

**ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI ARUS LEBIH DI
PT.INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA P-12 TARJUN DI BAGIAN
QUARRY FDR S/s LSS 3 MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6**

Aditiya Setiawan

20140120003

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

JL Lingkar Selatan Tamantirto Kasihan Bantul, (0274) 387656

eka.eza4@gmail.com

ABSTARK -

PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tarjun, Tbk Plant 12 is the largest cement company in Kalimantan. The growing industrial world in the field of cement that is very rapidly will greatly affect the speed of the economy and thus the increase in the field of electricity will be more felt. PT. Indocement Tunggal Prakarsa Plant 12 located in Kalimantan requires a reliable electrical system, both in terms of its power supply, in terms of backup of installed electrical systems, as well as safeguards that meet the electricity standards. Contained in this very closely related to the short circuit that occurs, in the short-circuit settlement is not desired then the protection of the current relays more with good coordination protection and reliable required, the coordination of the protection of the current relay is more necessary in order to occur short circuit occurs in the field no widespread damage occurred in its electricity and existing industrial equipment. To maintain the condition of electric power system in optimum absence, a re-study of the coordination of current relational protection in PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk Plant 12.

This final project will discuss about coordination analysis of overcurrent relay protection at PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk. In analyzing the coordination of overcurrent protection then using several methods in a more coordinated way with coordination protection ressetting using ETAP software and also ressetting coordination protection over current relays using manual calculations. After doing the comparison it can be seen more current relay protection installed in the field there are some that do not work well. It is pronounced in the work of existence. Which does not match the standard ie 0.2 - 0.35 seconds from the IEEE.

Keywords: Industry, Coordination of Protection, Quick Relations, Over Flow Relay

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat dan dimana listrik merupakan kebutuhan primer dari berbagai macam kegiatan manusia dimana kualitas dan kontinuitas dalam pelayanan penyediaan listrik menjadi hal yang sangat penting. Hal ini sangat menuntut penyediaan energi listrik untuk meningkatkan keandalannya dalam penyaluran energi listrik terhadap beban yang terpasang. Didalam kehidupan manusia zaman sekarang yang semakin modern penggunaan energi listrik sangat memiliki peranan penting baik pada sektor rumah tangga, penerangan, komunikasi, industri dan sebagainya.

PT. Indocement Tungal Pakarsa, Tbk P-12 harus memiliki koordinasi proteksi yang baik dalam menanggulangi/mencegah hubung singkat yang terjadi. Untuk meningkatkan keandalan pada sistem kelistrikan serta juga meminimalisir adanya gangguan, diperlukan koordiansi proteksi relai arus lebih yang lebih baik. Koordiansi proteksi relai arus lebih bertujuan untuk meminimalisir dampak yang diakibatkan hubung singkat dengan adanya koodinasi proteksi yang lebih baik maka akan membuat sistem proteksi bisa lebih selektif dan deskriminatif bila sering terjadi gangguan yang bisa mengakibatkan kerusakan sistem dan peralatan listrik dan dengan adanya koordinasi proteksi proteksi bisa mengalokasikan gangguan maupun menjaga sistem agar tetap baik, serta menghindari dari rusaknya peralatan sehingga kualitas dan kuantits produk yang dihasilkan tetap terjaga.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan suatu proses penyaluran energi listrik dari jaringan transmisi ke pelanggan yang membutuhkan energi listrik. Sistem distribusi tenaga listrik dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer ialah jaringan distribusi tegangan menengah dimana berasal dari jaringan transmisi yang diturunkan tegangannya dari gardu induk menjadi tegangan 20 kV atau jaringan menengah lalu di salurkan ke semua lokasi pelanggan listrik.

2. Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder ialah jaringan distribusi yang disalurkan ke pelanggan setelah diturunkan tegangannya menjadi tegangan rendah yaitu 220 V atau 380 V. Sistem distribusi sekunder akan meliputi transformator yang dimana transformator berfungsi sebagai penurun tegangan untuk disalurkan ke pelanggan listrik.

2.2 Sistem Proteksi Tenaga Listrik

1. Pengertian Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Sistem proteksi tenaga listrik ialah sistem proteksi yang terpasang pada semua peralatan-peralatan tenaga listrik, seperti pada generator, transformator, jaringan distribusi/transmisi, isolasi dan lain-lain pada peralatan sistem tenaga listrik. Agar semua sistem proteksi berada pada kondisi abnormal, yang dimaksud abnormal pada sistem proteksi tenaga listrik ialah hubung singkat, tegangan lebih/kurang, beban lebih, frekuensi sistem naik/turun, dan lain-lain.

2. Tujuan Sistem Proteksi Tenaga Listrik

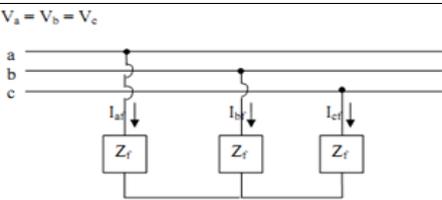
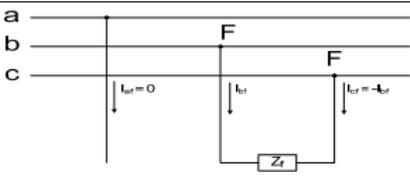
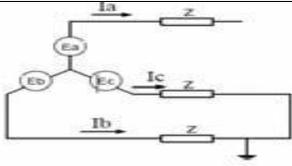
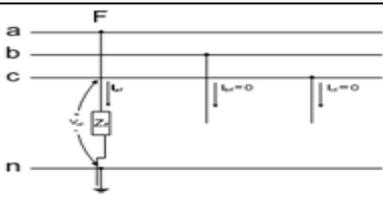
Adapun tujuan dari sistem proteksi tenaga listrik:

- a. Untuk menjaga dan mengurangi kerusakan peralatan listrik yang ditimbulkan dari gangguan yang terjadi.
- b. Untuk mengisolir gangguan yang terjadi agar tidak melebar menjadi semakin luas.
- c. Memberikan sistem pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi dan handal untuk disalurkan kekonsumen.
- d. Mengamankan dari bahaya yang ditimbulkan listrik terhadap manusia,

2.3 Hubung Singkat

1 Jenis Gangguan Hubung Singkat

Pada gangguan hubung singkat yang mungkin bisa terjadi pada sistem tenaga listrik dibagi atas beberapa jenis hubung singkat yang ada diantaranya ada hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, 2 fasa ketanah dan juga 1 fasa ke tanah. Pada intinya arus gangguan yang memiliki arus paling besar yaitu pada gangguan hubung singkat 3 fasa. Adapun digambarkan jenis-jenis gangguan hubung singkat sebagai berikut:

No	Gangguan Hubung Singkat	Gambar Rangkaian
1.	Hubung singkat 3 fasa	
2.	Hubung singkat 2 fasa	
3.	Hubung singkat 2 fasa ke tanah	
4.	Hubung singkat 1 fasa ke tanah	

2. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan arus hubung singkat dengan cara penentuan rating peralatan pengaman pada suatu sistem tenaga listrik dimulai dengan studi hubung singkat agar mendapatkan peralatan proteksi yang handal dan baik.

Rumus hubung singkat yaitu:

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana:

I = Arus yang mengalir pada hambatan Z (A)

V = Tegangan Sumber (V)

Z = Impedansi jaringan (Ohm)

(Heri: *Proteksi Penyulang Tegangan Menengah*, 2004).

Hal yang membedakan antara gangguan hubung singkat tiga fasa, hubung singkat dua fasa, dan hubung singkat satu fasa ke tanah adalah impedansi ekuivalen yang terbentuk. Impedansi ekuivalen yang terbentuk dapat ditunjukkan seperti berikut ini:

$$Z \text{ gangguan 3 fasa} \quad Z = Z_1$$

$$Z \text{ gangguan 2 fasa} \quad Z = Z_1 + Z_2$$

$$Z \text{ gangguan 1 fasa ketanah} \quad Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

Dimana ;

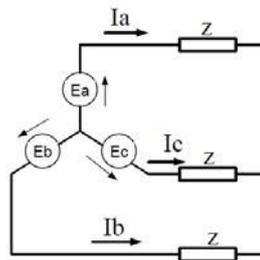
Z_1 = Impedansi urutan positif (Ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (Ohm)

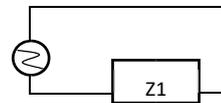
Z_3 = Impedansi urutan nol (Ohm)

a. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Rangkaian gangguan tiga fasa pada suatu jaringan dengan hubungan transformator tenaga YY pada gambar 2.8 dan gambar 2.9.



