menunjukkan sumber tenaga listrik ini sedang berfungsi dan lampu alarm jika sumber tenaga listrik tidak berfungsi akibat gangguan.
6. Untuk mencegah terputusnya sumber tenaga listrik selama periode waktu tertentu, sehingga dapat mengakibatkan kehilangan produksi dapat ditempuh dengan jalan mensupply tenaga listrik cadangan yang berasal dari genset *stand-by* dan dapat pula diambil dari sumber tenaga listrik lain yang terpisah dari rangkaian sistem.



2.4 Klasifikasi Jenis Beban

Pada umumnya sesuai tingkat kebutuhan beban dapat kita bagi menjadi :

2.4.1 Beban Normal

Beban normal merupakan suatu beban listrik yang pada kondisi normal operasi yang dipakai untuk melayani kepentingan proses operasi produksi. Jika terjadi gangguan pada sumber listrik normal, maka proses produksi masih dapat menghasilkan karena masih mendapat sumber energi lain misalnya energi uap.

2.4.2 Beban Darurat

Beban darurat merupakan suatu beban listrik dalam keadaan operasi normal yang di supply dari sumber normal. Jika terjadi gangguan pada sumber tenaga normal, maka harus tersedia dari sumber tenaga listrik cadangan.

2.4.3 Beban Prioritas

Beban prioritas merupakan beban listrik dalam keadaan normal yang dapat di supply dari sumber normal. Jika sumber normal mengalami gangguan, sumber tenaga listrik dapat diambilkan dari suatu sumber listrik yang betul-betul mempunyai keandalan tinggi. Teknik pemindahan (*transfer*) harus sangat baik sehingga supply tenaga ke beban tidak terputus. Alat seperti ini disebut Sumber Tenaga Listrik Tak Terputus (*Uninterrupted Power Supply*).



2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD/GENSET)

Untuk menjaga kemungkinan terjadi pemutusan aliran listrik dari PLN, maka suatu industri menyediakan pembangkit listrik sendiri sebagai cadangan, biasanya digunakan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD/GENSET). Namun ada juga suatu industri yang tidak mempergunakan suplai daya dari PLN, tapi hanya tergantung pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD/GENSET).

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD/GENSET) lebih cocok digunakan untuk industri dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik lain, seperti pembangkit listrik tenaga uap, gas dan sebagainya karena pemeliharaannya dan perawatannya lebih mudah dibandingkan pembangkit listrik lainnya.

Mesin Diesel termasuk mesin dengan pembakaran dalam atau disebut motor bakar ditinjau dari cara memperoleh energi thermalnya. Untuk membangkitkan listrik sebuah mesin diesel menggunakan generator dengan sistem penggerak tenaga diesel atau yang biasa dikenal dengan sebutan Genset (Generator Set).

Ada 2 komponen utama pada Genset, yaitu:

- 1) *Prime Mover* atau penggerak mula, dalam hal ini mesin diesel/*engine*.
- 2) Alternator

2.5.1 Cara Kerja Mesin Diesel

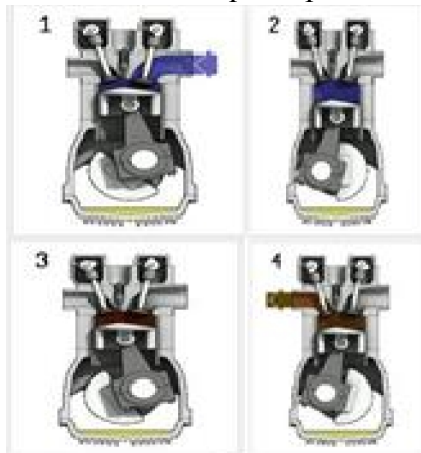
Prime Mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Pada mesin diesel/engine terjadi penyalaan sendiri, karena proses kerjanya berdasarkan udara murni yang dimampatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi (± 30 atm), sehingga temperatur di dalam silinder naik. Dan pada saat itu bahan bakar disemprotkan dalam silinder yang bertemperatur dan bertekanan tinggi melebihi titik nyala bahan bakar sehingga akan menyala secara otomatis. Pada mesin diesel penambahan panas atau



energi senantiasa dilakukan pada tekanan yang konstan. Pada mesin diesel, piston melakukan 2 langkah pendek menuju kepala silinder pada setiap langkah daya.

