BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PLC *(Programable Logic Control)*

Programmable Logic Controllers (PLC) adalah komputer elektronik yang mudah digunakan *(user friendly)* yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang beraneka ragam. menurut ***National Electrical Manufacturing Assosiation (NEMA)***, PLC didefinisikan sebagai suatu perangkat elektronik digital dengan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang menjalankan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, *sequence*, *timing*, *counting*, dan aritmatika untuk mengontrol suatu mesin industri atau proses industri sesuai dengan yang diinginkan.

Gambar 2.1 PLC

PLC mampu mengerjakan suatu proses terus menerus sesuai variabel masukan dan memberikan keputusan sesuai keinginan pemrograman sehingga nilai keluaran tetap terkontrol. Definisi lain menurut *forumsains.com*, PLC merupakan "komputer khusus" untuk aplikasi dalam industri, untuk memonitor proses, dan untuk menggantikan *hard wiring control* dan memiliki bahasa pemrograman sendiri.

Akan tetapi PLC berbeda dengan perangkat komputer karena dirancang untuk instalasi dan perawatan oleh teknisi dan ahli listrik di industri yang tidak harus mempunyai kemampuan elektronika tinggi dan memberikan kendali yang fleksibel berdasarkan eksekusi instruksi logika.

Sedangkan menurut Capiel (1982), PLC adalah sistem elektronik yang beroperasi secara *digital* dan dirancang untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog.

Fungsi dan kegunaan dari PLC dapat dikatakan hampir tidak terbatas. Tapi dalam prakteknya dapat dibagi secara umum dan khusus. Secara umum fungsi dari PLC adalah sebagai berikut :

1. Kontrol Sekuensial

   Memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), disini PLC menjaga agar semua step / langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.

2. *Monitoring Plant*

   Memonitor suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut ke operator.

Sedangkan secara khusus, PLC mempunyai fungsi sebagai pemberi masukan (input) ke CNC *(Computerized Numerical Control)* untuk kepentingan pemrosesan lebih lanjut. *CNC* mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dan lebih mahal harganya jika dibandingkan dengan PLC. Perangkat ini, biasanya dipakai untuk proses *finishing*, membentuk benda kerja, *moulding* dan sebagainya.

2.2 *Power Supply*

Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *power supply* atau catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya.

Oleh karena itu, *power supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*.

Gambar 2.2 Power Supply

Pada umumnya *power supply* dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok besar, yakni berdasarkan fungsinya, berdasarkan bentuk mekanikalnya dan juga berdasarkan metode konversinya. Berikut ini merupakan penjelasan singkat mengenai ketiga kelompok tersebut :

2.2.1 Power Supply Berdasarkan Fungsi (*Functional*)

Berdasarkan fungsinya, *power supply* dapat dibedakan menjadi *Regulated Power Supply*, *Unregulated Power Supply* dan *Adjustable Power Supply:*

2.2.1.A *Regulated Power Supply:* adalah *power supply* yang dapat menjaga kestabilan tegangan dan arus listrik meskipun terdapat perubahaan atau variasi pada beban atau sumber listrik (tegangan dan arus input).

2.2.1.B *Unregulated Power Supply* adalah *power supply* tegangan ataupun arus listriknya dapat berubah ketika beban berubah atau sumber listriknya mengalami perubahan.

2.2.1.C *Adjustable Power Supply* adalah *power supply* yang tegangan atau arusnya dapat diatur sesuai kebutuhan dengan menggunakan knob mekanik. terdapat 2 jenis *Adjustable Power Supply* yaitu *Regulated Adjustable Power Supply* dan *Unregulated Adjustable Power Supply.*

2.2.2 Power Supply Berdasarkan Bentuknya

Untuk peralatan Elektronika seperti televisi, monitor komputer, komputer desktop maupun dvd player, *power supply* biasanya ditempatkan di dalam atau menyatu ke dalam perangkat - perangkat tersebut sehingga kita sebagai konsumen tidak dapat melihatnya secara langsung. Jadi hanya sebuah kabel listrik yang dapat kita lihat dari luar. *Power supply* ini disebut dengan *Power Supply Internal (Built in)*. Namun ada juga *power supply* yang berdiri sendiri (*stand alone*) dan berada diluar perangkat elektronika yang kita gunakan seperti *charger handphone* dan *adaptor laptop*. Ada juga *power supply stand alone* yang bentuknya besar dan dapat disetel tegangannya sesuai dengan kebutuhan kita.

2.2.3 Power Supply Berdasarkan Metode Konversinya

Berdasarkan metode konversinya, *power supply* dapat dibedakan menjadi *Power Supply Linier* yang mengkonversi tegangan listrik secara langsung dari inputnya dan *Power Supply Switching* yang harus mengkonversi tegangan input ke pulsa AC atau DC terlebih dahulu.