Gambar 2.8 Rangkaian Ekivalen Hubung Singkat Tiga Fasa



Gambar 2.9 Hubungan Jala-Jala Urutan untuk Hubung Singkat Tiga Fasa

Dari gambar 2.7 dan gambar 2.8 didapatkan persamaan arus hubung singkat tiga fasa adalah:

$$I_{3fasa} = \frac{C \times V_{in}}{Z_{1eki}}$$

Dimana:

I_{3fasa} = Arus gangguan hubung singkat tiga fasa (A)

V_{ln} = Tegangan fasa-netral (V)

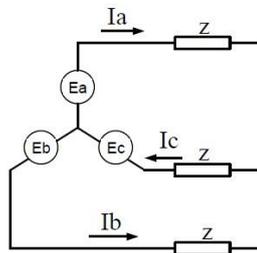
Z_{1eki} = Impedansi ekivalen urutan positif (Ohm)

C = Faktor Tegangan

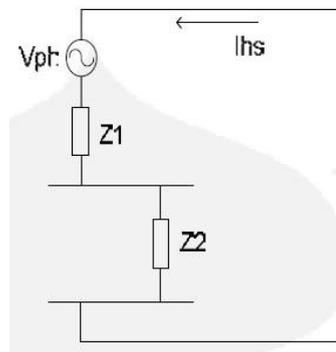
(IEC 60909: *Calculation Of Short-Circuit Currents*).

b. Perhitungan Arus Hubung Sngkat Dua Fasa

Rangkaian hubungan singkat dua fasa pada saluran tenaga dengan hubungan transformator YY ditunjukkan pada gambar 2.10 dan gambar 2.11.



Gambar 2.10 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa



Gambar 2.11 Hubungan Jala-Jala Urutan untuk Hubung Singkat Dua Fasa

Persamaan pada kondisi gangguan hubung singkat 2 fasa adalah sebagai berikut:

$$V_s = V_t$$

$$I_s = I_t$$

$$I_r = 0$$

Sehingga arus gangguan hubung singkat dua fasa dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{2\text{ fasa}} = \frac{C \times V_{11}}{Z_{1eki} + Z_{2eki}}$$

$$I_{2\text{ fasa}} = 0,866 X I_{3\text{ fasa}}$$

$I_{2\text{ fasa}}$ = Arus gangguan hubung singkat dua fasa (A)

$I_{3\text{ fasa}}$ = Arus gangguan hubung singkat tiga fasa (A)

V_{ll} = Tegangan fasa-fasa (V)

V_{ln} = Tegangan fasa-netral (V)

$Z_{1\text{ eki}}$ = Impedansi ekivalen urutan positif (Ohm)

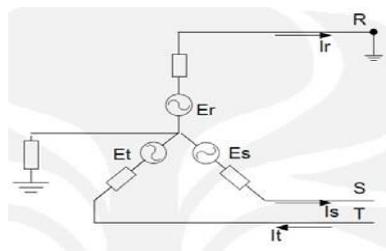
$Z_{2\text{ eki}}$ = Impedansi ekivalen urutan negatif (Ohm)

C = Faktor Tegangan (1.05 untuk tegangan kurang dari 1kV, 1.1 untuk tegangan lebih dari 1kV)

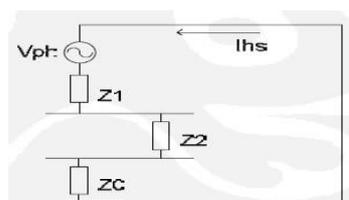
(IEC 60909: *Calculation Of Short-Circuit Currents*).

c. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Rangkaian hubung singkat satu fasa ke tanah pada sistem tenaga dengan hubungan transformator YY dengan netral ditanahkan ditunjukkan pada gambar 2.12 dan gambar 2.13.



Gambar 2.12 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah



Gambar 2.13 Hubungan Jala-Jala Urutan untuk Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Persamaan pada kondisi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah adalah sebagai berikut :

$$I_{1\text{ fasa}} = \frac{3 \times V_{ln}}{2Z_{1eki} + Z_{0eki}}$$

Dimana:

$I_{1\text{ fasa}}$ = Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (A)

V_{ln} = Tegangan fasa-netral (V)

Z_{1eki} = Impedansi ekivalen urutan positif (Ohm)

Z_{2eki} = Impedansi ekivalen urutan negatif (Ohm)

Z_{0eki} = Impedansi ekivalen urutan nol (Ohm)

(Heri: *Proteksi Penyulang Tegangan Menengah*, 2004).

2.2.3.4 Perhitungan Impedansi

a. Impedansi Generator

Pada perhitungan impedansi generator nilai yang dipakai adalah harga reaktansi subtransient (X''_d). Langkah pertama untuk mencari nilai reaktansi subtransient adalah dengan mencari nilai impedansi pada 100%, yaitu menggunakan persamaan:

$$X_g (\text{ pada } 100 \%) = \frac{kV^2}{MVA}$$

Dimana:

X_g = Impedansi Generator (Ohm)

kV^2 = Tegangan Pembangkitan Generator (kV)

MVA = Kapasitas Daya Pembangkitan Generator (MVA)

(Mets-Noblat et al: *Cahier Technique Schneider Electric*, 2005).

Sedangkan untuk nilai resistansi dari generator, diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_g = \frac{X'' d}{\frac{X}{R}}$$

Dimana:

R_g = Resistansi dari generator (Ohm)

X/R = Rasio X/R , 20 untuk kapasitas generator 100MVA, 14.29 untuk kapasitas generator 100MVA, dan 6.67 untuk semua generator yang memiliki tegangan 1kV.

(IEC 60909: *Calculation Of Short-Circuit Currents*).

b. Impedansi Trafo

Pada perhitungan impedansi trafo nilai yang dipakai adalah harga reaktansi. Langkah pertama untuk mencari nilai reaktansi adalah dengan mencari nilai impedansi pada 100%, yaitu menggunakan persamaan:

$$X_t \text{ (pada 100 \%)} = \frac{kV^2}{MVA}$$

Dimana:

X_t = Impedansi Trafo (Ohm)

kV^2 = Tegangan sisi primer/sekunder trafo (kV)

MVA = Kapasitas Daya Trafo (MVA)

(Heri: *Proteksi Penyulang Tegangan Menengah*, 2004).

Untuk menghitung reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{11} = X_{12}$) dihitung menggunakan persamaan:

Dimana:

X_t = Impedansi Trafo (Ohm)

$\%X_t$ = Presentase Reaktansi Trafo pada spesifikasi (%)

(Heri: *Proteksi Penyulang Tegangan Menengah*, 2004).

c. Impedansi Motor Induksi

Untuk mencari impedansi motor menggunakan perhitungan impedansi, reaktansi dan resistansi dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$Z_m = \left(\frac{1}{\left(\frac{ILRC}{IFLC} \right)} \right) X \left(\frac{v^2 m \cos}{p_m} \right)$$

$$X_m = \sqrt{Z_m^2 + R_m^2}$$

Dimana :

Z_m = Nilai impedansi motor (Ohm).

X_m = Reaktansi motor (Ohm).

R_m = Resistensi motor (Ohm).

$ILRC$ = Nilai arus *lock rotor* motor (A).

$IFLC$ = Nilai arus *full load* (beban penuh) motor (A).

V_m = Nilai tegangan nominal motor (V).

P_m = Nilai rating daya motor (W).

$\cos \phi_m$ = Nilai faktor daya motor saat beban penuh.

$\cos \phi_s$ = Nilai faktor daya motor saat starting.

(IEC 60909: *Calculation Of Short-Circuit Currents*).

d. Impedansi Penyulang

Untuk perhitungan impedansi penyulang menggunakan perhitungan impedansi per km dari penyulang yang akan kita hitung.

$$Z_1 = Z_2 = \text{impedansi kabel per km} \times \frac{\text{panjang penyulang}}{1000}$$

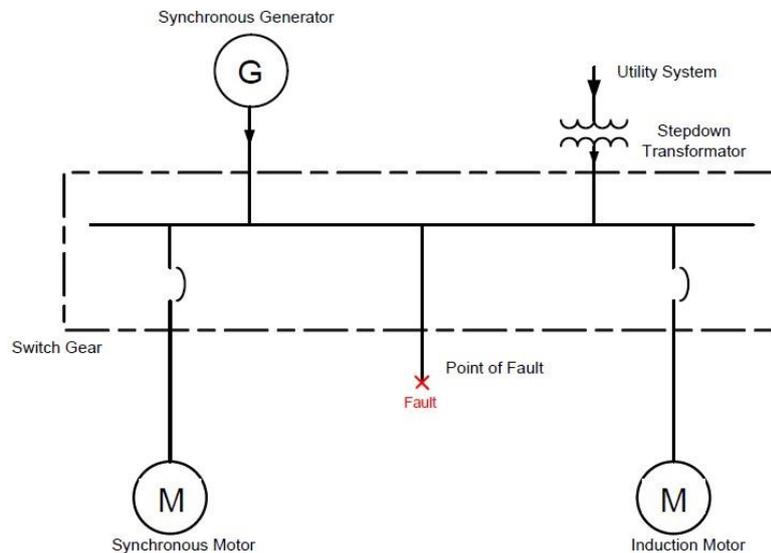
Z_1 = Impedansi urutan positif

Z_2 = Impedansi urutan negatif

(IEC 60909: *Calculation Of Short-Circuit Currents*).