Adapun cara kerja mesin diesel adalah sebagai berikut:

- 1) Langkah yang pertama merupakan langkah pemasukan dan penghisapan, disini udara dan bahan bakar masuk sedangkan poros engkol berputar ke bawah.
- 2) Langkah kedua merupakan langkah kompresi, poros engkol terus berputar menyebabkan torak naik dan menekan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran. Kedua proses ini (1 dan 2) termasuk proses pembakaran.
- 3) Langkah ketiga merupakan langkah ekspansi dan kerja, disini kedua katup yaitu katup isap dan katup buang tertutup, sedangkan poros engkol terus berputar dan menarik kembali torak ke bawah.
- 4) Langkah ke empat merupakan langkah pembuangan, disini katup buang terbuka dan menyebabkan gas akibat sisa pembakaran terbuang keluar. Gas dapat keluar karena pada proses keempat ini.²



Gambar 2.1 Cara Kerja Mesin Diesel

² Wikikomponen, Proses kerja mesin diesel. <https://www.wikikomponen.com>



Berdasarkan proses di atas, maka mesin diesel dapat digolongkan menjadi 3 bagian:

- 1) Diesel kecepatan rendah ($n < 400$ rpm)
- 2) Diesel kecepatan menengah ($400 < n < 1000$ rpm)
- 3) Diesel kecepatan tinggi ($n > 1000$ rpm)

Sistem starting adalah proses untuk menghidupkan/menjalankan mesin diesel. Ada 3 macam sistem starting yaitu:

- 1) Sistem *Start manual*

Sistem *start* ini dipakai untuk mesin diesel dengan daya yang relatif kecil yaitu < 30 PK. Cara untuk menghidupkan mesin diesel pada sistem ini adalah dengan menggunakan penggerak engkol atau poros hubung yang akan digerakan oleh tenaga manusia. Jadi sistem start ini sangat bergantung pada faktor manusia sebagai operatornya.

- 2) Sistem *Start Elektrik*

Sistem ini dipakai oleh mesin diesel yang memiliki daya sedang yaitu < 500 PK. Sistem ini menggunakan motor DC dengan suplai listrik dari baterai/accu 12 atau 24 Volt untuk menstart diesel. Saat start, motor DC mendapat suplai listrik dari baterai atau accu dan menghasilkan torsi yang dipakai untuk menggerakkan diesel sampai mencapai putaran tertentu. Baterai atau accu yang dipakai harus dapat dipakai untuk menstart sebanyak 6 kali tanpa diisi kembali, karena arus start yang dibutuhkan motor DC cukup besar, maka dipakai dinamo yang berfungsi sebagai generator DC. Pengisian ulang baterai atau accu digunakan alat bantu berupa battery charger dan pengaman tegangan. Pada saat diesel tidak bekerja, maka battery charger mendapat suplai listrik dari PLN, sedangkan pada saat diesel bekerja maka suplai dari battery charger didapat dari generator. Fungsi dari pengaman



tegangan adalah untuk memonitor tegangan baterai atau accu. Sehingga apabila tegangan dari baterai atau accu sudah mencapai 12 atau 24 Volt, yang merupakan tegangan standarnya, maka hubungan antara battery charger dengan baterai atau accu akan diputus oleh pengaman tegangan.

3) Sistem Start Kompresi

Sistem start ini dipakai oleh diesel yang memiliki daya besar yaitu > 500 PK. Sistem ini memakai motor dengan udara bertekanan tinggi untuk start dari mesin diesel. Cara kerjanya yaitu dengan menyimpan udara kedalam suatu botol udara. Kemudian udara tersebut dikompresi sehingga menjadi udara panas dan bahan bakar solar dimasukkan ke dalam Fuel Injection Pump serta disemprotkan lewat nozzle dengan tekanan tinggi. Akibatnya akan terjadi pengkabutan dan pembakaran diruang bakar. Pada saat tekanan di dalam tabung turun sampai batas minimum yang ditentukan, maka kompressor akan secara otomatis menaikkan tekanan udara di dalam tabung hingga tekanan dalam tabung mencukupi dan siap dipakai untuk melakukan starting mesin diesel.