Selain pengklasifikasian diatas, *power supply* juga dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah *DC Power Supply, AC Power Supply, Switch Mode Power Supply, Programmable Power Supply, Uninterruptible Power Supply, High Voltage Power Supply.* Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai jenis-jenis *power supply*:

A. *DC Power Supply* adalah pencatu daya yang menyediakan tegangan maupun arus listrik dalam bentuk *DC (Direct Current)* dan memiliki polaritas yang tetap yaitu positif dan negatif untuk bebannya.
B. *AC Power Supply* adalah *power supply* yang mengubah suatu taraf tegangan AC ke taraf tegangan lainnya. Contohnya *AC power supply* yang menurunkan tegangan AC 220V ke 110V untuk peralatan yang membutuhkan tegangan 110VAC. Atau sebaliknya dari tegangan AC 110V ke 220V.
C. *Switch-Mode Power Supply (SMPS)* adalah jenis *power supply* yang langsung menyearahkan *(rectify)* dan menyaring *(filter)* tegangan input AC

untuk mendapatkan tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di-*switch ON* dan *OFF* pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati Transformator Frekuensi Tinggi.

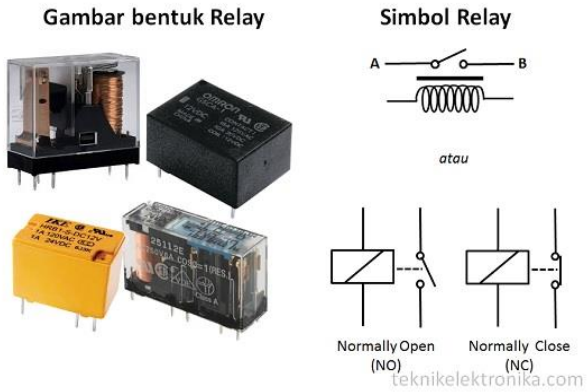
D. *Programmable Power Supply* adalah jenis power supply yang pengoperasiannya dapat dikendalikan oleh *remote control* melalui antarmuka *(interface)* input analog maupun digital seperti RS232 dan GPIB.

E. *Uninterruptible Power Supply* atau sering disebut dengan *UPS* adalah p*ower supply* yang memiliki 2 sumber listrik yaitu arus listrik yang langsung berasal dari tegangan input AC dan baterai yang terdapat didalamnya. Saat listrik normal, tegangan Input akan secara simultan mengisi baterai dan menyediakan arus listrik untuk beban (peralatan listrik). Tetapi jika terjadi kegagalan pada sumber tegangan AC seperti matinya listrik, maka baterai akan mengambil alih untuk menyediakan tegangan untuk peralatan listrik / elektronika yang bersangkutan.

F. *High Voltage Power Supply* adalah *power supply* yang dapat menghasilkan tegangan tinggi hingga ratusan bahkan ribuan volt. *High Voltage Power Supply* biasanya digunakan pada mesin *X-ray* ataupun alat-alat yang memerlukan tegangan tinggi.

2.3 Relay

Relay adalah saklar *(switch)* yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* (elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet *(coil)* dan mekanikal (seperangkat kontak saklar / switch). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan relay yang menggunakan elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



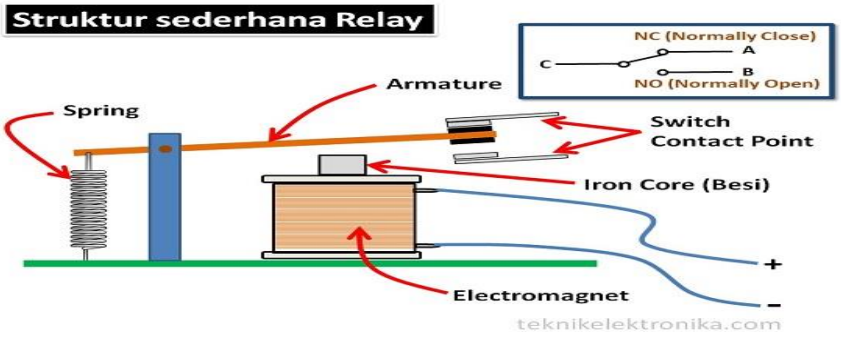
Gambar 2.3 Bentuk dan simbol Relay

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. *Electromagnet (Coil)*
2. *Armature*
3. *Switch Contact Point* (Saklar)
4. *Spring*

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- *Normally Close (NC)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *CLOSE* (tertutup)
- *Normally Open (NO)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *OPEN* (terbuka)



