

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi yang terus menerus berkembang, menjadikan listrik kebutuhan yang sangat pokok. Untuk itu PLN (Persero) sebagai badan usaha yang bergerak dibidang kelistrikan diharapkan mampu menjaga keandalan pelayanan pasokan tenaga listrik ke pelanggan. Salah satu caranya adalah dengan mengembangkan sistem proteksi yang bekerja untuk mencegah kerusakan apabila terjadi gangguan.

Pada Penelitian ini jenis sistem proteksi yang akan dibahas adalah tentang proteksi *thermal overload relay* pada pelanggan Tegangan Menengah (TM) murni. Pelanggan Tegangan Menengah murni adalah konsumen yang membutuhkan daya besar (perusahaan, rumah sakit, industri, dll). Dalam hal ini PLN memasok kebutuhan listriknya melalui jaringan 20kV Baik melalui jalur distribusi penghantar udara maupun penghantar kawat tanah untuk masuk ke Gardu konsumen untuk pemakaian sendiri.

Sistem proteksi mendeteksi gangguan didalam daerah pengamannya, bila nilai arus gangguan melebihi *setting* sistem proteksi, maka relai akan mengirim *signal* perintah *tripping* ke *tripping coil* PMT agar bekerja membuka kontak-kontak PMT dalam waktu yang telah ditentukan sehingga gangguan tersebut dapat dipisahkan dari sistem yang sehat.

Proteksi *thermal overload relay* difungsikan untuk mengamankan peralatan ketika daya yang digunakan oleh pelanggan telah melewati daya maksimal kontrak, yang mana apabila terjadi terus menerus dan tidak dikendalikan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan yang digunakan. Dalam hal ini *thermal overload relay* akan bekerja ketika nilai arus beban telah melewati jatah arus beban maksimal yang telah diatur sesuai ketentuan Tarif Dasar Listrik (TDL) PT PLN (Persero) sebelum nilai arus terbaca oleh *Over Current Relay* (OCR).

1.2 Permasalahan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara kerja *thermal overload relay* dalam membatasi beban lebih pada pelanggan ?
2. Apakah waktu kerja *thermal overload relay* yang terpasang pada pelanggan sudah tepat ?
3. Menghitung waktu kerja *thermal overload relay* Schneider Sepam T40 terhadap beban lebih dengan metode *cold start*.
4. Menentukan waktu kerja *thermal overload relay* yang sesuai terhadap batas daya kontrak yang ditetapkan PLN pada pelanggan Tegangan Menengah (TM).

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut maka yang menjadi pokok permasalahan adalah :

1. Pengujian waktu kerja *thermal overload relay* dengan menggunakan alat penguji relai.
2. Menghitung pengaturan waktu yang tepat dengan metode *cold start* pada *thermal overload relay* dengan melakukan pengujian menggunakan alat penguji relai dan membandingkannya dengan waktu kerja hasil perhitungan dengan menggunakan rumus.
3. Menentukan waktu kerja *thermal overload relay* yang tepat agar sesuai terhadap peraturan mengenai pembatasan beban lebih pada daya kontrak yang ditetapkan PLN pada pelanggan Tegangan Menengah (TM) dalam TDL (Tarif Dasar Listrik).

1.4 Ruang Lingkup Masalah

Agar masalah yang akan dibahas menjadi jelas dan tidak banyak menyimpang dari topik yang akan dibahas, maka dalam penulisan tugas akhir ini penulis menekankan bahwa hal yang akan dibahas adalah :

1. Pembahasan hanya pada penghitungan waktu kerja yang tepat *thermal overload relay* Schneider Sepam T40 di pelanggan tegangan menengah jaringan 20kV Serpong terhadap gangguan beban lebih baik dari hasil pengujian secara langsung maupun dengan perhitungan menggunakan rumus dimana baik pengujian maupun perhitungan waktu kerja *thermal overload relay* menggunakan metode *cold start*.
2. Penentuan pengaturan yang tepat untuk waktu kerja pada *thermal overload relay* Schneider Sepam T40 dengan PLN dan disesuaikan dengan peraturan PLN mengenai pembatasan daya pelanggan dalam peraturan Tarif Dasar Listrik (TDL) PT PLN (Persero).