2.5.2 Generator

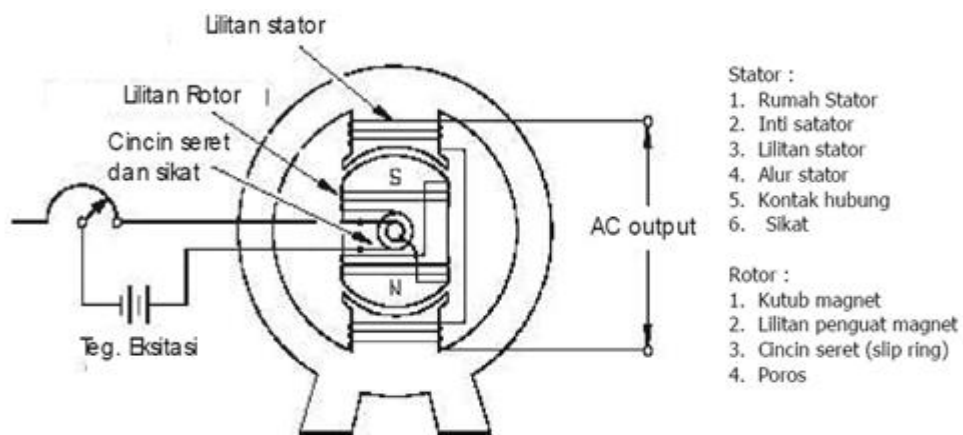
Generator adalah mesin yang dapat mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Generator ini memperoleh energi mekanis dari prime mover. Generator arus bolak-balik (AC) dikenal dengan sebutan alternator. Generator diharapkan dapat mensuplai tenaga listrik pada saat terjadi gangguan, dimana suplai tersebut digunakan untuk beban prioritas. Sedangkan genset (generator set) merupakan bagian dari generator. Genset merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Genset atau sistem generator penyaluran adalah suatu generator listrik yang terdiri dari panel, berenergi solar dan terdapat kincir angin yang ditempatkan pada suatu tempat. *Genset* dapat digunakan sebagai sistem cadangan listrik atau “*off-grid*” (sumber daya yang tergantung atas kebutuhan pemakai).



Gambar 2.2 Generator

2.5.3 Konstruksi Generator AC

Konstruksi generator AC dapat dilihat pada gambar 2.3, yang terdiri dari:



Gambar 2.3 Konstruksi Generator Arus Bolak-balik

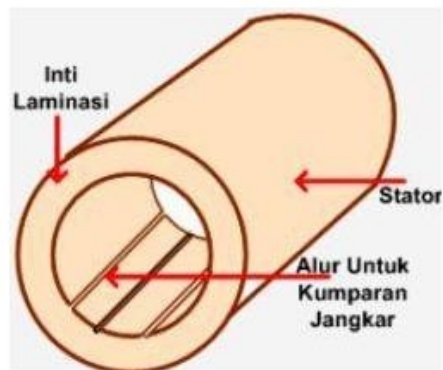


1. Rangka Stator

Rangka stator merupakan rumah dari bagian-bagian generator yang lain yang terbuat dari besi tuang.

2. Stator

Stator merupakan bagian dari mesin yang diam dan berbentuk silinder. Stator tersusun dari plat-plat (seperti yang dipergunakan juga pada jangkar dari mesin arus searah) stator yang mempunyai alur-alur sebagai tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator berfungsi sebagai tempat terjadinya GGL Induksi.



Gambar 2.4 Inti Stator dan Alur pada Stator

3. Rotor

Rotor merupakan bagian dari mesin yang berputar. Pada rotor terdapat kutub- kutub magnet dengan lilitannya yang dialiri arus searah, melewati cincin geser dan sikat-sikat.

4. Slip Ring atau Cincin Geser

Slip Ring terbuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Slip ring ini berputar bersama-sama dengan poros dan rotor. Slip ring berfungsi untuk mengalirkan arus penguat magnet ke lilitan magnet pada rotor.



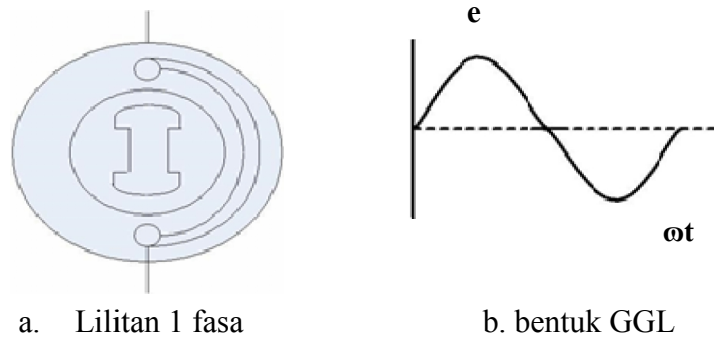
5. Generator Penguat

Generator penguat merupakan suatu generator arus searah yang dipakai sebagai sumber arus. Biasanya yang dipakai adalah dinamo shunt. Akan tetapi sekarang banyak generator yang tidak menggunakan generator arus searah sebagai sumber penguat, tetapi mengambil sebagian kecil dari belitan statornya yang di transformasikan dan kemudian di salurkan dengan dioda sebagai sumber penguat magnetnya.³