Gambar 2.4 Struktur sederhana Relay

Berdasarkan gambar diatas, sebuah besi *(Iron Core)* yang dililit oleh sebuah kumparan *coil* yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila Kumparan *coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi *open* atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *armature* akan kembali lagi ke posisi awal (NC). *Coil* yang digunakan oleh *relay* untuk menarik *Contact Poin* ke posisi *close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

Beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah :

1. Relay digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (*Logic Function*)
2. Relay digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
3. Relay digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.
4. Ada juga Relay yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat *(Short).*

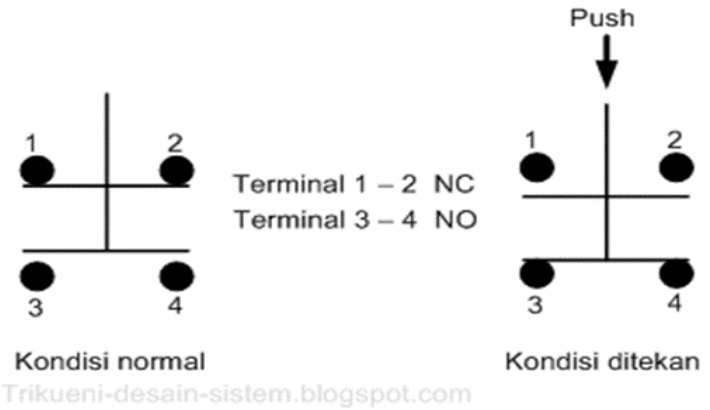
2.4 *Push Button*

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem kerja unlock disini berarti saklar akan bekerja sebagai device penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal.

Gambar 2.5 *Push Button*

Sebagai perangkat penghubung atau pemutus, *push button switch* hanya memiliki 2 kondisi, yaitu *On* dan *Off* (1 dan 0). Istilah *On* dan *Off* ini menjadi sangat penting karena semua perangkat listrik yang memerlukan sumber energi listrik pasti membutuhkan kondisi *On* dan *Off*.

Karena sistem kerjanya yang *unlock* dan langsung berhubungan dengan operator, *push button switch* menjadi perangkat paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti push button switch atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian *On* dan *Off*.



Gambar 2.6 Prinsip kerja Push Button

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, *push button switch* mempunyai 2 tipe kontak yaitu NC *(Normally Close*) dan NO (*Normally Open*).

1. NO *(Normally Open)*, merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi menutup *(Close)* dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak NO digunakan sebagai penghubung atau menyalakan sistem circuit *(Push Button ON).*
2. NC *(Normally Close)*, merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus litrik). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka *(Open)*, sehingga memutus aliran arus

listrik. Kontak NC digunakan sebagai pemutus atau mematikan sistem circuit *(Push Button Off)*.

2.5 Sistem *Interlock* (Pengunci)

Sistem *interlock* adalah suatu cara untuk mengamankan jalannya proses serta pengamanan perlatan dari unit yang paling kecil sampai keseluruhan sistem. Dimana alat pengaman tersebut terkait satu dengan yang lainnya, sehingga membentuk satu kesatuan yang akan bekerja secara serentak apabila kondisi proses atau alat mengalami gangguan.

Disamping itu, sistem *interlock* ini juga dilengkapi dengan sistem untuk menjaga kelancaran operasinya suatu mesin (pompa / kompresor) yang mana pada pompa, turbin dan kompresor yang besar biasanya dilengkapi pompa pelumas utama dan pompa pelumas pembantu, apabila terjadi kegagalan pada pompa utama maka dengan sistem *interlock* maka pompa pembantu akan *autostart* untuk menggantikan fungsi pompa utama.

Interlock juga dilengkapi dengan sistem *bypass* berupa *switch*. Hal ini dimaksudkan apabila diperlukan kita bisa menonaktifkan *interlock* tersebut sehingga tidak berfungsi, misalnya untuk keperluan pemeriksaan / perbaikan atau terjadi kerusakan pada sistem *interlock* yang mana perbaikannya hanya bisa dilakukan pada saat pabrik tidak beroperasi. Selanjutnya untuk menjaga keandalan dari sistem *interlock* ini agar setiap ada kesempatan dilakukan tes simulasi.

Sistem *interlock* ada dua macam, yaitu sistem OR dan sistem AND

2.5.1A. Sistem OR

Yang di maksud dengan sistem OR ialah apabila salah satu atau semua input A, B atau C memberikan sinyal *interlock*, maka output D langsung menerima sinyal tersebut yang selanjutnya untuk ke *relay-relay interlock* tersebut.