2.4 Sumber Arus Gangguan

Besar arus hubung singkat bergantung pada besar sumber yang membangkitkan sistem, nilai resistansi peralatan dan nilai reaktansi sistem keseluruhan sampai ke titik gangguan. Sumber arus hubung singkat dapat berasal dari sistem pembangkit (PLN), generator, motor sinkron dan motor induksi.



Gambar 2.14 *Kontribusi Arus Hubung Singkat*

1. Sistem Pembangkit PLN

PLN memberikan suplai daya pada pelanggan khususnya industri melalui trafo (step down) dari jaringan distribusi tegangan menengah ke tegangan yang

dipakai oleh konsumen. Trafo sering sekali dimengerti sebagai sumber hubung singkat, tentu saja hal ini sama sekali tidak benar. Trafo Distribusi hanya mengubah (menaikkan/menurunkan) level tegangan dan besar arus. Arus hubung singkat yang melewati trafo bergantung pada besar tegangan sekundernya dan persen reaktansinya.

2. Generator

Generator adalah alat pembangkit energi listrik yang bekerja mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Selain mendapat suplai daya dari PLN sebagai sistem pembangkit listrik utama, beberapa industri besar juga memiliki suplai daya sendiri dari generator yang dapat berfungsi :

- a. Sebagai unit cadangan (*emergency*) yang dijalankan pada saat keadaan darurat atau saat terjadi pemadaman pada sistem pembangkit utama (PLN).
- b. Sebagai unit pembangkit bantuan yang dapat membantu suplai daya listrik dari PLN pada saat beban puncak (*peak load*).

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat, generator memberi kontribusi terhadap besar arus hubung singkat yang terjadi. Generator digerakkan oleh penggerak mula (*prime mover*). Ketika hubung singkat terjadi, generator akan terus dikendalikan oleh *prime mover* dan tetap menghasilkan tegangan selama medan eksitasinya tetap dipertahankan dan selama putaran generator pada kecepatan normal. Tegangan yang dihasilkan ini menghasilkan arus besar yang mengalir ke titik gangguan. Arus yang mengalir ini hanya dibatasi oleh impedansi generator dan impedansi rangkaian dari generator sampai ke titik gangguan.

Reaktansi generator berganti secara *transient* seiring dengan waktu setelah awal terjadinya gangguan. Adapun jenis nilai reaktansinya adalah sebagai berikut:

- a. X''_d = Reaktansi Sub transient / Sub transient Reactance

X''_d adalah nilai reaktansi yang menentukan besar arus hubung singkat sesaat setelah terjadi gangguan.

b. X'_d = Reaktansi Transient / Transient Reactance

X'_d berlangsung sekitar 2 detik dan meningkat hingga mencapai nilai reaktansi akhir.

c. X_d = Reaktansi Sinkron / Synchronous Reactance

Adalah nilai reaktansi yang menentukan besar arus mengalir setelah kondisi steady state tercapai. Ini tercapai setelah beberapa detik setelah hubung singkat terjadi.

3. Motor Sinkron

Motor Sinkron memiliki karakteristik yang hampir sama dengan generator sinkron. Ketika gangguan terjadi, tegangan sistem menurun hingga menjadi sangat kecil. Motor sinkron berhenti mencatu daya dari sistem untuk berputar menggerakkan bebannya dan mulai melambat. Tetapi momen inerti dari beban cenderung mencegah motor melambat secara cepat. Inersia ini mengambil peran sebagai *prime mover* dan dengan eksitasi yang tetap disuplai, menjadikan motor berfungsi sebagai generator yang juga mensuplai arus hubung singkat untuk beberapa *cycle* setelah hubung singkat terjadi.

Sama seperti generator, besarnya arus hubung singkat juga ditentukan oleh nilai reaktansi X''_d , X'_d dan X_d Motor Sinkron. Besarnya arus hubung singkat yang dikontribusi oleh motor sinkron juga bergantung pada besar dayanya (HP), rating tegangan serta reaktansi sistem sampai ke titik gangguan.

4. Motor Induksi

Motor induksi juga memberikan kontribusi arus hubung singkat akibat inersia beban dan rotor tetap berputar menggerakkan motor setelah terjadinya gangguan. Tetapi ada perbedaan kontribusi arus hubung singkat antara motor induksi dengan mesin sinkron. Medan fluksi motor induksi dihasilkan oleh induksi

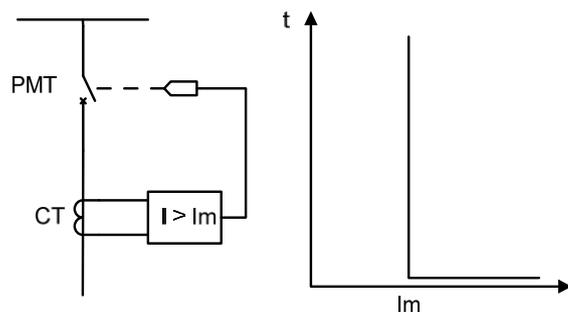
di stator dan bukan berasal dari medan fluks DC. Karena fluksi ini tiba – tiba menghilang setelah terjadi gangguan, kontribusi arus hubung singkat dari motor induksi juga drop secara cepat setelah beberapa *cycle*. Sehingga tidak ada kontribusi arus gangguan *steady state*. Besar arus hubung singkat yang terbesar adalah terjadi pada saat 1 ½ *cycle* pertama dan selanjutnya menurun setelah beberapa *cycle* berikutnya. Setelah 1 atau 2 *cycle*, kontribusi motor induksi segera menghilang.

2.5 Relai Arus Lebih (OCR)

Berdasarkan karakteristik waktu, relai arus lebih dibagi menjadi 3 jenis. Jenis-jenis relai tersebut adalah:

1. Relai Arus Lebih Sesaat (*Instantaneous*)

Relai waktu seketika ialah relai yang bekerja tanpa ada waktu tunda, jadi ketika suatu arus yang mengalir didapatkan melebihi settingan yang terpasang relai akan bekerja dan memutus

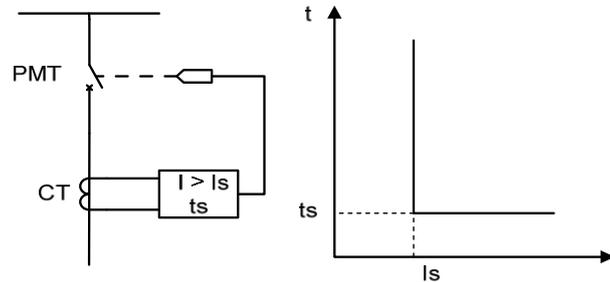


Gambar 2.15 Karakteristik Relai Arus Lebih Sesaat

2. Relai Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*)

Relai arus lebih waktu tertentu ialah relai ini bekerja ketika terjadinya hubung singkat dan memiliki besarnya arus yang terdeteksi

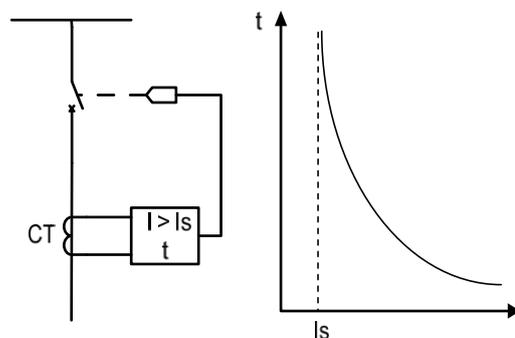
melebihi batas setingan dan relai akan memutus untuk langsung memberikan perintah ke PMT.



Gambar 2.14 **Karakteristik Relai Arus Lebih Waktu Tertentu**

3. Relai Arus Lebih Waktu Terbalik (*Invers Time*)

Relai arus lebih waktu terbalik ialah relai ini bekerja dengan waktu tunda tergantung dari besarnya arus, bisa dijelaskan ketika arus nyabesar maka akan kecil waktu tundanya dan begitu sebaliknya semakin kecil arus maka akan besar waktu tundanya. Didalam kareteristik waktunya dibedakan atas beberapa kelompok yaitu: *standard inverse*, *very inverse*, dan *extremely inverse*.



Gambar 2.14 **Relai Arus Lebih Waktu Terbalik**

4. Setting Arus Lebih *Instantaneous*

Setting relai arus lebih *instantaneous* adalah sebagai berikut:

a. Setting Primer

Iset primer $\leq 0,8$ Isc minimum

b. Setting Sekunder

$$\text{Iset sekunder} = \text{Iset primer} \times \frac{1}{\text{RatioCT}}$$

c. Setting Waktu

Relai utama dan cadangan tidak boleh memiliki kerja yang bersamaan. Maka diperlukan time delay yang berbeda dari relai utama dan backup. Berdasarkan IEEE memiliki relai waktu kerja minimal 0,2-0,35 detik.