2.5.4 Lilitan Fasa

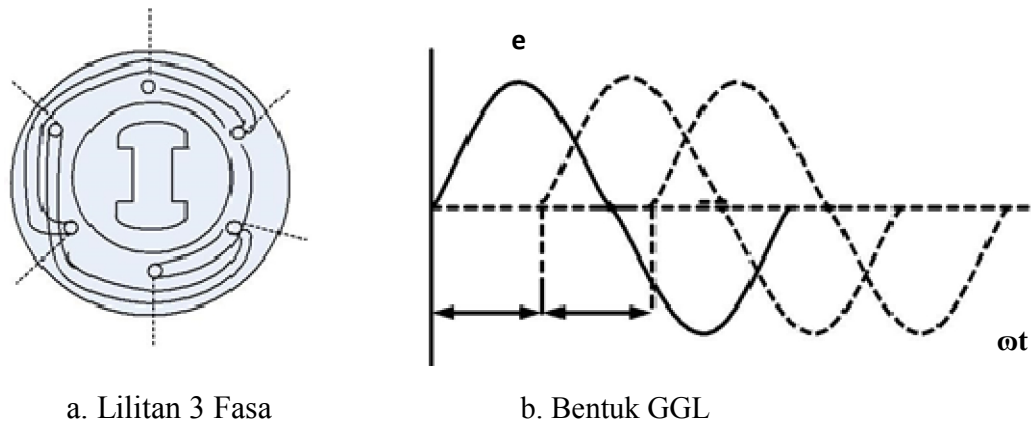
Lilitan fasa merupakan tempat terjadinya induksi tegangan listrik pada generator, lilitan fasa ini dapat terpasang pada stator maupun pada rotor tergantung dari jenis kutub generator.

Bila dilihat dari segi jumlah fasanya maka belitan fasa generator umumnya terbagi atas 2 macam, yaitu lilitan 1 fasa dan lilitan 3 fasa.



Gambar 2.5 Lilitan 1 Fasa

³ ABDUL KADIR, Mesin Sinkron. (Bandung: Drs. Sumanto, MA.) hal.15



Gambar 2.6 Lilitan 3 Fasa

Pada generator 1 fasa pada umumnya jumlah alur lilitan berkelipatan 3 yang dililit hanya dua per tiga dari jumlah alur stator atau rotor. Untuk generator fasa tiga lilitannya antara satu dengan yang lain masing-masing berjarak 120° .

2.5.5 Sambungan Lilitan Fasa

Diketahui pada generator 3 fasa terdapat 3 buah lilitan fasa. Lilitan-lilitan fasa tersebut dapat disambung secara segi tiga atau delta dan secara bintang atau star, yang masing-masing disimbolkan dengan \triangle dan Y .

Sambungan segi tiga dapat dibuat dengan menghubungkan ujung-ujung akhir dari kumparan yang dikeluarkan pada terminal box dihubungkan dengan ujung-ujung mula dari kumparan fase berikutnya, sehingga membentuk semacam lingkaran tertutup.

Hubungan segitiga pada generator mempunyai tujuan untuk mendapatkan harga arus jaring-jaring (I_L) yang besar. Lihat gambar 2.7 untuk hubungan segitiga:



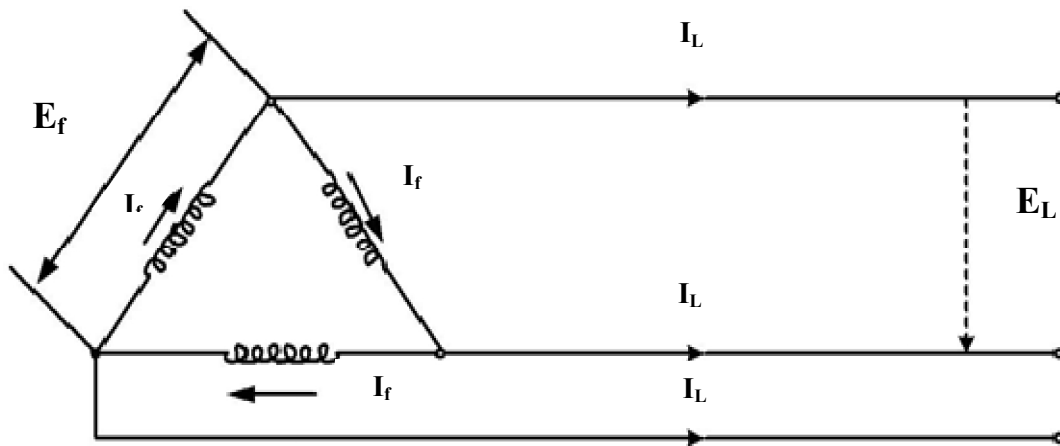
$$I_L = I_f \sqrt{3} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$E_L = E_f \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