2.5.1B. Sistem AND

Yang dimaksud dengan sistem AND adalah apabila salah satu input A, B atau C memberikan sinyal *interlock* maka D tidak akan menerima sinyal tersebut, jadi D akan menerima sinyal jika hanya ketiga input memberikan sinyal secara bersamaan.

Ada dua tahapan sistem pengamanan, yaitu :

2.5.2A. Alarm (peringatan tanda bahaya)

Alarm atau peringatan tanda bahaya dapat berupa lampu, bel, *horn* dan tanda – tanda lain yang menyatakan bahwa proses atau alat dalam keadaan bahaya (ada gangguan) dan hal ini bila tidak diadakan koreksi maka kondisi akan berkembang menjadi situasi yang krisis dan bahkan pabrik akan berhenti (*shut down*).

2.5.2B. *Shut Down* atau *Trip*

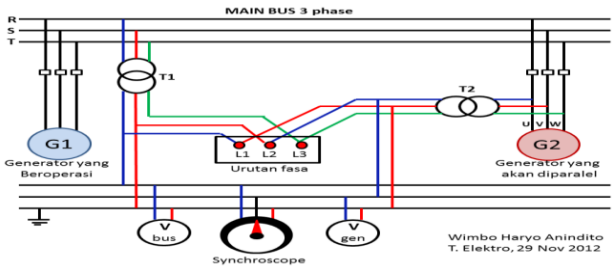
Suatu kondisi proses yang sudah mencapai batas bahaya yang tertinggi atau adanya kerusakan pada peralatan sehingga menyebabkan pabrik mati sebagian atau keseluruhan. Peralatan yang terkait dalam *sistem interlock* ini adalah sakelar tekanan (*pressure switch*), katup solenoida (*solenoid valve*), *level switch* dan *relay.*

2.6 Sistem Paralel

Untuk melakukan operasi paralel generator maka dilakukan tahap sinkronisasi terlebih dahulu. Beberapa parameter yang harus sama untuk syarat sinkronisasi adalah :

1. Tegangan
2. Frekuensi
3. Urutan Fasa

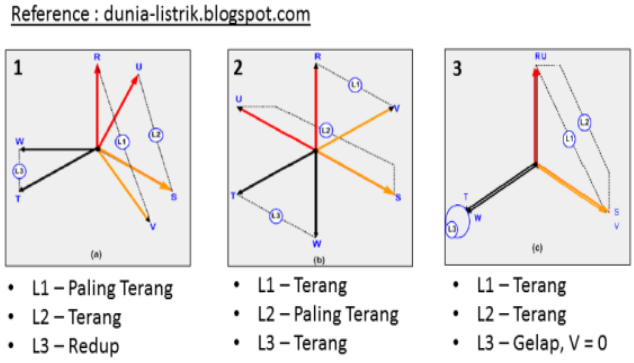
Dengan berkembangnya teknologi maka proses sinkronisasi dapat dilakukan secara otomatis pada synchronizing panel. berikut gambar dibawah ini merupakan diagram sederhana dari alur proses sinkronisasi.



Gambar 2.7 Proses Sinkronisasi

2.6.1A Urutan Fasa

Untuk mengetahui sinkronisasi pada urutan dan beda fasa maka dapat dilakukan dengan metode lampu gelap-terang. Ketika urutan dan beda fasa sudah sinkron dapat dilihat pada nyala lampu untuk L1 dan L2 nyala terang, dan L3 gelap. Berikut diagram vektor dari urutan fase dan proses nyala ketiga lampu tersebut.



Gambar 2.8 Urutan Fasa

2.6.1B Tegangan, Frekuensi dan Synchroscope

Tegangan dan frekuensi dari generator yang akan diparalel harus bernilai sama mendekati rating bus pada generator yang telah beroperasi. Untuk memasukkan saklar sinkronisasi maka dapat melihat jarum pada synchroscope tersebut dalam posisi 0 atau arah jarum jam 12. Ini membuktikan bahwa selisish frekuensi telah bernilai 0. Untuk mensinkronasikan nilai dari tegangan antara generator yang akan diparalel maka dilakukan dengan mengatur sistem eksitasinya. Apabila tegangan generator lebih tinggi dari tegangan rating bus di sistem, maka generator akan mengalami sentakan beban M Var *lagging* (induktif), pada kondisi ini generator mengirim daya reaktif ke sistem.

Sebaliknya jika tegangan generator lebih rendah dari pada tegangan sistem, mesin akan mengalami sentakan beban M Var *Leading* (kapasitif), artinya generator menyerap daya reaktif dari sistem *(loss of field)*. Berikutnya untuk frekuensi generator juga harus bernilai sama dengan frekuensi sistem pada bus.