5. Setting Arus Lebih *Invers*

Untuk melakukan setting relai arus lebih *invers* di sistem tenaga listrik diperlukan perhitungan sebagai berikut :

a. Setting Primer

Iset primer = 1.05 s/d 1.3 FLA

b. Setting Sekunder

Iset sekunder = Iset primer $\times 1/(\text{Ratio CT})$

c. Setting Waktu (*Time Multiplier Setting / TMS*)

Pada setting waktu persamaan yang digunakan adalah :

$$t = \frac{k \times b}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^a - 1} + L$$

$$k = \frac{(t - L) \times \left(\left(\frac{I}{I_s}\right)^a - 1\right)}{b}$$

Dimana :

t = waktu dalam detik

I = Arus gangguan

I_s = Arus Setting

K = TMS

Dan pada I, b, dan a berbeda pada semua relai tergantung pada karakteristik yang dipakai.

3. Metodologi Penelitian

Untuk mendapatkan perumusan analisa dan pemecahan masalah maka diperlukan suatu pengumpulan data dan fakta yang lengkap, relevan dan objektif serta dapat dipercaya kebenarannya. Oleh sebab itu, penulisan mengumpulkan data, menganalisa studi kasus dan menyusun laporan penelitian tugas akhir ini dengan menggunakan beberapa metode yaitu :

a. Studi literatur

Penulis melakukan kegiatan dengan cara mencari langsung literature yang terkait dengan peralatan proteksi pada jaringan distribusi.

b. Studi Pustaka

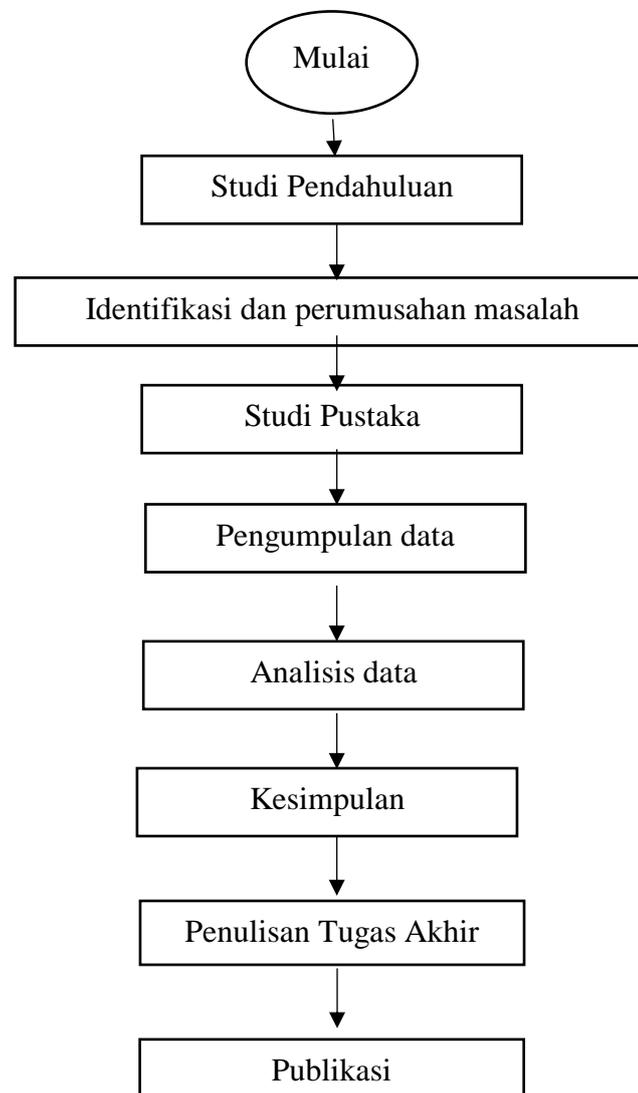
Penulis mengumpulkan data yang diperoleh berdasarkan referensi buku internet dan laporan yang tersedia di plant 12 PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, yang menyangkut dengan masalah yang akan dibahas.

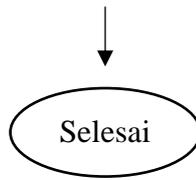
c. Konsultasi

Penulis melakukan kegiatan tanya jawab dengan pembimbing dan juga kepada karyawan-karyawan PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, mengenai masalah yang akan dibahas.

3.1 Langkah-langkah Penelitian Tugas Akhir

Gambar 3.1 Menjelaskan tentang langkah-langkah penulisan yang dilakukan. Untuk memberikan gambaran yang jelas maka dibawah ini diberikan penjelasan yang lebih menyeluruh dari setiap langkah-langka yang sudah dijelaskan pada pembahasan 3.1.1 sampai 3.1.8, yaitu:



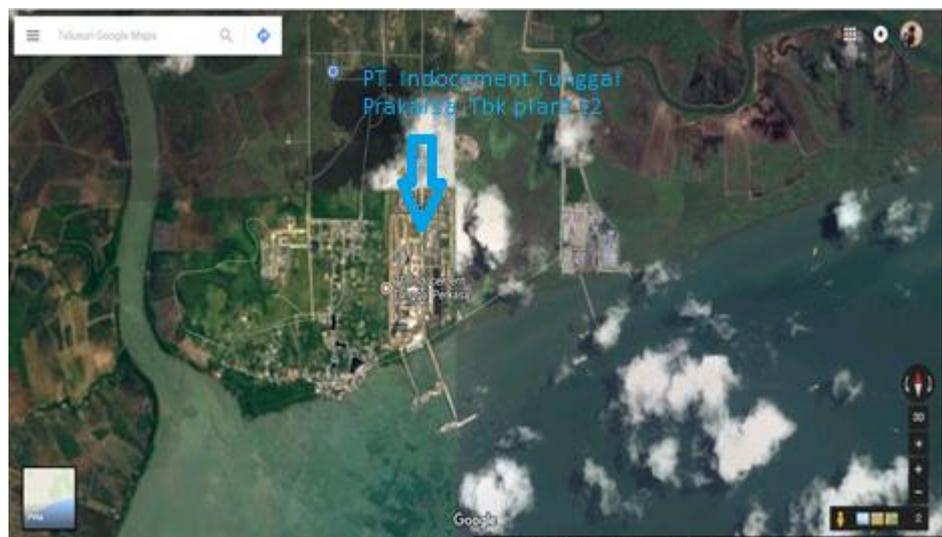


Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

3.1.1 Studi pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan tahap awal dalam metodologi penulisan, didalam tahap ini dilakukan studi lapangan dengan mengamati langsung keadaan pada industri semen yang ada di Kalimantan selatan. Dimana dalam melakukan penelitian tugas akhir ini peneliti melakukan pengamatan yang dilakukan langsung dengan tujuan megetahui informasi-informasi awal mengenai lingkungan dan situasi industri semen.

pada lokasi yang saya lakukan perencanaan penelitian dilaksanakan di PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Tarjun, Kotabaru, Kalimantan Selatan.



Gambar 3.1 **Peta Lokasi PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk**

3.1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah diadakan studi pendahuluan, permasalahan pada area industri dapat diidentifikasi. Kemudian kita menulurusi penyebab permasalahan yang terjadi dengan dilakukannya pengamatan dilapangan dengan menanyakan langsung ke pembimbing lapangan di perusahaan dan orang-orang yang ahli dibidangnya.

Permasalah yang diangkat menjadi topik adalah sistem koordinasi rele yang terpasang pada Plant 12. Maka dari itu, di dalam tugas akhir ini akan membuat simulasi permodelan koordinasi proteksi relai arus lebih dengan memanfaatkan Software ETAP 12.6.

3.2.3 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan agar bisa mendapatkan informasi-informasi tentang hal-hal penting baik teori, metode, dan juga konsep yang sama dengan permasalahan yang diangkat. Dengan mencari informasi dalam bentuk *text book*, internet maupun sumber-sumber lainnya yang terpercaya.

3.2.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung pada area industri, wawancara dengan supervisor dan pembimbing perusahaan bagian electrical dan mechanical industry terkait, dan mengumpulkan data sheet yang dibutuhkan seperti single line diagram jaringan Plant 8, data koordinasi rele yang telah dipasang, dan data beban yang digunakan pabrik

3.2.5 Pengolahan Data

Setelah data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah pengolahan data. Data yang ada dipilih sesuai kebutuhan di lapangan. Pada pengolahan data, dilakukan pengelompokan data setting rele proteksi, data penghantar dan data lainnya. Pengolahan data dilakukan dengan software ETAP 12.6 dan setelah itu dilakukan pengujian dengan software ETAP 12.6.

3.2.6 Analisa data

Dari simulasi akan didapatkan suatu hasil yang akan dianalisis. Data yang akan dianalisis adalah tentang koordinasi dari sistem proteksi yang digunakan, dengan cara memberikan masalah pada jaringan dan mengamati sistem proteksinya . Jika terjadi kesalahan pengaturan dan mengakibatkan salah koordinasi maka akan dilakukan setelan ulang pada relay untuk mendapatkan kinerja koordinasi relay yang lebih selektif. Setelah dilakukan setelan relay dan diketahui sistem berkoordinasi dengan baik diharapkan bisa meminimalisir kerusakan alat pada jaringan.

3.2.7 Penulisan Tugas Akhir

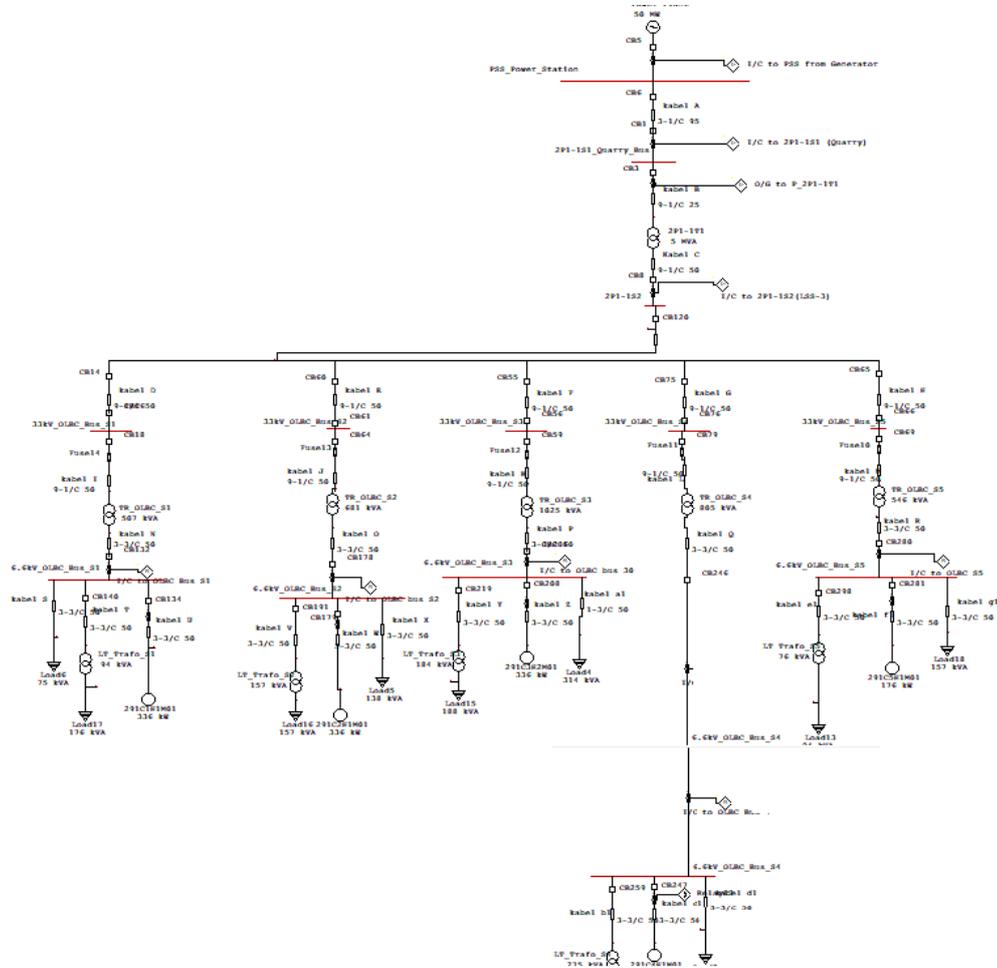
Setelah selesai melakukan pengolahan data dan perancangan sistem maka langkah berikutnya adalah menyusun tugas akhir sesuai dengan peraturan yang baku.

3.2.8 Publikasi

Setelah semua selesai dan sudah terpenuhi apa yang diteliti dan bisa dijadikan sebuah karya tulis hasil buatan sendiri selanjutnya maka di publikasikan.

4. Analisis dan Pembahasan

Single line diagram proteksi relai arus lebih pada generator di PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk Plant 12 dibuat menggunakan *software* ETAP 12.6 dengan berdasarkan data-data dilapangan dan ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Single Line diagram Proteksi Relai Arus Lebih Di PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk Plant 12

4.1 Perhitungan Impedansi

A. Impedansi Genarator

Untuk melakukan perhitungan yang ada digenarator maka kita memerlukan spesifikasi generator yang terpasang dilapangan :

Spesifikasi Generator

Nama	=	Generator
Kapasitas	=	50 MW
Tegangan	=	11 kV
X''d	=	19 %

a. Impedansi generator di tegangan 33 kV

1.) Reaktansi sub- transient

$$X_g \text{ (pada 100\%)} = \frac{kV^2}{MVA}$$

$$X_g \text{ (pada 100\%)} = \frac{33^2 kV}{50 MVA} = 21,78$$

$$X_g \text{ (pada 19\%)} = \frac{19}{100} \times 21,78 = 4,14 \text{ ohm}$$

2.) Resistansi Generator

$$R_g = \frac{X_g}{X}$$

$$R_g = \frac{4,14}{14,29} = 0,29 \text{ Ohm}$$

3.) Impedansi generator

$$Z_g \text{ (33kV)} = \sqrt{R_g^2 + X_g^2}$$

$$Z_g \text{ (33kV)} = \sqrt{0,29^2 + 4,14^2} = 4,14 \text{ ohm}$$

b. Impedansi generator di Tegangan 11 kV

$$Z_g \text{ (11 kV)} = \left(\frac{11^2 kV}{33^2 kV} \right) \times Z_g(11kV)$$

$$Z_g \text{ (11 kV)} = \left(\frac{11^2 kV}{33^2 kV} \right) \times 4,14 = 0,46 \text{ Ohm}$$

c. Impedansi generator di tegangan 6,6 kV

$$Z_g \text{ (6,6 kV)} = \left(\frac{6,6^2 kV}{11^2 kV} \right) \times Z_g(11kV)$$

$$Z_g (6,6 \text{ kV}) = \left(\frac{6,6^2 \text{ kV}}{11^2 \text{ kV}} \right) \times 0,46 = 0,16 \text{ Ohm}$$

B. Trafo 2P1-1T1

Kapasitas = 5 MVA

Tegangan = 33/11 kV

Xt = 9,9 %

a. Impedansi trafo di tegangan 33 kV

1) Reaktansi trafo

$$X_t (\text{pada } 100\%) = \frac{kV^2}{MVA}$$

$$X_t (\text{pada } 100\%) = \frac{33^2 \text{ kV}}{5 \text{ MVA}} = 43,56$$

$$X_t (\text{pada } 9,9\%) = \frac{9,9}{100} \times 43,56 = j4,13 \text{ Ohm}$$

2) Impedansi Trafo

$$Z_t (33 \text{ kV}) = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

$$Z_t (33 \text{ kV}) = \sqrt{0^2 + 4,13^2} = 4,13 \text{ Ohm}$$

b. Impedansi trafo di tegangan 11kV

$$Z_t (11 \text{ kV}) = \left(\frac{11^2 \text{ kV}}{33^2 \text{ kV}} \right) \times Z_t(11 \text{ kV})$$

$$Z_t (11 \text{ kV}) = \left(\frac{11^2 \text{ kV}}{33^2 \text{ kV}} \right) \times 4,13 = 0,46 \text{ ohm}$$

c. Impedansi trafo di tegangan 6,6 kV

$$Z_t (6,6 \text{ kV}) = \left(\frac{6,6^2 \text{ kV}}{11^2 \text{ kV}} \right) \times Z_g(11 \text{ kV})$$

$$Z_t (6,6 \text{ kV}) = \left(\frac{6,6^2 \text{ kV}}{11^2 \text{ kV}} \right) \times 0,46 = 0,16 \text{ Ohm}$$

C. Motor 291-C5H1-M#1

$$\text{Daya} = 213 \quad \text{kW}$$

$$\text{Arus lock motor} = 247 \quad \text{A}$$

$$\text{Arus beban penuh} = 21,59 \quad \text{A}$$

$$\text{Tegangan} = 6,6 \quad \text{kV}$$

$$\text{Faktor daya beban penuh} = 0,85$$

a. Impedansi Motor di Tegangan 6,6 kV

$$Z_m (6,6 \text{ kV}) = \left(\frac{1}{\left(\frac{IRLC}{IFLC} \right)} \times \left(\frac{Vm^2 \cos \phi_m}{P_m} \right) \right)$$
$$Z_m (6,6 \text{ kV}) = \left(\frac{1}{\left(\frac{247}{21,59} \right)} \times \left(\frac{6600^2 \times 0,85}{213000} \right) \right) = 15,19 \text{ ohm}$$

b. Impedansi trafo di tegangan 11 kV

$$Z_m (11 \text{ kV}) = \left(\frac{11^2 \text{ kV}}{6,6^2 \text{ kV}} \right) \times 15,19 = 42,19$$

c. Impedansi trafo di tegangan 33 kV

$$Z_m (33 \text{ kV}) = \left(\frac{33^2 \text{ kV}}{11^2 \text{ kV}} \right) \times 42,19 = 379,75$$

3.2 Motor 291-C4H1-M#1

$$\text{Daya} = 336 \quad \text{kW}$$

$$\text{Arus Lock Motor (IRLC)} = 389 \quad \text{A}$$

$$\text{Arus Beban Penuh (IFLC)} = 34,06 \quad \text{A}$$

$$\text{Tegangan (Vm)} = 6,6 \quad \text{kV}$$

Faktor Daya Beban Penuh ($\cos \phi_m$) = 0,85

a. Impedansi Motor di Tegangan 6,6 Kv

$$Z_m (6,6 \text{ kV}) = \left(\frac{1}{\left(\frac{IRLC}{IFLC} \right)} \times \left(\frac{V_m^2 \cos \phi_m}{P_m} \right) \right)$$
$$Z_m (6,6 \text{ kV}) = \left(\frac{1}{\left(\frac{389}{34,06} \right)} \times \left(\frac{6600^2 \times 0,85}{336000} \right) \right) = 9,64 \text{ Ohm}$$

b. Impedansi trafo di tegangan 11 kV

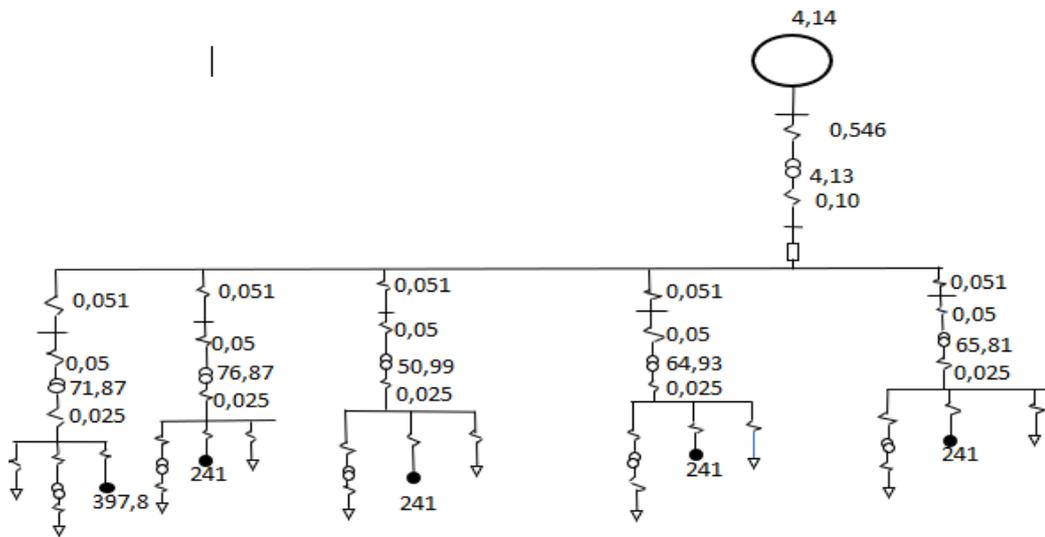
$$Z_m (11 \text{ kV}) = \left(\frac{11^2 \text{ kV}}{6,6^2 \text{ kV}} \right) \times 9,64 = 26,78 \text{ Ohm}$$

c. Impedansi trafo di tegangan 33 kV

$$Z_m (33 \text{ kV}) = \left(\frac{33^2 \text{ kV}}{11^2 \text{ kV}} \right) \times 26,78 = 241 \text{ Ohm}$$

4.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Didalam menghitung arus hubung singkat maka menggunakan 2 parameter, yaitu ada hubung singkat maximum dan minimum. Hubung singkat maximum ialah hubung singkat yang bekerja pada 3 fasa pada saat $\frac{1}{2}$ cycle dan hubung singkat minimum bekerja pada 2 fasa 30 cycle. Untuk mempermudah perhitungan yang dilakukan nantinya maka digunakan gambar 4.20, 4.21, dan 4.22 yang dimana gambar single line ini dengan menggunakan impedansi perhitungan pada pembahasan bab 4.2.1.



Gambar 4.20 Single Line Diagram Impedansi Gangguan Hubung Singkat di Level Tegangan 33 kV

1. Arus Gangguan Hubung Singkat 1

a. Arus hunung singkat 3 fasa ½ cycle (Isc Maks 1)

Pada perhitungan arus hubung singkat 3 fasa pertama ini digunakan impedasi dengan level tegangan yang digunakan 33 kV, karena gangguan hubung singkat yang terjadi di level tegangan 33 kV, maka perhitungannya seperti dibawa ini:

$$Z_{ek1} = 9,45$$

$$Z_{ek2} = 313,02$$

$$Z_{ek3} = 318,02$$

$$Z_{ek4} = 292,04$$

$$Z_{ek5} = 306,1$$

$$Z_{ek6} = 65,81$$

$$Z_{eki\ total} = (Z1)/(Z2//Z3//Z4//Z5//Z6)$$

$$Z_{eki\ total} = 7,7\ \text{Ohm}$$

$$I_{sc\ 3\ fasa} = \frac{C.V_{In}}{Z_{eki}}$$

$$I_{sc\ 3\ fasa} = \frac{1,1 \times 33000}{1,73 \times 7,7} = 2725,02\ \text{A}$$

b. Arus hubung singkat 2 fasa 30 cycle (I_{sc} min 1)

$$I_{sc\ 2\ fasa} = 0,866 \times I_{3\ fasa}\ 30\ cycle$$

$$I_{sc\ 2\ fasa} = 0,866 \times ((1,1 \times 33000)/1,73 \times (Z1)) = 1922,85\ \text{A}$$

4.3 Perhitungan arus beban penuh

FLA ialah arus yang mengalir pada beban maksimum. Perhitungan FLA dilakukan berdasarkan zona-zona beban yang terpasang di jaringan distribusi, sebagai berikut :

$$FLA\ 1 = \frac{MVA}{1,73 \times V} = \frac{157000}{1,73 \times 6600} = 13,75\ \text{A}$$

$$FLA\ 2 = \frac{W}{1,73 \times V \times \cos\phi} = \frac{213000}{1,73 \times 6600 \times 0,85} = 21,94\ \text{A}$$

$$FLA\ 3 = \frac{MVA}{1,73 \times V} = \frac{176000}{1,73 \times 6600} = 15,41\ \text{A}$$

$$FLA\ 4 = \frac{MVA}{1,73 \times V} = \frac{546000}{1,73 \times 6600} = 47,81\ \text{A}$$

4.4 Perhitungan *resetting* koordinasi proteksi relai arus lebih berdasarkan perhitungan manual

1. Relai I/C to PSS From Generator Turbine

$$\text{Rasio CT} = 4000/5$$

Karakteristik IEC *Normaly Inverse*

a. Setting Inverse

- Setting premier = 1,05 X FLA 34

$$= 1,05 \times 2627,43$$

$$= 2758,80 \text{ A}$$

- Setting sekunder = Iset primer/ Rasio CT
 $= 2758,80 / (4000/5)$
 $= 3,45 \text{ A}$

Jadi, set sekunder = 3,5A

$$\text{Set primer} = 3,5 \times \frac{4000}{5} = 2800 \text{ A}$$

- TMS

Setelah waktu awal relai ditentukan, selanjutnya adalah melakukan perhitungan TMS seperti berikut:

$$k = \frac{(t_a - L) \times \left(\left(\frac{I}{I_s}\right)^a - 1\right)}{b}$$

$$K = \frac{1,49 \times \left(\left(\frac{21194,6}{2800}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14} = 0,44$$

Konstanta a bernilai 0,02, konstanta L bernilai 0, dan konstanta b bernilai 0,14 karena karakteristik yang dipakai adalah IEC Standard Inverse / Normal Inverse. Setelah selesai mendapatkan nilai TMS maka selanjutnya menghitung waktu kerja yang digunakan untuk mengisyaratkan PMT untuk trip.

$$t_b = \frac{k + b}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^a - 1} + L$$

$$t_b = \frac{0,44 \times 0,13}{\left(\frac{21194,6}{2800}\right)^{0,02} - 1} = 1,38 \text{ detik}$$

b. Setting Instantaneous

- Setting Primer = $0,8 \times I_{sc} \text{ Min } 1$
= $0,8 \times 8829,43 = 7063,54$
- Setting Sekunder = $I_{set} \text{ primer} / \text{rasio CT}$
= $7063,5 / 4000 / 5 = 8,83$

Jadi, set sekunder = 8,85 A

Set primer = $8,85 \times \frac{1000}{5} = 7100$

- Time Delay = 0,05 detik

4.5 *Ressetting* Koordinasi Relai Arus Lebih Data Arus Hubung Singkat Hasil dari Simulasi Software ETAP 12.6

Ressetting koordinasi relai arus lebih menggunakan simulasi software ETAP ini akan menggunakan data dari arus hubung singkat yang menggunakan fasilitas short circuit analysis pada software ETAP. Dalam mempermudah suatu pengamatan yang dilakukan, besaran suatu arus hubung singkat telah disimulasikan menggunakan fasilitas short circuit analysis akan dirangkum pada tabel dibawah ini yaitu tabel 4.1 dimana pada tabel tersebut dibagi atas berbagai zona proteksi pada pembangkit generator di Quarry.

Data Arus Hubung Singkat Hasil Dari Simulasi ETAP 12.6

NO	Zona Proteksi	Arus Hubung Singkat	Arus Hubung Singkat
		3 Fasa ½ Cycle Ampere	2 Fasa 30 Cycle Ampere
1.	Zona Proteksi 1	24.830	17.640
2.	Zona Proteksi 2	9.220	7.421
3.	Zona Proteksi 3	3.028	2.499

4.	Zona Proteksi 4	3.058	2.610
5.	Zona Proteksi 5	3.008	2.810
6.	Zona Proteksi 6	3.108	2.492
7.	Zona Proteksi 7	2881	2.448

1. Relai I/C to PSS From Generator Turbine

$$\text{Rasio CT} = 4000/5$$

Karakteristik IEC *Normaly Inverse*

a. Setting Inverse

- Setting premier = 1,05 X FLA 34
= 1,05 X 2627,43
= 2758,80 A
- Setting sekunder = Iset primer/ Rasio CT
= 2758,80/(4000/5)
= 3,45 A

$$\text{Jadi, set sekunder} = 3,5\text{A}$$

$$\text{Set primer} = 3,5 \times \frac{4000}{5} = 2800 \text{ A}$$

- TMS

Setelah waktu awal relai ditentukan, selanjutnya adalah melakukan perhitungan TMS seperti berikut:

$$k = \frac{(t_a - L) \times \left(\left(\frac{I}{I_s}\right)^a - 1\right)}{b}$$

$$K = \frac{1,69 \times \left(\left(\frac{24380}{2800}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14} = 0,53$$

Konstanta a bernilai 0,02, konstanta L bernilai 0, dan konstanta b bernilai 0,14 karena karakteristik yang dipakai

adalah IEC Standard Inverse / Normali Inverse. Setelah selesai mendapatkan nilai TMS maka selanjutnya menghitung waktu kerja yang digunakan untuk mengisyaratkans PMT untuk trip.

$$t_b = \frac{k + b}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^a - 1} + L$$

$$t_b = \frac{0,53 \times 0,14}{\left(\frac{24830}{2800}\right)^{0,02} - 1} = 1,67$$

b. Setting Instantaneous

- Setting Primer = 0,8 X Isc Min 1
= 0,8 X 17,640 = 14112
- Seting Sekunder = Iset primer / rasio CT
= 14112 /4000/5 = 17,64

Jadi, set sekunder =17,65 A

Set primer =17,65 X $\frac{4000}{5}$ = 14120

- Time Delay =0,05 detik

Tabel 4.6 Analisis perbandingan dari masing-masing setingan koordinasi proteksi relai arus lebih

No.	Nama Relai	Setting Lapangan	Resseting Manual	Resseting ETAP 12.6

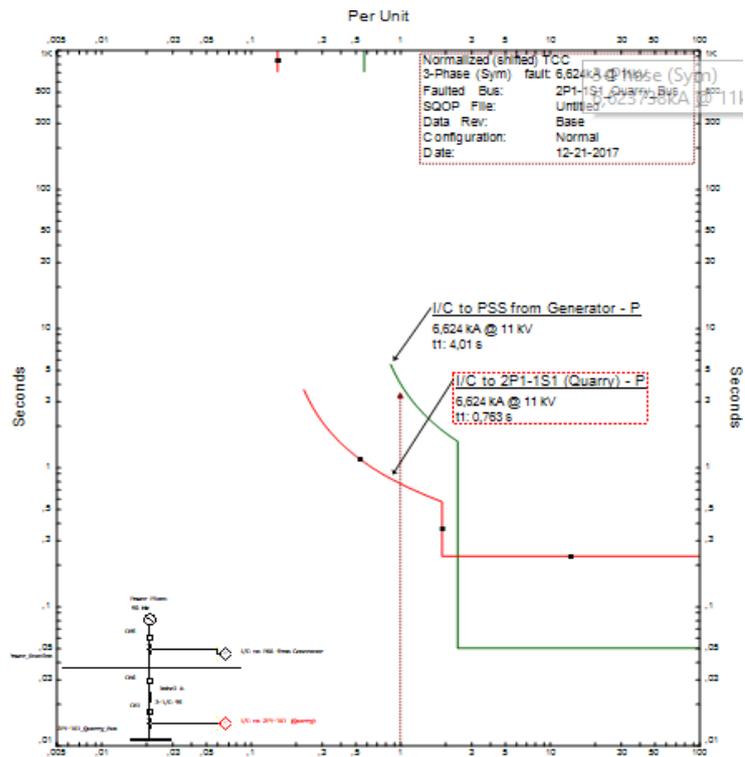
1.	I/C to PSS fro STG_Turbine Generator	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 0,95 Ampere Time Dial : 0,20 Instant : 4,00 Ampere Delay : 0,65 Second Rasio C/T : 4000/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 3,45 Ampere Time Dial : 0,44 Instant : 8,85 ampere Delay : 0,05 second Rasio C/T : 4000/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 3,45 Ampere Time Dial : 0,53 Instant : 17,64 Ampere Delay : 0,05 Second Rasio C/T : 4000/5
2.	I/C to 2P1-1S1 (Quarry fdr S/s)	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 1,00 Ampere Time Dial : 0,26 Instant : 12,60 Ampere Delay : 0,23 Second Rasio C/T : 1000/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 1,84 Ampere Time Dial : 0,7 Instant : 35,5 Ampere Delay : 0,05 Secomd Rasio C/T : 1000/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 1,84 Ampere Time Dial : 0,85 Instant : 70,6 Ampere Delay : 0,05 Second Rasio C/T : 1000/5
3.	O/G to P_2P1-1T1	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 0,70 Ampere Time Dial : 0,21 Instant : 9,00 Ampere Delay : 0,03 Second Rasio C/T : 1250/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 1,1 Ampere Time Dial : 0,4 Instant : 23,3 Ampere Delay : 0,05 Second Rasio C/T : 1250/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 1,1 Ampere Time Dial : 0,57 Instant : 23,7 Ampere Delay : 0,05 Second Rasio C/T : 1250/5
4.	I/C to 2P1-1S2 (LSS 3)	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 0,75 Ampere Time Dial : 0,12 Instant : 2,70 Ampere Delay : 0,45 Second Rasio C/T : 400/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 1,15 Ampere Time Dial : 0,34 Instant : 47 Ampere Delay : 0,05 Second Rasio C/T : 400/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 1,15 Ampere Time Dial : 0,38 Instant : 74,2 Ampere Delay : 0,05 Second Rasio C/T : 400/5

5.	I/C to OLBC Bus S5	Curve Type IEC- Standard Inverse Pick Up : 1,45 Ampere Time Dial : 0,29 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 2,4 Ampere Time Dial : 0,18 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 2,4 Ampere Time Dial : 0,19 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5
6.	I/C to OLBC Bus S4	Curve Type IEC- Standard Inverse Pick Up : 2,40 Ampere Time Dial : 0,28 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 3,13 Ampere Time Dial : 0,16 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 3,13 Ampere Time Dial : 0,17 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5
7.	I/C to OLBC Bus S3	Curve Type IEC- Standard Inverse Pick Up : 2,40 Ampere Time Dial : 0,28 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 4,7 Ampere Time Dial : 0,15 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 4,7 Ampere Time Dial : 0,15 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5
8.	I/C to OLBC Bus S2	Curve Type IEC- Standard Inverse Pick Up : 1,45 Ampere Time Dial : 0,27 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 3,6 Ampere Time Dial : 0,16 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Curve Type IEC- Normal Inverse Pick Up : 3,6 Ampere Time Dial : 0,18 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5

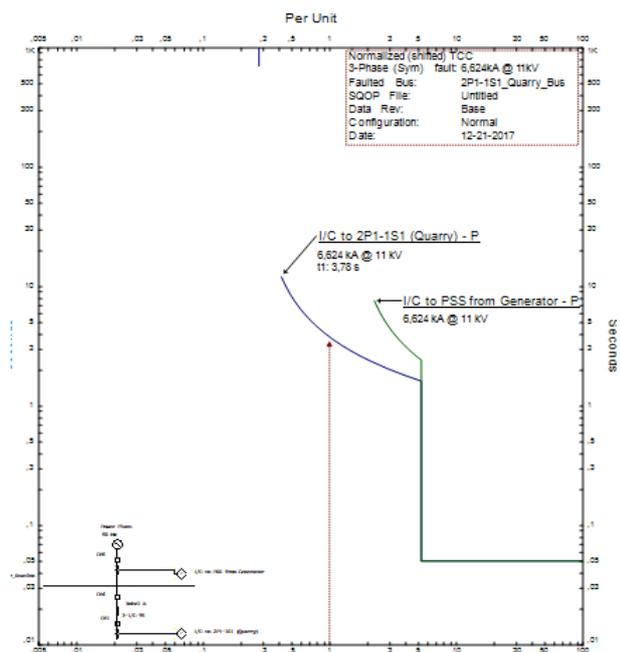
		Curve Type IEC- Standard Inverse	Curve Type IEC- Normal Inverse	Curve Type IEC- Normal Inverse
9.	I/C to OLBC Bus S1	Pick Up : 1,45 Ampere Time Dial : 0,27 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Pick Up : 2,5 Ampere Time Dial : 0,18 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5	Pick Up : 2,5 Ampere Time Dial : 0,18 Instant : - Delay : - Rasio C/T : 100/5
10.	Fuse OG to TR OLBC S5	Pick Up : 200 A	Pick Up : 16,3 A	Pick Up : 16,3 A
11.	Fuse OG to TR OLBC S4	Pick Up : 200 A	Pick Up : 24,7 A	Pick Up : 24,7 A
12.	Fuse OG to TR OLBC S3	Pick Up : 200 A	Pick Up : 31,4 A	Pick Up : 31,4 A
13.	Fuse OG to TR OLBC S2	Pick Up : 200 A	Pick Up : 20,9 A	Pick Up : 20,9 A
14.	Fuse OG to TR OLBC S1	Pick Up : 200 A	Pick Up : 15,6 A	Pick Up : 15,6 A

4.6 Perbandingan setingan koordinasi proteksi relai arus lebih zona proteksi 1

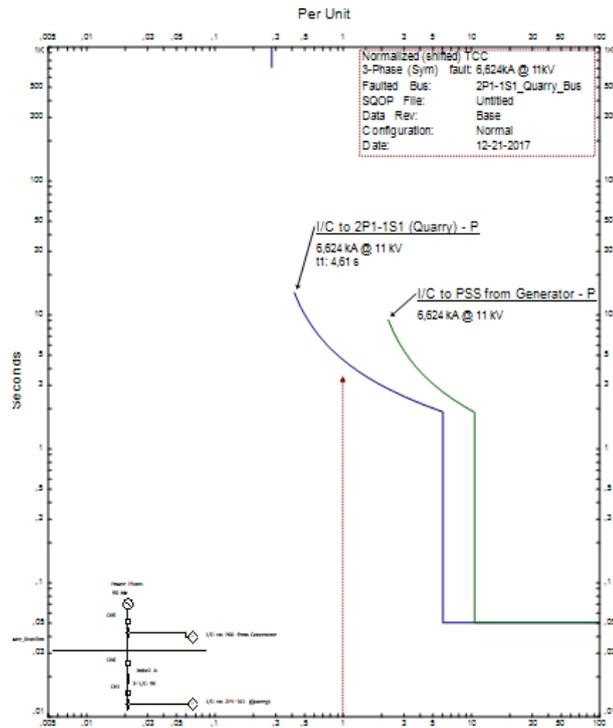
Berikut grafik TCC dari ketiga setingan yang terpasang dan disimulasikan pada zona proteksi 1. Dimana ada setingan koordinasi proteksi relai arus lebih yang terpasang dilapangan, resseting koordinasi proteksi relai arus lebih menggunakan perhitungan manual, resseting koordinasi proteksi relai arus lebih menggunakan software ETAP akan ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.44 Grafik TCC setting di lapangan



Gambar 4.45 Grafik TCC Reseting manual



Gambar 4.46 Grafik TCC Reseting simulasi ETAP

Dari grafik TCC yang telah disimulasikan baik dari lapangan, manual dan software ETAP sudah berjalan dengan baik. Hal ini ditunjukkan pada gambar pada setingan dilapangan, manual, dan software ETAP relai bekerja secara berurutan, yang membedakan hanya pada margine time antar relai pada setinggalan lapangan menunjukan margine time sebesar 3,25 detik, pada setinggalan manual margine time 3,01 dan menggunakan software ETAP 2,16 dengan standar margine time ialah 0,2 – 0,3 berdasarkan standar IEEE 242.

4.4.2 Perbandingan selisih waktu kerja relai pada setia zona proteksi saat adanya hubung singkat

Tabel 4.7 Tabel perbandingan selisih waktu kerja relai setiap zon proteksi saat terjadinya hubung singkat.

Besar Arus Gangguan	Nama Relai	Waktu kerja Relay (Detik)			Selisih waktu hasil Manual- lapangan (detik)	Selisih waktu hasil Manual- ETAP (detik)
		t_{manual}	$t_{lapangan}$	t_{etap}		
Zona Proteksi 1	I/C to PSS from STG_Turbine	7,57	4,01	9,11	3,56	1,54
	I/C to 2P1- 1S1 (Quarry)	3,78	0,76	4,61	3,06	0,83
Zona Proteksi 2	O/G to P_2P1-1T1	4,99	1,44	7,11	5,55	2,12
	I/C to 2P1- 1S2	4,27	0,87	4,77	3,4	0,5
Zona Proteksi 3	O/G to Tr OLBC S5	<0,01	117,9	<0,01	117,9	0
	I/C to OLBC Bus S5	0,96	1,04	1,02	0,08	0,06
Zona Proteksi 4	O/G to Tr OLBC S4	<0,01	117,8	<0,01	117,8	0
	I/C to OLBC Bus S4	0,83	1,01	0,88	0,18	0,05

Zona Proteksi 5	O/G to Tr OLBC S3	<0,01	117,8	<0,01	117,8	0
	I/C to OLBC Bus S3	0,63	1,18	0,63	0,55	0
Zona Proteksi 6	O/G to Tr OLBC S2	<0,01	117,9	<0,01	117,9	0
	I/C to OLBC Bus S2	1,32	1,32	0,85	0	0,47
Zona Proteksi 7	O/G to Tr OLBC S1	<0,01	117,8	<0,01	117,8	0
	I/C to OLBC Bus S1	0,93	1,08	0,93	0,16	0
Rata-Rata					35,98	0,39

5. Kesimpulan

Dari analisis yang dilakukan pada koordinasi proteksi relai arus lebih di PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk Plant 12 Tarjun, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Koordinasi proteksi relai arus lebih yang sudah terpasang dilapangan masih kurang memenuhi standar pemasangan koordinasi proteksi relai arus lebih. Setelah diamati untuk unjuk kerja setting koordinasi relai arus lebih pada zona 3 sampai 7 pada uji coba simulasi relay utama dan cadangan yaitu fuse memiliki waktu putus yang sangat lama dan jauh dari standar pada kelistrikan.
2. Hasil pengamatan pada Time Current Curve (TCC) juga menunjukkan kordinasi oroteksi relai arus lebih yang terpasang dilapangan sudah berjalan

baik, tetapi pada zona proteksi 3 sampai 5 pada fuse memiliki waktu putus yang sangat lama sehingga tidak sesuai dengan kerjanya relay utama dan cadangan yang harusnya bekerja terlebih dahulu.

3. Hasil perhitungan arus hubung singkat menggunakan perhitungan dengan simulasi software ETAP memiliki persentase 14,99 % pada hubung singkat 3 fasa $\frac{1}{2}$ cycle dan 24,97 % untuk 2 fasa 30 cycle.
4. Pada pengamatan menggunakan TCC data yang diperoleh lebih akurat disbanding dengan pengamatan koordinasi relai arus lebih dengan hanya mengamatiunjuk kerja relai.

DAFTAR PUSTAKA

Electrical Installation WIKI . Induction Motor. <http://www.electrical-installation.org/enwiki/Induction> motors Schneider Electric. Diakses pada hari minggu tanggal 19 November 2017

Sidabutar, 2010 melakukan penelitian mengenai analisis hubung singkat dan motor *starting* dengan menggunakan ETAP *power station 4.0*.

Rezky Fajrian, 2015 melakukan penelitian mengenai Analisis Koordinasi Proteksi *Overcurrent* relay pada jaringan distribusi SUTM 20 kV dengan menggunakan software ETAP.

Hardiansyah, 2016 melakukan penelitian mengenai Analisis Koordinasi Proteksi pada sistem distribusi radial.

Nanda Dicky Wijayanto, 2012 melakukan penelitian mengenai Koordinasi Proteksi tegangan kedip dan arus lebih pada sistem kelistrikan industry nabati.

Gisa Gumilang, 2013 melakukan penelitian mengenai evaluasi kelayakan rele pengaman pada sistem kelistrikan pabrik semen di Jawa Barat.

Hanna Septian widata, 2015 melakukan penelitian mengenai analisis koordinasi proteksi jaringan distribusi 20 kV pada penyulang tambak wedi akibat gangguan arus lebih (over Current).

Afandi, 2009 melakukan penelitian mengenai analisis setting relai arus lebih dari relai gangguan tanah pada penyulang sadewa di GI cawing. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok

Erliwati, Syafii, dan Muhammad Nurdin, 2015 melakukan penelitian koordinasi proteksi arus lebih pada penyulang distribusi 20 kV GI Pauh Limo.

Yoyok Triyono, Ontoseno Penangsang, Sjamsjul Anam, 2013 melakukan penelitian tentang analisis studi rele pengaman (Over Current Relay dan Ground fault Relay) pada distribusi daya sendiri dari PLTU Rembang.

- Novie Elok Setiawati, 2016 melakukan penelitian koordinasi proteksi Directional Overcurrent Relay dengan mempertimbangkan gangguan arah arus di Pabrik PT. Petrokimia Gresik.
- International Standar.2001. IEEE Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System. The Institution of Electrical Engginers. London
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. International Review of Electrical Engineering (IREE), 10(2). pp. 293-304.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm. TELKOMNIKA, 13(3). pp. 759-766.
- Syahputra, R., (2012), "Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- Syahputra, R., (2016), "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik", LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.