I_f = Arus Fasa

I_L = Arus Jaring-jaring



Gambar 2.7 Sambungan Segitiga atau Delta

Untuk sambungan bintang dapat dibuat dengan menghubungkan ujung-ujung akhir dari kumparan yang dikeluarkan pada terminal dihubungkan menjadi satu. Hubungan bintang suatu generator mempunyai tujuan, yaitu untuk mendapatkan harga tegangan jaring-jaring yang besar. Lihat gambar 2.8 untuk hubungan bintang :

$$E_L = E_f \sqrt{3} \dots\dots\dots(2.3)$$

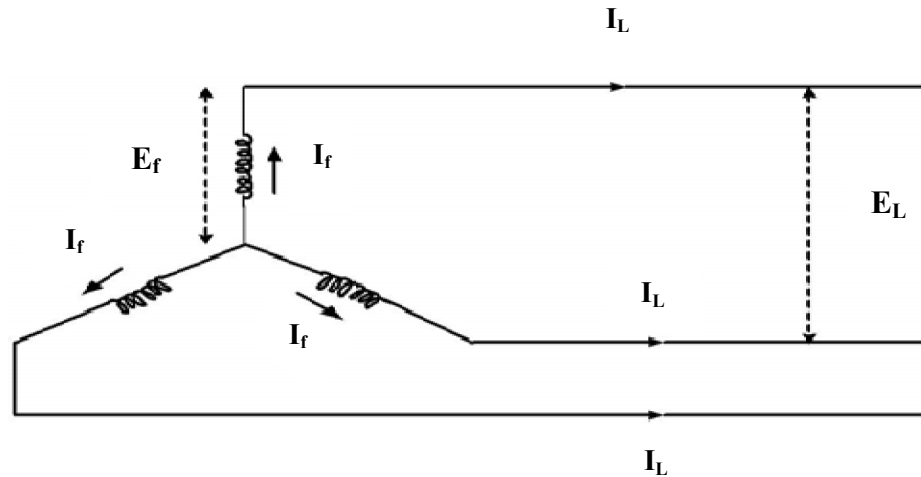
$$I_L = I_f \dots\dots\dots(2.4)^4$$

Dimana :

E_f = Tegangan Fasa

E_L = Tegangan Jaring-jaring

⁴ Dunia Listrik, Sistem 3 Fasa. <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>



Gambar 2.8 Sambungan Bintang atau Star

2.6 AMF dan ATS

Bangunan yang memiliki backup power atau memiliki catu daya lebih dari satu sebagai contoh menggunakan sumber dari PLN dan di Back-up oleh Genset (generator-set) tentu sering sekali harus secara bergantian untuk menggunakannya, pada kebiasaannya banyak menggunakan handle Cam Switch atau sering dinamakan COS (Change Over Switch) untuk memindah kontak sumber daya tersebut, pada pabrik pabrik zaman dulu juga seringnya menggunakan saklar cam untuk memindahkan daya, Hal tersebut berarti di anggap secara manual dan membutuhkan operator dalam mengoprasikan pemindah daya tersebut, dalam perkembangan tekhnologi dunia elektrikal akhirnya merekayasa hal tersebut kemudian di jalankan secara Automatic yang di singkat ATS (Auto Transfer Swith) yang di fungsikan secara Automatic untuk memindahkan daya sesuai dengan kebutuhan tanpa menggunakan tenaga manusia untuk mengoprasikannya, pada kebiasaannya ATS akan di sertakan pula AMF



(Automatic Main Failure) atau sering di jelaskan sebagai kontrol kendali terhadap generator back-up atau perintah kendali hidup mati mesin Generator, dalam beberapa jenis ATS di bedakan menurut kapasitas daya yang di butuhkan atau berdasar Phasa dan Ampere yang melalui panel tersebut, namun untuk prinsip kerjanya sama.⁵

AMF merupakan alat yang berfungsi menurunkan downtime danmeningkatkan keandalan sistem catu daya listrik. AMF dapat mengendalikan transfer *Circuit Breaker* (CB) atau alat sejenis, dari catu daya utama (PLN) ke catu daya cadangan (genset) dan sebaliknya, ATS merupakan pelengkap dari AMF dan bekerja secara bersama-sama.

ATS atau *Automatic Transfer Switch*, yaitu proses pemindahan sumber listrik yang satu ke sumber listrik yang lain secara bergantian sesuai perintah pemrograman.

2.7 Uninterruptible Power Supply (UPS)

Beban listrik harus di supply dengan suatu sumber tenaga dengan keandalan tinggi secara konstan pada beban yang sangat prioritas sifatnya. Suplly seperti ini akan mencegah terputusnya tenaga listrik walaupun hanya sesaat, dan kebutuhan supply tenaga ini jenis arus bolak balik. Untuk mendapatkan sumber arus bolak balik seperti yang dimaksud di atas dikenal dengan *Uninterruptible Power Suplly* (UPS).

UPS yang dapat beroperasi dengan otomatis jika sumber daya utama (PLN) terputus. UPS bermanfaat untuk mensupply beban darurat yang diasumsikan sebagai beban yang tidak boleh kehilangan supply daya listrik sama sekali.

⁵ Neno Suhana, *Seri Teknik Rangkaian Kontrol Panel Genset* (Bandung: ITB,2002), Hal.5



2.7.1 Fungsi Utama UPS⁶

- 1) Dapat memberikan energi listrik sementara ketika terjadi kegagalan daya pada listrik utama.
- 2) Memberikan kesempatan waktu yang cukup untuk segera menghidupkan genset (sistem daya darurat) sebagai pengganti listrik utama.
- 3) Memberikan kesempatan waktu yang cukup untuk segera melakukan backup data dan mengamankan sistem operasi (OS) dengan melakukan *shutdown* sesuai prosedur ketika listrik utama padam.
- 4) Mengamankan sistem komputer dari gangguan-gangguan listrik yang dapat mengganggu sistem komputer baik berupa kerusakan *software*, data maupun kerusakan *hardware*.
- 5) UPS secara otomatis dapat melakukan stabilisasi tegangan ketika terjadi perubahan tegangan pada *input* sehingga tegangan output yang digunakan oleh sistem komputer berupa tegangan yang stabil.
- 6) UPS dapat melakukan diagnosa dan manajemen terhadap dirinya sendiri sehingga memudahkan pengguna untuk mengantisipasi jika akan terjadi gangguan terhadap sistem.
- 7) *User friendly* dan mudah dalam instalasi.
- 8) *User* dapat melakukan kontrol *UPS* melalui jaringan LAN (*Local Area Network*) dengan menambahkan beberapa *accessories* yang di perlukan.
- 9) Notifikasi jika terjadi kegagalan dengan melakukan *setting software UPS* manajemen.
- 10) Dapat diintegrasikan dengan jaringan internet.

⁶ kurniawansetyobudi, Pengertian UPS dan Fungsinya. kurniawansetyobudi.student.telkomuniversity.ac.id/



2.7.2 Jenis-Jenis UPS Berdasarkan Cara Kerjanya

1) *Line-interactive* UPS

Pada UPS jenis ini diberi tambahan alat AVR (*automatic voltage regulator*) yang berfungsi mengatur tegangan dari suplai daya keperalatan.

2) *On-line* UPS

Pada *UPS* jenis ini terdapat 1 *rectifier* dan 1 *inverter* yang terpisah. Hal ini lebih mahal apabila dibandingkan dengan dua jenis *UPS* lainnya. Dalam keadaan gangguan, suplai daya ke *rectifier* akan diblok sehingga akan ada arus DC dari baterai ke *inverter* yang kemudian diubah menjadi AC.

3) *Off-line* UPS

UPS jenis ini merupakan UPS paling murah diantara jenis UPS yang lain. Karena *rectifier* dan *inverter* berada dalam satu unit. Dalam keadaan gangguan, *switch* akan berpindah sehingga suplai daya dari suplai utama terblok. Akibatnya akan mengalir arus DC dari baterai menuju *inverter*.

2.7.3 Pengertian *Stabilizer* dan Macam-Macamnya

Stabilizer adalah alat untuk menyetabilkan tegangan listrik, UPS (*uninterruptible power supply*) adalah perangkat yang biasanya menggunakan baterai *backup* sebagai cadangan daya alternatif, untuk Dapat memberikan suplai daya yang tidak terganggu untuk perangkat elektronik yang terpasang. *Stabilizer* ada beberapa macam antara lain sebagai berikut:

1) Menggunakan servo motor.

Jenis penstabilan yang memakai motor servo didalam *stabilizer* ini, dimana motor akan berputar untuk mendapatkan tegangan yg stabil. Akibatnya, diperlukan waktu 2 s/d 5 detik sehingga mencapai kestabilan, dan tidak ada penyaring (*filter*) terhadap gangguan listrik.



2) Menggunakan Relay.

Penstabilan listrik yang menggunakan beberapa relay bekerja bila tegangan listrik naik atau turun. Akibatnya reaksinya amat cepat, tapi range kestabilan yang kurang baik (+/- 5%). Jenis ini umumnya tidak dilengkapi dengan *filter*.

3) Menggunakan sistim Digital control.

Sistem ini menggabungkan penggunaan relay dan triac (sejenis transistor) untuk menstabilkan listrik.

Sistem ini lebih canggih dibandingkan dengan sistem relay, dan juga dilengkapi dengan *filter*.

4) Sistem Ferro-Resonant/ *line conditioner*.

Sistem ferro resonant inilah yang paling handal. Untuk memberikan kestabilan pada beban, reaksi/responsenya sangat cepat, hanya perlu 0,04 detik saja. Lebih stabil dibanding jenis lainnya, menggunakan trafo isolasi, dan kapasitor (untuk meredam *spikes*, *surge*, *sag*, *noise*, dan *spike* dari petir). Oleh karena itu sering disebut juga sebagai Line Conditioner atau Power Conditioner.

2.7.4 Komponen-Komponen UPS

1) Baterai

Jenis baterai yang digunakan UPS umumnya berjenis *lead-acid* atau jenis *nikel-cadmium*. Baterai ini umumnya mampu menjadi sumber tegangan ,cadangan maksimal selama 30 menit.

2) *Rectifier* (penyearah)

Penyearah berfungsi untuk mengubah arus AC menjadi arus DC dari suplai listrik utama. Hal ini bermanfaat pada saat pengisian baterai.

3) *Inverter*

Kebalikan dari penyearah, *inverter* berfungsi untuk mengubah arus DC dari baterai menjadi arus AC.



UPS bekerja berdasar kepekaan tegangan. UPS akan menemukan penyimpangan jalur *voltase (line voltage)* misalnya, kenaikan tajam, kerendahan, gelombang dan juga penyimpangan yang disebabkan oleh pemakaian dengan alat pembangkit tenaga listrik yang murah. Karena gagal, UPS akan berpindah ke operasi *on- battery* atau baterai hidup sebagai reaksi kepada penyimpangan untuk melindungi bebannya (*load*). Jika kualitas listrik kurang, UPS mungkin akan sering berubah ke *operasi on-battery*. Kalau beban bisa berfungsi dengan baik dalam kondisi tersebut, kapasitas dan umur baterai dapat bertahan lama melalui penurunan kepekaan UPS.

Fungsi UPS bukanlah sebagai pengganti sumber listrik. Waktu maksimal yang diberikan tergantung dari jenis baterai yang dimilikinya. Umumnya UPS hanya bisa bertahan kisaran waktu 15 – 30 menit saja.

2.7.5 Prinsip Kerja UPS

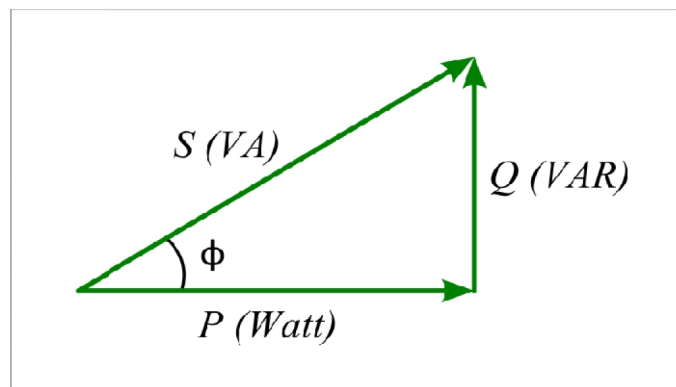
1. Pada kondisi normal, *rectifier* mendapat supply AC untuk diubah menjadi DC. Arus DC ini diteruskan untuk menyuplai inverter dan sekaligus mengisi unit *battery* yang ada. Pada *inverter*, arus DC yang di supply *rectifier* atau *battery* akan diubah menjadi arus AC untuk menyuplai beban dari UPS.
2. Bila supply utama terjadi gangguan pemadaman maka *rectifier* akan berhenti bekerja secara otomatis dan *battery* akan langsung menggantikan *rectifier* menyuplai daya DC ke inverter. Dengan ini *inveter* akan tetap bekerja tanpa ada pemutusan daya ke beban.
3. Bila supply utama normal kembali, maka *rectifier* akan bekerja kembali secara otomatis untuk menyuplai daya ke inverter sekaligus mengisi kembali *battery*.



4. Bila *inverter* terjadi beban lebih (*over load*) ataupun terjadi kerusakan pada *inverter*, maka static switch akan mendapat sinyal dari inverter untuk memindahkan beban dari inverter ke saluran by-pass. Dengan ini daya yang disupply ke beban tidak mengalami pemutusan.
5. UPS dilengkapi dengan saklar manual *by-pass* yang berfungsi untuk memindahkan beban ke saluran utama tanpa melalui unit UPS. Dengan ini UPS akan terpisah dari supply utama dan perawatan atau perbaikan UPS dapat dilakukan.

2.8 Segita Daya⁷

Daya listrik merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan baik atau tidaknya kualitas dari suatu sistem kelistrikan dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Dalam suatu sistem tenaga listrik, daya listrik dibedakan menjadi 3 jenis daya, seperti gambar 2.14



Gambar 2.9 Segitiga Daya

Keterangan :

- Daya semu (S), satuannya Volt Ampere (VA)
- Daya aktif (P), satuannya Watt (W)
- Daya reaktif (Q), satuannya Volt Amper Reaktif (VAR).

⁷ Cekmas Cekdin & Taufik Barlian, Rangkaian Listrik (Palembang: ANDI,2013) hal.74



Dimana :

$$S = V \times I \text{ (VA)} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$P = S \times \text{Cos } \varphi \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$Q = S \times \text{Sin } \varphi \text{ (VAR)} \dots\dots\dots(2.12)$$

2.8.1 Daya Semu

Daya semu adalah daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi, dimana daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dibawah ini :

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

V_L = Tegangan line

S = Daya semu

I_L = Arus yang mengalir pada penghantar

2.8.2 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin-mesin listrik atau peralatan lainnya, dimana dalam persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \text{Cos } \varphi \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

$\text{Cos } \varphi$ = Faktor Daya / Kerja

V_L = Tegangan line

P = Daya aktif

I_L = Arus yang mengalir pada penghantar



2.8.3 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, yang mana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas.

Daya reaktif ini adalah hasil dari besarnya arus dikalikan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor kerja $\sin(\varphi)$.

Daya reaktif ini dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

$\sin \varphi$ = Faktor Daya / Kerja

V_L = Tegangan line

P = Daya aktif

I_L = Arus yang mengalir pada penghantar

2.8.4 Faktor Daya / Faktor Kerja

Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total (lihat gambar 1). Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu. Secara teoritis, jika seluruh beban daya yang dipasok oleh perusahaan listrik memiliki faktor daya satu, maka daya maksimum yang ditransfer setara dengan kapasitas sistim pendistribusian. Sehingga, dengan beban yang terinduksi dan jika faktor daya berkisar dari 0,2 hingga 0,5, maka kapasitas jaringan distribusi listrik



menjadi tertekan. Jadi, daya reaktif (VAR) harus serendah mungkin untuk keluaran kW yang sama dalam rangka meminimalkan kebutuhan daya total (VA). Faktor Daya / Faktor kerja menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi.

2.9 Jenis-Jenis Kereta Listrik

Terdapat 3 jenis kereta yang menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerakannya, yaitu :

2.9.1 LRT (Lintas Rel Terpadu)

Lintas Rel Terpadu atau disingkat LRT adalah salah satu sistem Kereta Api yang menggunakan tenaga listrik sebagai sumber penggerak utamanya dengan menggunakan sistem LAB (Listrik Aliran Bawah). Penghantar arus listrik sistem LAB pada LRT disebut *Third Rail* / Rel Ketiga yang berada di samping kereta. Arus listrik akan dikumpulkan melalui CCD (*Current Collector Device*) kemudian akan disalurkan ke motor traksi. LRT memiliki lintasannya tersendiri yang disebut lintasan layang.



Gambar 2.10 Kereta LRT



2.9.2 MRT (Moda Raya Terpadu)

Moda Raya Terpadu atau disingkat MRT adalah salah satu sistem Kereta Api yang menggunakan tenaga listrik sebagai sumber penggerak utamanya dengan menggunakan sistem LAA (Listrik Aliran Atas). Penghantar arus listrik sistem LAA pada MRT berada di atas kereta MRT kemudian arus listrik disalurkan melalui pantograf menuju motor traksi. Lintasan kereta MRT berada dibawah tanah yang disebut Tunnel.



Gambar 2.11 Kereta MRT



2.9.3 KRL (Kereta Rel Listrik)

Kereta Rel Listrik atau disingkat KRL adalah salah satu sistem Kereta Api yang hampir sama dengan MRT. KRL menggunakan tenaga listrik sebagai sumber penggerak utamanya dengan menggunakan sistem LAA (Listrik Aliran Atas), yang membedakannya dengan MRT adalah KRL mampu membawa penumpang lebih banyak dan jarak tempuh dari KRL juga lebih jauh.



Gambar 2.12 Kereta Rel Listrik