Untuk mensinkronasikan frekuensi dilakukan dengan cara mengatur katup *governor* untuk mengatur putaran generator tersebut. Jika frekuensi generator lebih tinggi dari pada frekuensi sistem, sistem akan mengalami sentakan beban MW dari generator, artinya mesin membangkitkan dan mulai menyalurkan daya aktif (MW). Sebaliknya jika generator frekuensinya lebih rendah dari pada sistem, mesin akan mengalami sentakan MW dari sistem, artinya generator akan beroperasi menjadi motor *(motoring)*.

Gambar 2.9 *Synchroscope*

Prosedur sinkronisasi generator:

1. Pastikan bahwa breaker dari generator yang akan diparalel *(incoming generator)* dalam keadaan terbuka, atau dengan kata lain *incoming generator* terisolasi dengan sistem.
2. Pastikan AVR *(Automatic Voltage Regulator)* dalam keadaan*"Automatic",* bukan manual.
3. *Start Prime mover* sampai pada spesifikasi putaran tanpa beban.
4. Gunakan *governor control* untuk mengeset frekuensi *Incoming Generator* lebih tinggi 1/10 dari frekuensi sistem.
5. Gunakan AVR untuk mengeset Tegangan *Incoming Generator* sama atau lebih tinggi dari sistem.
6. Gunakan *Synchroscope* pada *incoming generator* dan set frekuensi *incoming generator* berputar perlahan – lahan di daerah *"Fast"* mendekati 0.
7. Tutup breaker *incoming generator* saat 1 sampai 2 derajat pada *synchroscope* sebelum posisi 0. Dengan asumsi breaker mepunyai massa lembam dengan demikian penutupan breaker tepat pada angka 0 pada

synchroscope.

8. Matikan *synchroscope*
9. Dengan *governor control*, buat perpindahan beban ke *incoming generator* secara perlahan – lahan.
10. Jika power faktor yang terbaca antara 2 generator atau lebih yang diparalel tidak sama maka, set AVR masing – masing generator sampai power faktor setiap generator mendekati sama.

Jika menggunakan peralatan *automatic synchronizer* yang digabung dengan peralatan *Load sharer* dan *kVA sharer* kita hanya mengikuti langkah 1 dan 3, selain itu kita dapat mempersingkat semua langkah diatas.

2.7 Sistem Proteksi

Proteksi terhadap suatu sistem tenaga listrik adalah sistem pengaman yang di lakukan terhadap peralatan-peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya Generator, Transformator, Jaringan Transmisi / distribusi dan lain-lain terhadap kondisi abnormal dari sistem itu sendiri. Yang di maksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa :

a. Hubung singkat
b. Tegangan lebih/kurang
c. Beban lebih
d. Frekuensi sistem turun/naik
e. Dll

Adapun fungsi dari sistem proteksi adalah :

a. Untuk menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat adanya gangguan (kondisi abnormal) semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang di gunakan, maka akan semakin sedikitlah pengaruh gangguan terhadap kemungkinan kerusakan alat.

b. Untuk mempercepat melokalisir luas / zona daerah yang terganggu sehingga menjadi sekecil mungkin.

c. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen, dan juga mutu listriknya baik

d. Untuk mengamankan manusia (terutama) terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Agar sistem proteksi dapat dikatakan baik dan benar (dapat bereaksi dengan cepat, tepat dan murah), maka di adakan pemilihan dengan seksama dengan memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut :

a. Macam saluran yang di amankan
b. Pentingannya saluran yang dilindungi
c. Kemungkinan banyaknya terjadi gangguan
d. Tekno - ekonomis sistem yang digunakan

Peralatan utama yang dipergunakan untuk mendeteksi dan memerintahkan peralatan proteksi bekerja adalah relay.

2.7.1. Syarat-syarat relay pengaman

Syarat-syarat agar peralatan relay pengaman dapat dikatakan bekerja dengan baik dan benar terutama dalam melakukan tugasnya sebagai pengamanan terhadap sistem, yaitu:

1. Keterandalan *(Reliability)* Pada kondisi normal (tidak ada gangguan) relay tidak bekerja. Jika terjadi gangguan maka relay tidak boleh gagal bekerja dalam mengatasi gangguan. Kegagalan kerja relay dapat mengakibatkan alat yang diamankan rusak berat atau gangguannya meluas sehingga daerah yang mengalami pemadaman semakin luas. Relay tidak boleh salah kerja, artinya relay yang seharusnya tidak bekerja, tetapi bekerja. Hal ini menimbulkan pemadaman yang tidak seharusnya dan menyulitkan analisa gangguan yang terjadi. Keandalan relay pengaman ditentukan dari rancangan, pengerjaan, beban yang digunakan, dan perawatannya.