1.5 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.5.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui cara kerja *thermal overload relay* dalam membatasi beban lebih pada pelanggan.
2. Menghitung waktu kerja *thermal overload relay* Schneider Sepam T40 terhadap gangguan beban lebih.
3. Menentukan waktu kerja *thermal overload relay* yang tepat dan sesuai terhadap batas daya kontrak yang ditetapkan PLN pada pelanggan Tegangan Menengah (TM) untuk menghindari terjadinya kerugian akibat gangguan beban lebih terhadap pelanggan maupun PT PLN (Persero).

1.5.2 Manfaat Penelitian

Manfaat hasil studi ini diharapkan berhasil dengan baik dan dapat mencapai tujuan penelitian secara optimal dan mampu menghasilkan laporan yang sistematis dan bermanfaat secara umum.

1. Secara Praktis

- a. Studi ini diharapkan menambah ilmu pengetahuan pembaca tentang proteksi *thermal overload relay*.

2. Secara Teoritis :

- a. Studi ini diharapkan dapat menambah referensi mengenai *thermal overload relay*.
- b. Studi ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dalam proteksi *thermal overload relay* terhadap gangguan beban lebih.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab yang saling berkaitan yang disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut : BAB I (Pendahuluan) membahas mengenai latar belakang masalah, tujuan kerja magang, rumusan masalah, batasan masalah dan sistematika penulisan. BAB II (Landasan Teori) membahas mengenai tinjauan pustaka yang diperlukan penulis , sistem tenaga listrik dan teori-teori mengenai jenis-jenis gangguan yang terdapat pada jaringan tenaga listrik, sistem proteksi yang digunakan untuk mengatasi gangguan , dan kerangka pemikiran. BAB III (Metode Penelitian) membahas mengenai analisa kebutuhan dan metode-metode yang digunakan penulis, perancangan penelitian dan diagram alir, serta teknik perhitungan untuk menentukan besarnya waktu kerja yang dibutuhkan *thermal overload relay* saat terjadi gangguan beban lebih .BAB IV (Analisa Data) membahas mengenai data teknis pelanggan, spesifikasi relay dan alat penguji relay, simulasi langkah kerja untuk mengatur waktu kerja *thermal overload relay*, hasil pengujian dan perhitungan waktu kerja *thermal overload relay* dengan metode cold start, analisa perbandingan hasil pengujian lapangan dan hasil perhitungan .Bab V (Simpulan) membahas mengenai simpulan yang bisa diambil dari tugas akhir ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Untuk membantu pembuatan Proyek Akhir ini, dibutuhkan adanya beberapa referensi yang dapat menjadi acuan penulis dalam melakukan penelitian, yaitu sebagai berikut :

1. **Lukas Joko D.2014. OPTIMASI NILAI SETELAN RELE TERMAL SEBAGAI PENGAMAN MOTOR LISTRIK TERHADAP BEBAN LEBIH (Jurnal Orbith, Volume 10 Nomor 1).** Menjelaskan tentang bagaimana mengatur setelan thermal overload relay pada motor listrik agar sesuai dengan kebutuhan sebagai proteksi motor terhadap gangguan beban lebih dan juga setelan ideal arus pemutusan dan waktu kerja proteksi termal pada motor.
2. **Chetan S.Patil, Prashant A.Gite, & Pooja B.Pawar.2014. THERMAL OVERLOAD PROTECTION OF DISTRIBUTION TRANSFORMER (International Journal of Engineering Development and Research, Volume 3.** Menjelaskan tentang proteksi termal pada transformator dengan menggunakan *bimetallic switch* dan kontaktor yang disetting sedemikian rupa sebagai salah satu alat proteksi yang digunakan pada transformator.
3. **Hendy Pradika & Moediyono.2012. THERMAL OVERLOAD RELAY SEBAGAI PENGAMAN OVERLOAD PADA MINIATURE GARDU INDUK BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) CP1E-E40DR-A (Jurnal Gema Teknologi, Volume 17 Nomor.2).** Menjelaskan tentang penggunaan *thermal overload relay* pada miniatur gardu induk dengan karakteristik dan pengaturan yang dikerjakan disesuaikan dan dikoordinasikan melalui *programmable logic controller* (PLC) yang kemudian akan memerintahkan kontaktor untuk *trip* saat beban lebih yang terjadi pada peralatan telah melewati ambang batas nilainya.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

Pada umumnya energi listrik yang dihasilkan oleh pusat-pusat pembangkitan tenaga listrik (*electric power stations*) seperti : PLTA, PLTU, PLTG, dan PLTD kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step up transformer*) yang ada di pusat listrik. Hal ini seperti gambar 2,1 dibawah. Saluran transmisi tegangan tinggi di PLN kebanyakan mempunyai tegangan 66K KV, 150KV, dan 500 KV. Khusus untuk tegangan 500 KV dalam prakteknya saat ini disebut sebagai tegangan ekstra tinggi. Saluran transmisi yang ada berupa saluran udara, kabel tanah, dan kabel bawah laut. Sebagai tegangan distribusi primer, tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 KV, 12 KV, dan 6 KV. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga listrik di Gardu Induk (GI). Untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan menengah disebut dengan tegangan rendah 380/220 Volt. Kemudian disalurkan melalui jaringan tegangan rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah atau didistribusikan untuk digunakan oleh pemanfaat tenaga listrik. Dengan demikian unit distribusi ini menjadi suatu sistem tersendiri karena unit ini memiliki komponen peralatan yang saling berkaitan dalam operasinya untuk menyalurkan tenaga listrik. Perbedaan unit distribusi dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Sistem Distribusi Primer

Jaringan pada distribusi primer yang sering disebut sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20-24 KV.

Jaringan distribusi ini tegangan menengah berawal dari gardu induk atau pusat listrik. Pada beberapa tempat berawal dari pembangkit listrik. Bentuk jaringan dapat berbentuk radial atau

tertutup. Jaringan distribusi tegangan rendah berbentuk radial murni.

Sambungan tenaga listrik adalah bagian paling hilir dari sistem distribusi tenaga listrik. Pada sambungan tenaga listrik tersambung alat pembatas dari pengukur (APP) yang selanjutnya menyalurkan tenaga listrik kepada pemanfaat.

2. Sistem Distribusi Sekunder

Distribusi sekunder sering disebut dengan sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 380/220 Volt. Sistem distribusi sekunder dimulai dari sisi sekunder trafo step down pada gardu distribusi 20 KV dan berakhir pada sambungan rumah tegangan Rendah (TR). Melalui jaringan distribusi ini disalurkan tenaga listrik kepada para pengguna atau pelanggan listrik. Ruang lingkup distribusi JTR langsung berhubungan dan berada pada lingkungan daerah berpenghuni, maka selain harus memenuhi persyaratan aman terhadap pengguna dan akrab terhadap lingkungan. Untuk kabel sambungan rumah saat ini telah menggunakan *twisted* kabel dengan inti penghantar dari material aluminium dan tembaga. Penyaluran pada sistem distribusi sekunder ada 2 yaitu saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) dan Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

2.2.2 Sistem Jaringan Tegangan Menengah

Konstruksi jaringan tenaga listrik tegangan menengah dapat dikelompokkan sebagai berikut

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) berfungsi menyalurkan daya listrik dari gardu induk ke gardu-gardu distribusi atau pelanggan tegangan menengah dan dari gardu-gardu distribusi ke gardu distribusi lain melalui saluran udara tegangan menengah dengan tegangan kerja 20 kV, Saluran

udara tegangan menengah adalah saran untuk menyalurkan daya listrik yang dipasang diudara dan ditempatkan di atas tiang biasanya menggunakan jenis penghantar telanjang harus memperhatikan faktor-faktor yang terkait dengan keselamatan ketenagalistrikan, seperti jarak aman minimum antar fasta penghantar bertegangan 20 kV atau dengan pohon dan dengan jangkauan manusia, untuk menghindari dari terjadinya gangguan yang dapat mengurangi keandalan penyaluran tenaga listrik.

2. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Saluran kabel tegangan menengah adalah konstruksi kabel bawah tanah yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan menengah dengan tegangan kerja 20 kV, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama karena posisi jaringan yang berada dibawah tanah. Penggunaan saluran kabel bawah tanah ini merupakan sarana untuk meningkatkan kualitas distribusi, dibandingkan dengan saluran udara tegangan menengah, penggunaan saluran kabel bawah tanah akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat faktor eksternal atau meningkatkan keamanan ketenagalistrikan.

Saluran kabel tegangan menengah memiliki kabel yang berupa kawat yang berisolasi XLPE sehingga tahan terhadap tegangan tertentu antara satu penghantar dengan penghantarlainnya, maupun penghantar dengan tanah yang dibungkus suatu pelindung, sehingga terhindar dari pengaruh keadaan dari gangguan dalam tanah

2.2.3. Jenis-Jenis Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

1. Gangguan Beban Lebih (*Over Load*)

Beban lebih mungkin tidak tepat disebut sebagai gangguan. Namun karena beban lebih adalah suatu keadaan abnormal yang apabila dibiarkan terus berlangsung dapat membahayakan peralatan, jadi harus diamankan, maka beban lebih harus ikut ditinjau.

Beban lebih dapat terjadi pada trafo atau pada saluran karena beban yang dipasoknya terus meningkat, atau karena adanya maneuver atau perubahan aliran beban di jaringan setelah adanya gangguan. Beban lebih dapat mengakibatkan pemanasan yang berlebihan yang selanjutnya panas yang berlebihan itu dapat mempercepat proses penuaan atau memperpendek umur peralatan listrik.

2. Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit*)

Gangguan hubung singkat dapat terjadi antara fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau antara 1 fasa ke tanah, dan dapat bersifat temporer (*non persistent*) atau permanent (*persistent*). Gangguan yang permanent misalnya hubung singkat yang terjadi pada kabel, belitan trafo atau belitan generator karena tembusnya (*break down*) isolasi padat. Gangguan temporer misalnya akibat *flashover* karena sambaran petir, pohon, atau tertiup angin.

Gangguan hubung singkat dapat merusak peralatan secara termis dan mekanis. Kerusakan termis tergantung besar dan lama arus gangguan, sedangkan kerusakan mekanis terjadi akibat gaya tarik-menarik atau tolak menolak.

Jenis-Jenis gangguan hubung singkat :

- a. Hubung singkat 1 fasa ke tanah
- b. Hubung singkat 2 fasa (antar fasa)
- c. Hubung singkat 2 fasa ke tanah
- d. Hubung singkat 3 fasa
- e. Hubung singkat 3 fasa ke tanah

3. Gangguan Tegangan Lebih

Gangguan tegangan lebih terjadi akibat adanya kelainan dalam sistem tenaga listrik. Gangguan Tegangan lebih dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Tegangan lebih dengan *power frequency*

Timbulnya tegangan lebih dengan *power frequency*, dapat terjadi karena :

- 1). Kehilangan beban atau penurunan beban di jaringan akibat *switching*, karena gangguan atau karena manuver.
- 2). Gangguan pada AVR (*Automatic Voltage Regulator*) pada generator atau pada *on load tap changer* dari transformator.
- 3). *Over speed* pada generator karena kehilangan beban.

b. Tegangan lebih transient

Tegangan lebih transient biasa terjadi diakibatkan karena faktor alam dan dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

- 1). Surja Petir (*Lightning surge*)
- 2). Surja Hubung (*Switching surge*)

4. Gangguan Kurangnya Daya

Kekurangan daya dapat terjadi karena tripnya unit pembangkit (akibat gangguan di prime movernya atau di generator) atau gangguan hubung singkat di jaringan yang menyebabkan kerjanya relay dan *circuit breaker* yang berakibat terlepasnya suatu pusat pembangkit dari sistem. Jika kemampuan atau tingkat pembebanan pusat atau unit pembangkit yang hilang atau terlepas tersebut melampaui *spinning reserve system*, maka pusat-pusat pembangkit yang masih ada akan mengalami pembebanan yang berlebihan sehingga frequency akan merosot terus, yang bila tidak diamankan akan mengakibatkan tripnya unit pembangkit lain (*cascading*) yang selanjutnya dapat berakibat runtuhnya (*collapse*) sistem (pemadaman total).

5. Gangguan Ketidakstabilan (*Instability*)

Gangguan hubung singkat atau kehilangan pembangkit dapat menimbulkan ayunan daya (*power swing*) atau yang lebih hebat dapat menyebabkan unit-unit pembangkit lepas sinkron (*out of synchronism*). *Power swing* dapat menyebabkan relai pengaman salah kerja yang selanjutnya menyebabkan

gangguan yang lebih luas. Lepas sinkron dapat mengakibatkan berkurangnya pembangkit karena tripnya unit pembangkit tersebut atau terpisahnya sistem, yang selanjutnya dapat menyebabkan gangguan yang lebih luas bahkan runtuh (*collapse*).

2.2.4. Sistem Proteksi

Sistem pengaman (*protection system*) bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya, dan keselamatan umum yang disebabkan karena gangguan dan meningkatkan kelangsungan pelayanan pada konsumen. Sistem proteksi atau pengaman suatu tenaga listrik yang membantu suatu pola pengaman tidak hanya relai pengaman saja tetapi juga Trafo Arus (*Current Transformer*) dan Trafo Tegangan (*Voltage Transformer*) yang merupakan sumber informasi dari relai pengaman. Sumber daya (*DC Supply*) yang merupakan sumber untuk mengoperasikan relai pengaman dan pemutus tenaga (*Circuit Breaker*) yang akan menerima perintah akhir dari relai pengaman.

Sistem proteksi atau pengaman tenaga listrik adalah suatu kesatuan antara komponen yang saling berhubungan dan bekerja sama-sama untuk tujuan dalam mengatasi permasalahan yang terjadi yang disebabkan oleh gangguan-gangguan yang terjadi dalam sistem operasi komponen peralatan pengaman.

1. Macam-Macam Alat Pengaman

a. Pengaman lebur (*Fuse*)

Merupakan pengaman bagian dari saluran dan peralatan dari gangguan hubungan singkat antar fasa. (dapat pula sebagai pengaman hubungan tanah bagi sistem yang ditanahkan langsung dan bagian peralatan pada sistem dengan tahanan rendah).

b. Relai arus lebih (*Over Current Relay*)

Merupakan pengaman utama sistem terhadap gangguan hubung singkat antar fasa (dan hubungan tanah bagi sistem yang ditanahkan langsung).

c. Relai gangguan tanah (*Ground Fault Relay*)

Pengamanan utama terhadap gangguan hubung tanah bagi sistem yang ditanahkan langsung dan ditanahkan dengan tahanan rendah maupun tahanan tinggi

d. Relai Beban Lebih (*Over Load Relay*)

Merupakan alat pengaman dan pembatas yang digunakan adalah peralatan *switching* yang peka terhadap suhu dan akan membuka atau menutup kontaktor pada saat suhu yang terjadi melebihi batas yang ditentukan atau peralatan kontrol listrik yang berfungsi untuk memutuskan jaringan listrik jika terjadi beban lebih.

e. *Recloser*

Pengaman pelengkap untuk membebaskan gangguan yang bersifat temporer.

f. Pemisah manual

Alat pemutus untuk alat pemutus untuk mengurangi daerah yang padam karena gangguan dan mengurangi lamanya pemadaman.

g. AS (*Automatic Sectionalizer*)

Alat pemutus otomatis untuk mengurangi atau membatasi daerah yang padam karena gangguan.

h. Indikator gangguan merupakan untuk mempercepat lokalisasi gangguan.

i. Peralatan bantu untuk pengaman, terdiri dari :

- 1). Transformator arus merupakan pengaman sistem dari gangguan dan meneruskan arus dari sirkit sistem tenaga listrik ke sirkit relai.
- 2). Relai pengaman merupakan sebagai elemen perasa yang *signal* nya diperoleh dari trafo arus.

- 3).Pemutus tenaga merupakan sebagai pemutus arus untuk mengisolir sirkit terganggu.
- 4).Batterai atau *accumulator* merupakan sebagai sumber tenaga untuk memutuskan pemutus tenaga (PMT)

2.2.5. Relai Proteksi

Secara umum relai proteksi harus bekerja sesuai dengan yang diharapkan dengan waktu yang cepat dan tepat sehingga tidak akan mengakibatkan kerusakan, ataupun jikalau pada suatu peralatan terjadi kerusakan, dapat secara dini telah diketahui. Selain itu relai proteksi juga dapat difungsikan sebagai pencegah dan pembatas terjadinya kerusakan yang lebih parah apabila terjadi gangguan pada peralatan.

Relai proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan ataupun mengukur adanya gangguan melalui CT (*current transformator*) pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan secara otomatis memberi perintah untuk membuat pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi syarat berupa lampu dan bel. Dengan besaran yang telah ditentukan kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga. Pemutus tenaga umumnya dipasang pada generator, transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi dan sebagainya supaya masing-masing bagian sistem dapat dipisahkan sedemikian rupa sehingga sistem lainnya tetap dapat beroperasi secara normal dan memiliki proteksinya masing-masing.

Relai proteksi berfungsi menunjukan lokasi dan macam gangguannya. Dengan data tersebut memudahkan analisa dari gangguannya. Dalam beberapa hal relai hanya memberi tanda adanya gangguan atau kerusakan, jika dipandang dari gangguan

atau kerusakan tersebut yang tidak membahayakan maka relai proteksi pada sistem tenaga listrik berfungsi untuk :

- a. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu melalui CT (*current transformator*) serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lain yang tidak terganggu dapat beroperasi secara normal.
- b. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang lain yang tidak terganggu didalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.
- c. Memperkecil bahaya bagi manusia.

1. Syarat-Syarat Relai Proteksi

Dalam perencanaan sistem proteksi, maka untuk mendapatkan suatu sistem proteksi yang baik diperlukan persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

a. Sensitif.

Suatu relai proteksi bertugas mengamankan suatu alat atau suatu bagian tertentu dari suatu sistem tenaga listrik, alat atau bagian sistem yang termasuk dalam jangkauan pengamanannya. Relai proteksi mendeteksi adanya gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan harus cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan tersebut dengan rangsangan minimum dan bila perlu hanya mentripkan pemutus tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu, sedangkan bagian sistem yang sehat dalam hal ini tidak boleh terbuka.

b. Selektif.

Selektivitas dari relai proteksi adalah suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan. Bagian yang terbuka dari suatu sistem oleh karena terjadinya gangguan harus sekecil mungkin, sehingga daerah yang terputus menjadi lebih kecil. Relai proteksi hanya akan bekerja selama kondisi tidak normal atau gangguan yang terjadi

didaerah pengamanannya dan tidak akan bekerja pada kondisi normal atau pada keadaan gangguan yang terjadi diluar daerah pengamanannya

c. Cepat.

Makin cepat relai proteksi bekerja, tidak hanya dapat memperkecil kemungkinan akibat gangguan, tetapi dapat memperkecil kemungkinan meluasnya akibat yang ditimbulkan oleh gangguan.

d. Handal.

Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu relai proteksi tidak bekerja selama berbulan-bulan mungkin bertahun-tahun, tetapi relai proteksi bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab apabila relai gagal bekerja dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada peralatan yang diamankan atau mengakibatkan bekerjanya relai lain sehingga daerah itu mengalami pemadaman yang lebih luas.

e. Ekonomis.

Dengan biaya yang sekecilnya-kecilnya diharapkan relai proteksi mempunyai kemampuan pengamanan yang sebesar-besarnya.

f. Sederhana.

Perangkat relai proteksi disyaratkan mempunyai bentuk yang sederhana dan fleksibel

2. Bagian Umum Relai Proteksi

Relai proteksi umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu :

a. Bagian perasa (*sensing element*)

Merupakan bagian pada relay yang akan menjadi tempat perasa dimana terjadi perubahan dari besaran ukur yang diraskan selanjutnya diteruskan kebagian pembanding.

b. Bagian pembanding (*comparing element*)

Merupakan bagian pada relai yang akan membandingkan dan menentukan apakah besaran ukur itu masih dalam keadaan normal atau tidak.

c. *Bagian control*

Merupakan bagian pada relai yang akan mengatur perintah untuk memutus *circuit breaker* (PMT) atau pemberi tanda atau signal diatur dan dilaksanakan.

2.2.6. Thermal Overload Relay (TOR)

Thermal relay atau *overload relay* adalah alat pengaman dan pembatas melalui CT (*current transformator*) yang untuk pelanggan (TM/TM/TM atau TM/TM/TR) yang memiliki fungsi, yaitu sebagai pembatas dengan mempergunakan karakteristik *thermal* dan sebagai pengaman mempergunakan karakteristik instant atau momen (cepat), dengan pengaman *Over Current Relay*.

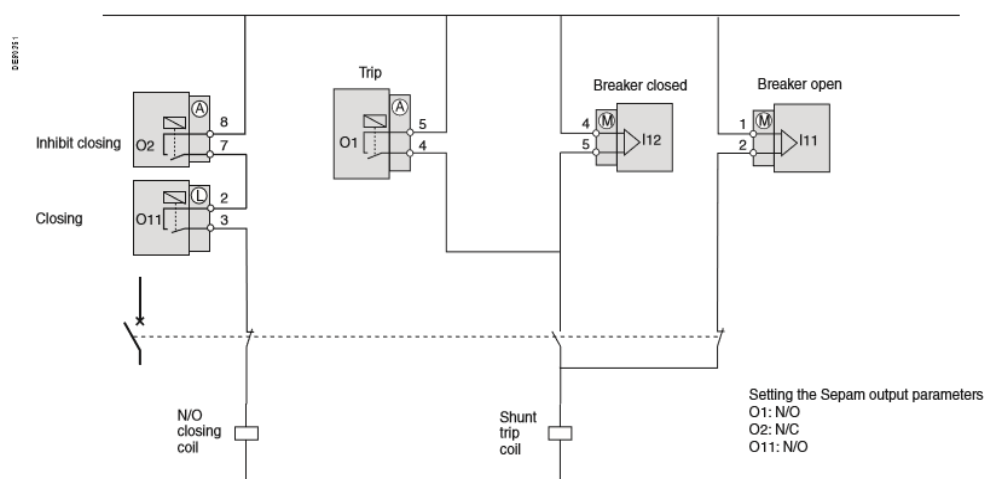
Thermal overload mengamankan rangkaian dari arus lebih yang diakibatkan beban yang terlalu besar dengan jalan memutuskan rangkaian ketika arus yang melebihi setting melewatinya. *Thermal overload* berfungsi untuk memproteksi rangkaian listrik dan komponen listrik dari kerusakan karena terjadinya beban lebih. Beban lebih terjadi karena adanya hubung singkat (*short circuit*) ataupun karena pembebanan yang berlebihan pada jaringan

Thermal overload memproteksi rangkaian pada ketiga fasanya (untuk rangkaian tiga fasa) baik yang menggunakan sistem bimetal maupun yang menggunakan sistem elektronik tanpa suplai terpisah (maksudnya *thermal overload* elektronik ini tidak membutuhkan sumber daya listrik secara khusus) dan mempunyai sensitifitas terhadap hilangnya fasa yang bekerja dengan sistem diferensial (tidak langsung trip pada kasus terjadinya hilang satu fasa), namun apabila dibutuhkan rangkaian untuk trip segera saat kehilangan satu fasa, maka perlu diperlukan tambahan alat proteksi lain.

Thermal overload ini bisa dipasangkan langsung dengan kontaktornya maupun terpisah sehingga sangat fleksibel untuk pemasangannya di dalam panel. Pemilihan jenis *thermal overload* ditentukan oleh rating/setting arus sesuai dengan arus nominal rangkaian pada beban penuh dan kelas trip-nya.

1.Prinsip Kerja TOR

Sesuai dengan namanya proteksi ini menggunakan panas sebagai pembatas arus. Alat ini sangat banyak dipergunakan saat ini. Biasanya disebut TOR, *Thermis* atau *overload relay*. Cara kerja alat ini adalah dengan menkonversi arus gangguan yang diterima melalui CT (*current transformator*) menjadi panas untuk mempengaruhi bimetal. Bimetal inilah yang menggerakkan tuas untuk menghentikan aliran listrik pada *tripping coil* PMT. Sehingga PMT akan membuka kontak-kontaknya dan menghentikan sementara pemberian daya kepada pelanggan yang mengalami gangguan . Pembatasan dilakukan dengan mengatur besaran arus pada dial di alat tersebut. TOR bekerja berdasarkan prinsip pemuaian dan benda bimetal. Apabila benda terkena arus yang tinggi, maka benda akan memuai sehingga akan melengkung dan memutuskan arus.



Gambar 2.1 Kondisi kerja *Thermal Overload Relay*

2.2.7. Hubungan *Thermal overload relay* Dengan Pembatasan Daya Pelanggan

Sesuai dengan tabel 2.1 mengenai persyaratan tarif dasar listrik (TDL) , tentang pembatasan daya listrik pada pelanggan Tegangan Menengah (TM) mempunyai bentuk dan karakteristik sebagai berikut: Pemutus tenaga (*circuit-breaker*) tegangan menengah yang dilengkapi dengan relai beban Lebih 3 (tiga) fasa yang mempunyai karakteristik waktu yang mengacu kepada rumus *cold start* dari karakteristik thermis relai beban lebih (*over load relay*) yang disesuaikan pada arus nominal untuk daya tersambung (I_n). Dalam hal ini PLN telah mengatur batasan waktu terhadap gangguan beban lebih sebelum akhirnya pemutus tenaga akan memutus sementara pemberian daya terhadap pelanggan yang mengalami gangguan beban lebih tersebut.

Tabel 2.1 Persyaratan Tarif Dasar Listrik PT PLN (Persero)

Pembatas TDL	
$1,05 \times I_n$	Tidak trip belum 60 menit
$1,20 \times I_n$	Trip Sebelum 20 'menit
$1,50 \times I_n$	Trip Sebelum 10 menit
$4,00 \times I_n$	Dikoordinasikan dengan pengaman hubung singkat (OCR).

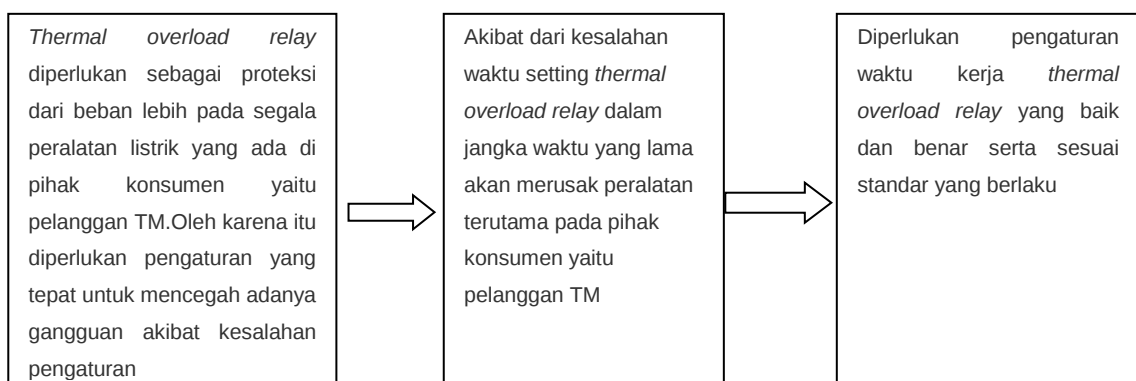
Karena pembatas arus beban pelanggan dengan Relai Beban Lebih (*Over Load Relay*) tidak dapat mengamankan peralatan Instalasi tenaga dari kerusakan (mekanis, termis) akibat arus gangguan hubung singkat yang besar, maka Instalasi tenaga harus dipasang pengaman hubung singkat menggunakan relai Pengaman Hubung Singkat (Relai Arus Lebih, *Over Current Relay*)

Setelan arus x setelan waktu dari relai arus lebih tidak boleh menggagalkan karakteristik yang dibentuk oleh relai pembatas daya, namun harus tetap dapat mengamankan peralatan instalasi tenaga (kabel, konduktor, transformator) dari arus gangguan hubung singkat. Dalam hal kapasitas (rating) peralatan instalasi tenaga (kabel, konduktor, transformator) tidak memungkinkan untuk koordinasi relai pembatas dan relai pengaman hubung singkat secara selektif, maka prioritas setelan (padanan kata '*setting*') diutamakan untuk untuk pengaman hubung singkat.

Dalam keadaan beroperasi instalasi tenaga juga dapat mengalami gangguan pentanahan yang diakibatkan kebocoran arus dan tegangan. Oleh karena itu, maka instalasi tenaga juga harus dipasang relay arus gangguan pentanahan (*Ground Fault Relay*). Dalam penyetelannya harus diperhatikan agar saat pengoperasiannya selektif pada saat arus inrush dan gangguan fasta ke tanah serta ketidakseimbangan beban..

2.2 Kerangka Pemikiran

Untuk mempermudah pemahaman yang dilakukan di dalam penelitian, tugas akhir ini maka digunakan bagan seperti ditunjukkan oleh gambar 2.2 sebagai berikut :



Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran