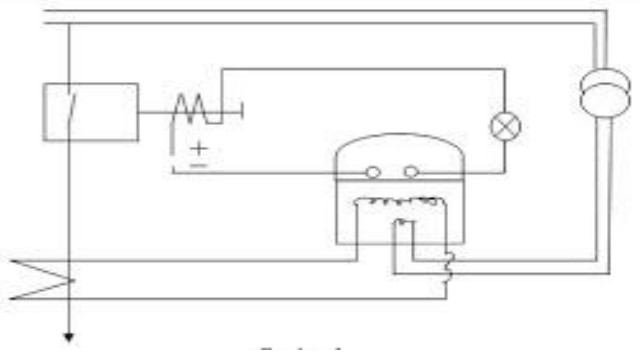
2. Selektivitas *(Selectivity)* Selektivitas berarti relay harus mempunyai daya beda *(discrimination)*, sehingga mampu dengan tepat memilih bagian yang terkena gangguan. Kemudian relay bertugas mengamankan peralatan. Relay mendeteksi adanya gangguan dan memberikan perintah untuk membuka pemutus tenaga dan memisahkan bagian yang terganggu. Bagian yang tidak terganggu jangan sampai dilepas dan masih Jika terjadi pemutusan hanya terbatas pada daerah yang terganggu.

3. Sensitivitas *(Sensitivity)* Relay harus mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap besaran minimal (kritis) sebagaimana direncanakan. Relay harus dapat bekerja pada awalnya terjadinya gangguan. Oleh karena itu, gangguan lebih mudah diatasi pada awal kejadian. Hal ini memberi keuntungan dimana kerusakan peralatan yang harus diamankan menjadi kecil. Namun demikian, relay juga harus stabil.

4. Kecepatan Kerja Relay pengaman harus dapat bekerja dengan cepat. Jika ada gangguan, misalnya isolasi bocor akibat adanya gangguan tegangan lebih terlalu lama sehingga peralatan listrik yang diamankan dapat mengalami kerusakan. Namun demikian, relay tidak boleh bekerja terlalu cepat (kurang dari 10 ms). Disamping itu, waktu kerja relay tidak boleh melampaui waktu penyelesaian kritis *(critical clearing time)*. Pada sistem yang besar atau luas, kecepatan kerja relay pengaman mutlak diperlukan karena untuk menjaga kestabilan sistem agar tidak terganggu. Hal ini untuk mencegah relay salah kerja karena transient akibat surja petir.

Contoh Peralatan – peralatan pengaman / pemutus

1. PMT = Pemutus (CB)
2. DC = Sumber teganggan DC
3. CT = Current transformtor
4. R = Relay
5. PT = Potensial transformator



Gambar 2.10 Sistem Pengaman

Pada gambar 2.10 di atas menunjukkan peralatan yang digunakan sebagai pengaman sistem dan terkait dengan komponen 1 sampai dengan 5.

Penggunaan Relay dalam melayani pengamanan system terutama terhadap kondisi abnormal yang terjadi diantaranya

A. Pengamanan terhadap sambaran petir

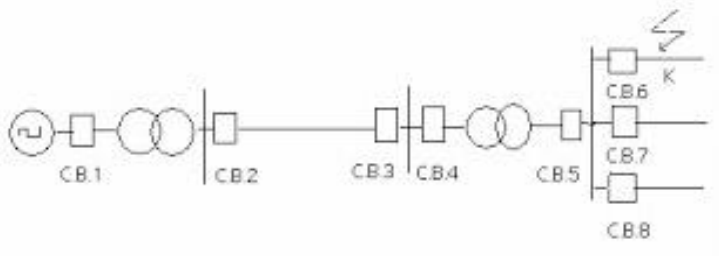
- Kawat tanah
- *Arrester*

B. Pengamanan terhadap arus/teganggan lebih

- Relai
- Pemutus *(circuit breaker)*

Hal – hal yang menyebabkan CB gagal

1 Kerusakan relay / relay tidak bekerja
2 Kerusakan pada PT
3 Terganggunya sumber (DC)
4 Terganggu Relay



Gambar 2.11 Pengaman Sistem Tenaga

Dalam sistem tenaga listrik seperti gambar 2.11 diatas,apabila terjadi gangguan pada titik K,maka hanya C.B.6 saja yang boleh bekerja ,sedangkan untuk C.B.1 , C.B.2 dan C.B.-C.B. yang lain tidak boleh bekerja.

1. Peka/sensitive

Relay harus dapat bekerja dengan kepekaan yang tinggi,artinya harus cukup sensitive terhadap gangguan di daerahnya meskipun gangguan tersebut minimum,selanjutnya memberikan jawaban / response.

2. Andal/reliability

Keandalan relay dihitung dengan jumlah relay bekerja/mengamankan daerahnya terhadap jumlah gangguan yang terjadi.Keandalan relay dikatakan cukup baik bila mempunyai harga : 90-99%..Misalnya,dalam sutu tahun terjadi gangguan sebanyak 25 x dan relay misal dapat bekerja dengan sempurna sebanyak 23 x ,maka keandalan relay

23 / 25 x 100 % = 92 %

Keandalan dapat dibagi 2 :

Dependability : relay harus dapat diandalkan setiap saat

Security : tidak boleh salah kerja /tidak boleh bekerja yang bukan seharusnya bekerja.

3) Sederhana / *simplicity*

Makin sederhana sistem relay semakin baik,mengingat setiap peralatan / komponen relay memungkinkan mengalami kerusakan.Jadi sederhana maksudnya kemungkinan terjadinya kerusakan kecil.

4) Murah / *economy*

Relay sebaiknya yang murah,tanpa meninggalkan persyaratan-persyaratan yang telah disebutkan diatas.

Klasifikasi Relay

Dari beberapa macam relay yang ada,dapatlah kita membedakannya menurut klasifikasinya sebagai berikut :

Berdasarkan prinsip kerjanya :

1. Relay elektromagnetis.tarikan dan induksi
2. Relay termis
3. Relay elektronis

Berdasarkan konstruksinya

1. Tipe angker tarikan
2. Tipe batang seimbang
3. Tipe cakram induksi
4. Tipe kap induksi
5. Tipe kumparan yang bergerak
6. Tipe besi yang bergerak

Berdasarkan besaran yang diukur

1. Relay tegangan
2. Relay arus
3. Relay impedansi
4. Relay frekuensi

Selain itu pada relay-relay diatas masih juga dapat dibedakan seperti berikut.

1. Over , yaitu akan bekerja bila besaran/ukuran yang telah ditentukan dilampaui.
2. Under ,relay akan bekerja bila berada sebelum / dibawah harga besaran yang tekah ditentukan.

3. Directional,bekerjanya relay ditentukan oleh arah aliran tenaga listriknya.

Berdasarkan cara menghubungkan sensing element.

1. Primary relay ; sensing element berhubungan langsung dengan sirkit yang di amankan.
2. Secondary relay ; sensing element mendapatkan arus dan atau tegangan dari dari trafo arus dan tegangan secara tidak langsung.

Berdasarkan cara control element

1. Direct acting ; control element bekerja langsung memutuskan aliran/hubungan.
2. Indirect acting ; control element hanya menutup suatu kontak , sedangkan suatu perlatan lain yang memutuskan rangkaian/aliran.

Catatan :

Pada indirect acting selalu di pakai sumber DC mengingat :

- Keuntungannya :
  a. Keamanan lebih terjamin.
  b. Pada waktu memeriksa atau reparasi tidak perlu memutuskan aliran utama.
  c. Terpisah secara elektris dari tegangan kerja sistem.
  d. Tak tegantung dari besarnya tegangan sistem yang di amankan.

- Kerugiannya :
  a. Di bandingkan dengan direct acting , maka kontruksinya lebih kompleks
  b. Untuk tegangan rendah kurang ekonomis

Berdasarkan macam tugas /kegunaannya

1. Main relay ; sebagai element utama didalam sistem pengaman, jadi berhubungsan langsung dengan besaran-besaran lisdtrik yang di ukur (arus, tegangan dan lain-lain).
2. Supplementary relay ; sebagai relay pembantu, misal memperbanyak kontak, menjalankan sinyal dan lain-lain.

Berdasarksan karakteristiknya

1. Inverse
2. Definite
3. Time relay, yakni relay yang bekerjanya dengan kelambatan waktu. Untuk dapat kita bedakan 2 macam yaitu yang dapat di atur (regulable time delay) waktunya dan tidak dapat di atur waktunya (non-regulable time delay)

Berdasarkan macam kontaktornya

1. Normally open, kontak dalam keadaan terbuka , bila lilitan pada inti tidak mendapatkan tenaga (de-energized)
2. Normally closed, tertutup bila de energized

2.8 Sistem *Load Shedding*

Load Shedding atau pelepasan beban merupakan metode yang dilakukan oleh penyedia layanan suplai energi listrik untuk mengurangi permintaan beban pada sistim pembangkit listrik untuk waktu sementara dengan mematikan distribusi energi listrik atau melakukan pemadaman sementara pada wilayah tertentu.

Shutdown atau pemadaman yang disengaja dilakukan pada suatu wilayah tertentu dengan tujuan untuk mencegah kegagalan jaringan sistim pembangkit dan distribusi energy listrik secara keseluruhan.

Load shedding menjadi perlu ketika permintaan kebutuhan listrik pada jaringan wilayah tertentu lebih besar dari kapasitas pasokan listrik yang tersedia. Sehingga pada sisi penyedia suplai layanan energi listrik sangatlah penting untuk menjaga permintaan kebutuhan lstrik berada di bawah kapasitas pasokan. Yang berarti permintaan kebutuhan listrik harus selalu dibawah kapasitas pembangkit yang dapat beroperasi pada saat tersebut.

Untuk hal tersebut, prognosa kebutuhan beban perlu dilakukan dalam hubungannya dengan sejumlah kriteria lain yang akan mempengaruhi proyeksi beban per jam dan menyeimbangkan permintaan dengan kapasitas pasokan yang tersedia.

Fungsi ini dilakukan oleh Pusat Pengendalian Beban yang memonitor dinamika permintaan kebutuhan listrik dan ketersediaan pasokan listrik dari

pembangkit secara kontiniyu selama 24 jam setiap harinya. Untuk menjaga keseimbangan permintaan dan ketersediaan pasokan listrik, aspek aspek lain yang dapat mempengaruhi permintaan dan pasokan tersebut, seperti kegiatan pemeliharaan baik pada distribusi maupun pada pembangkitan, pelanggan industri besar, kegiatan nasional dan berbagai aspek lainnya yang berpotensi menggangu kestabilan sistim mesti jadi perhatian.

Load Shedding merupakan pilihan terakhir yang harus dilakukan ketika semua upaya lain untuk menyeimbangkan pasokan dan permintaan gagal, sehingga dapat mencegah *shutdown* nya seluruh jaringan yang untuk pemulihannya *(recovery)* akan membutuhkan waktu yang lebih lama.

Tahapan *Load Sheding*

Dikarenakan tindakan *Load shedding* adalah respon mendesak untuk keadaan darurat, maka informasi kepada konsumen akan dilakukannya pemadaman tidak bisa dilakukan. Biasanya *Load Shedding* dibagi atas beberapa tahap yang akan beroperasi ketika tahapan dibawahnya mengalami kegagalan. Secara umum *Load Shedding* dibagi menjadi 4 tahap, yaitu :

1. Tahap I : Pemadaman untuk sebagian besar perumahan dan beban komersil lainnya, seperti mall, industry kecil, perkantoran dll
2. Tahap II : Meliputi Tahap I dan pedamana beban Industri besar
3. Tahap III : Meliputi Tahap I, II dan pemadaman seluruh pemakaian pada wilayah tertentu. Pengecualian pada sumber daya strategis nasional, seperti ; pagnkalan militer, pusat pemerintahaan dan lain sebagainya.
4. *Islands* : Merupakan tahap terakhir, dimana jaringan yang sebelumnya terinterkoneksi dipecah menjadi bagian bagian kecil (pulau – pulau), sehingga pembangkit yang masih beroperasi hanya melayani wilayah tempat lokasi pembangkit tersebut.

Untuk sistim yang terintegrasi, *load Shedding* akan beroperasi secara otomatis ketika frekuensi berada dibawah 4% dari frekeuensi normal dan tegangan dibawah 10% dari tegangan normal. Sehingga ketika *Load Shedding* tahap 1 aktif, diharapkan frekuensi dan tegangan kembali normal karena beban telah dikurangi sesuai kelompok beban tahap 1.

Load Shedding tahap 2 akan bereaksi setelah pada setting waktu tertentu nilai frekuensi dan tegangan hasil *load Shedding* tahap 1 masih dibawah 4% dan 10%. Begitu seterusnya sampai terjadinya sistim Islands.

Aturan dan pemilihan beban untuk tiap tahapan *Load Shedding* biasanya ditetapkan secara nasional dengan pertimbangan khusus seperti kendala teknis dilapangan, kepraktisan dan efektifitas serta sensifitas terhadap dampak ekonomi diwilayah tertentu.

Load Shedding berbeda dengan pemadaman bergilir, pemadaman bergilir memang sudah direncanakan dari awal sehingga pengaturan pemadamannya dan waktu pemadaman bisa dikondisikan sesuai dengan kebutuhan.

Load Shedding hanya dilaksanakan pada kondisi darurat, dan jarang berkelanjutan berhari hari dan kondisinya tidak terjadi setiap tahun. Kondisi daruratnya adalah ketika sistim sedang beroperasi normal, dan tiba – tiba pasokan untuk memenuhi kebutuhan listrik menjadi berkurang karena gangguan yang muncul baik dari internal, eksternal maupun faktor alam seperti bencana seprerti jalur transmisi putus, atau gangguan pada pembangkit.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN