

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sistem Proteksi

Sistem proteksi tenaga listrik adalah sistem pengaman yang diterapkan pada peralatan listrik seperti genset, trafo, jaringan transmisi/distribusi yang mencegah atau membatasi kerusakan peralatan tersebut sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat terjaga. Sistem proteksi *feeder* (penyulang) tegangan menengah adalah pengaman yang terdapat pada elemen tegangan menengah. *Feeder* (penyulang) tegangan menengah adalah *feeder* yang berfungsi untuk penyaluran tenaga listrik tegangan menengah (6 kV– 20 kV) yang terdiri dari : (Wahyudi Sarimun, 2014)

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)
2. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

2.1.1 Fungsi Sistem Proteksi

Adapun fungsi dari sistem proteksi adalah: (Wahyudi Sarimun, 2014)

1. Menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan (kondisi abnormal) pada peralatan listrik. Semakin cepat alat pelindung yang digunakan bereaksi, semakin sedikit gangguan yang mempengaruhi kerusakan alat tersebut.
2. Mempercepat area yang terganggu, sehingga daerah yang terganggu menjadi sekecil mungkin.

3. Memberikan pelayanan Listrik yang berkualitas dan bermutu tinggi kepada konsumen.
4. Melindungi masyarakat terutama dari bahaya yang ditimbulkan listrik

2.1.2 Syarat – Syarat Relai Proteksi

Syarat-syarat agar peralatan relai proteksi dapat dikatakan bekerja dengan baik dan benar adalah : (Wahyudi Sarimun,2014)

a. Kecepatan (*Speed*)

Bagian yang terganggu harus diisolasi dari bagian sistem yang lain sesegera mungkin untuk meminimalkan kerugian/kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan tersebut. Total waktu pembatasan dan gangguan sistem adalah waktu dari munculnya gangguan hingga pemisahan lengkap bagian yang terganggu dari sistem lainnya. Kecepatan relai dalam menanggapi penting agar :

1. Kerusakan termal pada peralatan yang disebabkan arus gangguan serta dapat dihindari kerusakan pada peralatan.
2. Menjaga stabilitas sistem.
3. Membatasi busur api pada gangguan yang pada jaringan udara akan meningkatkan kemungkinan terjadinya penutupan balik PMT (*Reclosing*) dan mempercepat *dead time*-nya (interval waktu antara buka dan tutup).

b. Selektif (*Selectivity*)

Sistem proteksi harus mampu mengisolasi bagian sistem yang terganggu sesedikit mungkin, yaitu. hanya perangkat yang disebabkan oleh gangguan yang termasuk dalam area keamanan utamanya.

Perlindungan semacam itu disebut perlindungan selektif. Untuk mencapai keandalan yang tinggi, relai pengaman harus memiliki selektivitas yang baik. Dengan demikian, semua tindakannya menjadi penting dan akibatnya gangguan dapat diminimalkan. Relai harus dapat membedakan apakah:

1. Gangguan terletak di area keamanan utamanya, di mana dia harus bekerja dengan cepat.
2. Gangguan terletak di bagian berikutnya di mana ia harus dijalankan dengan penundaan (untuk alasan keamanan) atau hindari untuk tidak trip.
3. Gangguan diluar di luar zona amannya atau tidak sama sekali di mana dia tidak harus bekerja sama sekali. Oleh karena itu, relai dalam sistem ditempatkan secara seri dan dikoordinasikan oleh pengaturan waktu (*time grading*) atau arus (*current grading*) atau kombinasi keduanya.

c. Kepekaan (*Sensitive*)

Sebuah relai harus dapat beroperasi dengan kepekaan yang tinggi, yaitu cukup peka terhadap gangguan di daerahnya, meskipun gangguannya minimal, dan kemudian memberikan tanggapan/umpan balik. Melindungi peralatan seperti motor, generator atau trafo. Relai yang sensitif dapat mendeteksi kesalahan lebih awal untuk membatasi kerusakan. Hal ini sangat penting untuk peralatan tersebut, karena jika gangguan tersebut merusak besi laminasi stator atau inti trafo, perbaikannya sangat sulit dan mahal. Seperti perlindungan gangguan

tanah SUTM, relai yang tidak sensitif menyebabkan banyak gangguan tanah dalam bentuk kontak pohon yang tertiuip angin yang tidak dapat dideteksi. Akibatnya, busur bertahan lama dan dapat mengenai fase lain, menyebabkan relai hubung singkat beroperasi. Gangguan seperti itu dapat terjadi berulang kali di tempat yang sama, sehingga kabel dapat cepat putus. Di sisi lain, jika terlalu sensitif, relai akan terlalu sering trip karena kesalahan yang sangat kecil yang dapat hilang dengan sendirinya atau risikonya tidak signifikan dan dapat diterima.

d. Keandalan (*Reliability*)

Keandalan relai dihitung dengan jumlah relai yang beroperasi/kurang terlindungi versus jumlah kegagalan. Keandalan relai dikatakan cukup baik jika harganya : 90% - 99%. Misalnya dalam satu tahun terjadi 25 kegagalan dan *relay* bekerja dengan sempurna sebanyak 23 kali, maka:

$$\text{Keandalan relai} = \frac{23}{25} \times 100 \% = 92 \%$$

Keandalan ada 3 yaitu :

1) *Dependability*

Yaitu tingkat keandalan (*reliability of working ability*). Pada dasarnya *security* harus bekerja dengan andal mengidentifikasi dan menghilangkan bagian yang terganggu.

2) *Security*

Ini adalah tingkat jaminan bahwa tidak akan gagal (*reliability will not fail*). Operasi yang salah adalah operasi yang

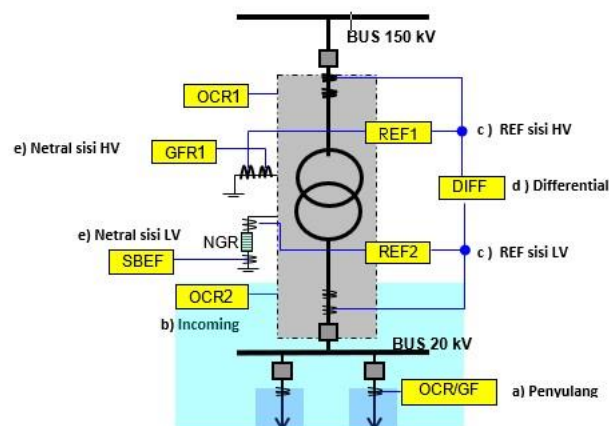
seharusnya tidak bekerja, misalnya karena letak gangguan berada di luar area keamanan, gangguan tidak ada sama sekali atau operasi terlalu lambat. Pengoperasian yang tidak tepat menyebabkan gangguan yang tidak perlu.

3) *Availability*

Yaitu perbandingan kondisi kerja/keamanan waktu kerja dan total waktu pemakaian. Dengan *relay* elektromekanis, jika rusak/tidak berfungsi, tidak langsung diketahui, cukup dicari tahu atau diganti. Selain itu, sistem proteksi yang baik juga dilengkapi dengan kemampuan mendeteksi rangkaian *stormed*, rangkaian sekunder arus dan rangkaian sekunder tegangan dan kehilangan tegangan searah (Tegangan DC) serta memberikan alarm agar diperbaiki sebelum proteksi di dalamnya jebol.

2.1.3 Pembagian Daerah Proteksi

Suatu sistem tenaga listrik dibagi ke dalam seksi-seksi yang dibatasi oleh PMT.



Gambar 2. 1 Skema Sistem Proteksi pada Transformator dan Penyulang

(Sumber : Buku Pedoman Proteksi)

Pada gambar 2.1 di atas menunjukkan bahwa kawasan proteksi sistem tenaga listrik bersifat bertingkat, mulai dari pembangkitan, gardu induk, saluran distribusi primer hingga beban. Setiap bagian memiliki relai pengaman dan memiliki area pengamanan (*Zone of Protection*). Garis putus-putus mewakili pembagian sistem tenaga menjadi beberapa zona perlindungan. Setiap area memiliki satu atau lebih komponen sistem kelistrikan selain dua sakelar. Setiap sakelar terhubung ke dua zona perlindungan yang berdekatan. Batasan setiap wilayah menunjukkan bagian dari sistem yang bertanggung jawab untuk mengisolasi kesalahan di wilayah tersebut dari sistem lain. Aspek penting lain yang perlu dipertimbangkan saat membagi kawasan lindung adalah bahwa kawasan yang berdekatan tumpang tindih (*overlap*), hal ini dimaksudkan agar tidak ada sistem yang dibiarkan tanpa perlindungan. Pembagian area proteksi ini bertujuan agar area yang tidak mengalami gangguan tetap dapat berfungsi untuk mengurangi waktu pemadaman listrik. (Buku Pedoman Proteksi, 2013)

2.2 Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit Fault*)

Gangguan hubung singkat merupakan salah satu gangguan pada sistem kelistrikan dengan karakteristik *transient* yang harus diatasi dengan alat pengaman. Korsleting disebabkan oleh kabel hidup atau telanjang yang tidak langsung melalui media yang benar (resistor/beban), mengakibatkan arus abnormal (sangat tinggi). Jika gangguan dibiarkan berlanjut dalam sistem kelistrikan untuk waktu yang lama, banyak konsekuensi yang tidak diinginkan dapat terjadi: (Azanto, 2016)

- a. Batas kestabilan berkurang untuk sistem daya.
- b. Perangkat yang rusak hampir gagal karena ketidakseimbangan arus atau tegangan rendah yang disebabkan oleh hubung singkat
- c. Dalam waktu singkat, peralatan yang mengandung minyak isolasi dapat menimbulkan ledakan, yang dapat menimbulkan kebakaran, yang dapat membahayakan orang yang menanganinya dan merusak peralatan lainnya.
- d. Terganggunya seluruh wilayah pelayanan sistem tenaga akibat tindakan proteksi yang diterapkan oleh beberapa sistem proteksi yang berbeda, peristiwa ini dikenal dengan istilah “cascading”.

Kegagalan hubung singkat merupakan salah satu bagian terpenting dalam analisis catu daya, untuk mengetahui perhitungan arus yang melewati komponen pembentuk jaringan jika terjadi kegagalan. Untuk mencapai keadaan gangguan seperti itu, tidak jarang interferensi sengaja dibuat di berbagai titik dalam jaringan. Besarnya arus gangguan ini dapat dijadikan patokan untuk menentukan penyetelan arus proteksi dan *rating* CB yang dibutuhkan. Selain itu, tujuan dari hubung singkat atau investigasi gangguan adalah untuk:(Affandi, Irfan, 2009)

1. Untuk menentukan arus maksimum dan minimum hubungan singkat tiga-fasa
2. Untuk menentukan arus gangguan tak-simetris bagi gangguan satu dan dua fasa ke tanah, gangguan antar fasa dan rangkaian terbuka.
3. Penyelidikan operasi relai proteksi.
4. Untuk menentukan kapasitas pemutus daya dari *circuit breaker* (CB).
5. Untuk menentukan distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan bus bar selama gangguan.

Ada beberapa jenis gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem tenaga listrik 3 fasa, yaitu : (Azanto, 2016)

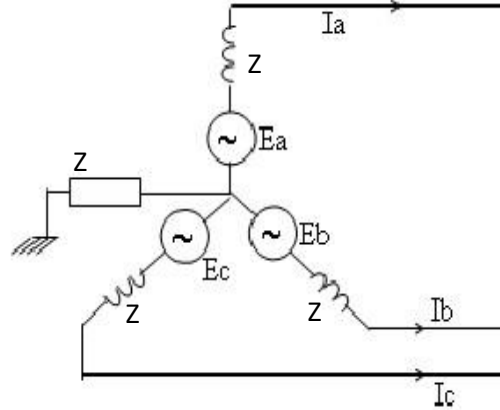
1. Hubung singkat tiga fasa simetris :
 - a. Tiga fasa (L – L – L)
 - b. Tiga fasa ke tanah (3L – G)
2. Hubung singkat tidak simetris :
 - a. Satu fasa ke tanah (1L – G)
 - b. Antar fasa ke tanah (2L – G)
 - c. Antar fasa (L – L)

Ada beberapa asumsi yang perlu diperhatikan dalam analisa gangguan, yaitu :

1. Beban normal, kapasitansi pengisian saluran (*line charging capacitance*), hubungan shunt diabaikan.
2. Semua tegangan internal sistem mempunyai magnitudo dan sudut fasa sama.
3. Biasanya tahanan seri dari saluran transmisi dan trafo diabaikan.
4. Semua trafo dianggap pada posisi tap nominal.
5. Generator, motor direpresentasikan dengan sumber tegangan tetap yang dihubungkan seri :
 - a) Dengan reaktansi sub-peralihan X_d'' (sistem dalam keadaan sub-peralihan)
 - b) Atau dengan reaktansi peralihan X_d' (sistem dalam keadaan peralihan)
 - c) Atau dengan reaktansi sinkron X_d (sistem dalam keadaan *steady state*)

2.2.1 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Gambar 2.2 ini menunjukkan rangkaian ekivalen hubung singkat 3 fasa.



Gambar 2. 2 Gangguan Tiga Fasa

Sumber : (Sulasno, 2001)

Dari gambar 2.2 tersebut, dapat dilihat bahwa arus maupun tegangan dalam keadaan gangguan tidak mengandung unsur urutan nol atau impedansi netral. Oleh sebab itu, pada hubung singkat tiga fasa sistem pentanahan netral tidak berpengaruh terhadap besarnya arus hubung singkat. (Sulasno, 2001)

Dengan demikian :

$$I_a = I_b = I_c \quad (2.1)$$

$$V_a - V_b = 0 ; V_a - V_c = 0 \text{ dan } V_b - V_c = 0$$

Dengan kata lain,

$$V_a = V_b = V_c \quad (2.2)$$

Keterangan :

V_a : tegangan fasa a.

V_b : tegangan fasa b.

V_c : tegangan fasa c.

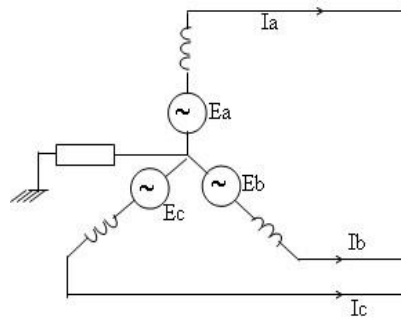
Persamaan urutan tegangan pada gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dicari dengan persamaan :

$$V_{a0} = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c) = V_a \quad (2.3)$$

$$V_{a1} = \frac{1}{3}(V_a + 2V_b + a^2V_c) = \frac{1}{3}(a + a + a^2)V_a = 0 \quad (2.4)$$

2.2.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Pada umumnya, gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah pada sistem transmisi maupun sistem distribusi terjadi saat dua konduktor saling terhubung singkat. Pada gambar 2.3 ditunjukkan gangguan hubung singkat *line to line* antara fasa b dan fasa c.



Gambar 2. 3 Gangguan hubung singkat dua fasa

Sumber : (Sulasno, 2001)

Dari gambar 2.3 diperoleh hubungan seperti persamaan 2.5 ini:

$$V_b = V_c ; I_b = -I_c ; I_a = 0 \quad (2.5)$$

Sedangkan persamaan pada komponen simetris tegangannya dapat diperoleh dengan persamaan seperti ini:

$$V_{a0} = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c) = \frac{1}{3}(V_a + 2V_b) \quad (2.6)$$

$$V_{a1} = \frac{1}{3}(V_a + a^2V_b + aV_c) = \frac{1}{3}(V_a + (a+a^2)V_b) \quad (2.7)$$

$$V_{a2} = \frac{1}{3}(V_a + a^2V_b + aV_c) = \frac{1}{3}(V_a + (a^2 + a)V_b) \quad (2.8)$$

Dari persamaan 2.7 dan 2.8 didapat hubungan bahwa :

$$V_{a1} = V_{a2} \quad (2.10)$$

Sedangkan persamaan untuk komponen arusnya diperoleh menggunakan persamaan:

$$I_{a0} = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) = 0 \quad (2.11)$$

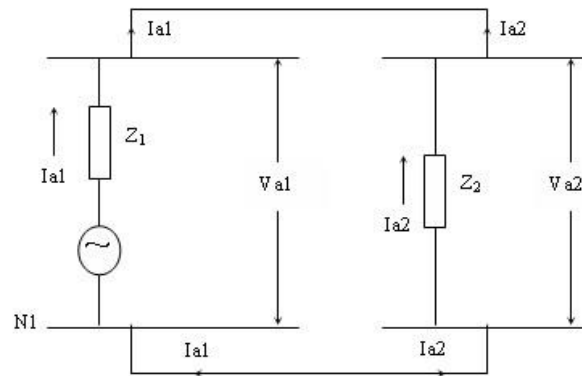
$$I_{a1} = \frac{1}{3}(I_a + a(-I_c + a^2 I_c)) = \frac{1}{3}(a^2 - a) I_c \quad (2.12)$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3}((I_a + a^2) - I_c + a I_c) = \frac{1}{3}(a - a^2) I_c \quad (2.13)$$

Dari persamaan 2.12 dan 2.13 didapat hubungan bahwa:

$$I_{a1} = -I_{a2} \quad (2.14)$$

Pada gambar 2. 4 berikut ditunjukkan rangkaian ekivalen urutan gangguan hubung singkat dua fasa.



Gambar 2. 4 Rangkaian Ekivalen Urutan Gangguan Dua Fasa

Sumber : (Sulasno, 2001)

Dari gambar 2.12 diperoleh persamaan:

$$I_{a0} = 0 \quad (2.15)$$

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2} \quad (2.16)$$

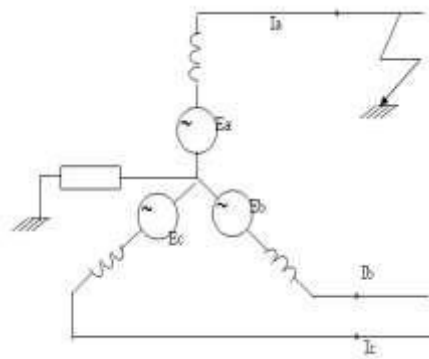
$$I_{a2} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2} \quad (2.17)$$

Sehingga :

$$I_{a1} = -I_{a2} = (a^2 - a) = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2} \quad (2.18)$$

2.2.3 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Pada gambar 2.5 di bawah ini, terlihat bahwa gangguan satu fasa, terjadi pada fasa a.



Gambar 2. 5 Gangguan satu fasa ke tanah

Sumber : (Sulasno, 2001)

Pada gangguan hubung singkat satu fasa terdapat beberapa persamaan, yaitu:

$$V_a = 0 ; I_b = 0 ; I_c = 0 \quad (2.19)$$

Dengan persamaan 2.20, persamaan untuk mencari arus gangguan pada *zero sequence*, *positive sequence*, dan *negative sequence*, yaitu :

$$I_{a0} = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) = \frac{1}{3} I_a \quad (2.20)$$

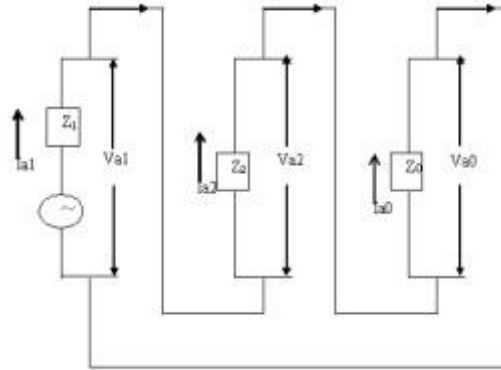
$$I_{a1} = \frac{1}{3} (I_a + aI_b + a^2I_c) = \frac{1}{3} I_a \quad (2.21)$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3} (I_a + a^2I_b + aI_c) = \frac{1}{3} I_a \quad (2.22)$$

Dari persamaan 2.20, 2.21, dan 2.22 diperoleh :

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{1}{3} I_a \quad (2.23)$$

Gambar 2.6 merupakan rangkaian ekivalen urutan untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.



Gambar 2. 6 Rangkaian ekivalen urutan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Sumber : (Sulasno, 2001)

Dari gambar 2.6, arus gangguan satu fasa ke tanah dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (2.24)$$

$$I_a = 3I_{a1} = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (2.25)$$

2.3 Prinsip Dasar Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam jaringan (sistem kelistrikan) ada 3, yaitu: (Wahyudi Sarimun,2014)

1. Gangguan hubung singkat 3 fasa

$$I_a = I_1 = \frac{V_a}{Z_1 + Z_f} \quad (2.26)$$

$$I_b = a^2 I_1 \quad (2.27)$$

$$I_a = a I_1 \quad (2.28)$$

2. Gangguan hubung singkat 2 fasa

$$I_1 = \frac{V_a}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (2.29)$$

3. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

$$I_0 = \frac{V_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f} \quad (2.30)$$

Untuk menghitung arus hubung singkat pada sistem tersebut, pertama hitung impedansi sumber (reaktansi) dalam hal ini diambil dari data hubung singkat pada bus 150 kV dan menghitung impedansi penyulang. (Wahyudi Sarimun,2014)

1. Menghitung Impedansi Sumber

Untuk menghitung impedansi sumber data yang diperlukan adalah data hubung singkat pada bus primer trafo dengan persamaan sebagai berikut :

$$MVA_{sc} = I_{sc} 3\phi \times (V_{primer\ trafo} \times \sqrt{3}) \quad (2.31)$$

$$Z_s = \frac{(KVLL)^2}{MVA_{hs}} \quad (2.32)$$

Perlu diingat bahwa impedansi sumber ini adalah nilai ohm pada sisi 150 kV, karena arus gangguan hubung singkat yang akan dihitung adalah gangguan hubung singkat di sisi 20 kV, maka impedansi sumber tersebut harus dikonversikan dulu ke sisi 20 kV, untuk mengonversikannya adalah dengan rumus berikut :

$$\frac{KV_1^2}{Z_1} = \frac{KV_2^2}{Z_2}$$

$$Z_2 = \frac{KV_2^2}{KV_1^2} \times Z_1 \quad (2.33)$$

2. Menghitung Impedansi Transformator

Pada perhitungan Impedansi suatu transformator yang di ambil adalah nilai reaktansinya

$$X_{T1} = X_t \times \frac{MVA_2}{MVA_1} \quad (2.34)$$

$$X_{T2} = X_{total} \times \frac{MVA_2}{MVA_1} \quad (2.35)$$

3. Menghitung Impedansi Penyulang

Impedansi penyulang yang akan dihitung tergantung pada besarnya impedansi per Km (ohm/Km) dari penyulang, dimana nilainya ditentukan dari jenis penghantar, luas penampang dan panjang jaringan. Maka perhitungannya :

$$Z = (R + jX) \times \text{panjang Jaringan} \quad (2.36)$$

Standar PLN 1985 Halaman 64 sebagai acuan dalam perhitungan nilai impedansi penyulang.

Tabel 2. 1 Pengantar SPLN-1985 Halaman 64

Penampang Nominal (mm ²)	Jari – Jari (mm)	Urat	GMR (mm)	Impedansi Urutan Positif	Impedansi Urutan Nol
16	2,2563	7	1,6380	2,0161 + j0,4036	2,6141 + j1,6911
25	2,8203	7	2,0475	1,2903 + j0,3895	1,4384 + j1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,9217 + j0,3790	1,0697 + j1,6665
50	3,9886	7	2,8957	0,6452 + j0,3678	0,7932 + j1,6553
70	4,7193	7	3,4262	0,4608 + j0,3572	0,6088 + j1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3396 + j0,3449	0,4876 + j1,6324
120	6,1791	19	4,6937	0,2688 + j0,3376	0,4168 + j1,6251
150	6,9084	19	5,2365	0,2162 + j0,3305	0,3631 + j1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1744 + j0,329	0,3224 + j1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1344 + j0,3158	0,2824 + j1,6033

4. Menghitung Impedansi Beban

Untuk Mencari nilai daya aktif menggunakan rumus di bawah ini:

$$P = S \times \cos \varphi \quad (2.37)$$

Selanjutnya mencari daya reaktif yaitu sebagai berikut:

$$Q = S \times \sin \varphi \quad (2.38)$$

Kemudian mencari nilai Impedansi dengan rumus sebagai berikut:

$$Z = R + X \quad (2.39)$$

$$R = \frac{(V_{PU})^2 \times S_B \times P}{P^2 + Q^2} \quad (2.40)$$

$$X = \frac{(V_{PU})^2 \times S_B \times Q}{P^2 + Q^2} \quad (2.41)$$

2.4 Sistem Per Unit

Sistem Per Unit merupakan cara penyederhanaan dan memudahkan suatu nilai perhitungan yang sangat bermanfaat dalam analisa sistem tenaga listrik, yang dengan menyatakan suatu nilai tertentu seperti daya, tegangan, arus, impedansi maupun admitansi. Biasanya sistem ini digunakan untuk memudahkan dalam perhitungan terutama pada sistem berbeda – beda level tegangannya maupun kesulitan – kesulitan karena berbagai ukuran sistem – sistem mulai dari pembangkit hingga konsumen.

Ada dua simbol untuk menyatakan kuantitas per unit dari suatu besaran pada peralatan/ komponen tenaga listrik, yaitu [1] : (Pandjaitan, B. 2012)

1. Per Unit atau PU

Per unit merupakan harga perbandingan antara harga / kualitas sebenarnya dengan suatu besaran dasar yang telah dipilih, atau bisa dinyatakan :

$$\text{Harga Per Unit (pu)} = \frac{\text{harga sebenarnya}}{\text{harga dasar (base)}} \quad (2.42)$$

2. Persen (%)

Persen adalah harga per unit dikalikan seratus atau dapat dinyatakan :

$$\text{Harga Persen} = \frac{\text{harga sebenarnya}}{\text{harga dasar (base)}} \times 100\% \quad (2.43)$$

Harga dasar (*base*) yang dipilih / ditentukan tidak perlu secara keseluruhan untuk daya, tegangan, arus, atau impedansi, tetapi cukup ditentukan untuk *base* (MVA) dan tegangan (kV) sebagai relasi untuk mencari harga – harga dasar

lainnya. Sedangkan untuk *base* nya yang lain dapat dicari dari kedua *Base* tersebut, yaitu [1] :

$$\text{Base Arus (KAmpere)} = \frac{\text{base daya (MVA)}}{\sqrt{3} \times \text{base tegangan (kV)}} \quad (2.44)$$

$$\text{Base Impedansi (ohm)} = \frac{[\text{base tegangan (kV)}]^2}{\text{base daya (MVA)}} \quad (2.45)$$

Sedangkan harga per unit dari masing – masing besaran dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Per Unit Tegangan} = \frac{\text{harga tegangan sebenarnya}}{\text{harga base tegangan}} \quad (2.46)$$

$$\text{Per Unit Arus} = \frac{\text{harga arus sebenarnya}}{\text{harga base arus}} \quad (2.47)$$

$$\text{Per Unit Impedansi} = \frac{\text{harga impedansi sebenarnya}}{\text{harga base impedansi}} \quad (2.48)$$

Tetapi, jika *base* daya dan *base* tegangan yang ditentukan bukan daya dan komponen itu sendiri, maka harga per unit impedansinya akan berubah. Dari rumus di atas maka didapatkan persamaan untuk harga impedansi per unit yang baru, adalah:

$$\text{Impedansi}_{\text{baru}}(pu) = \text{Impedansi}_{\text{lama}}(pu) \times \left[\frac{kV_{\text{lama}}}{kV_{\text{baru}}} \right]^2 \times \left[\frac{MVA_{\text{lama}}}{MVA_{\text{baru}}} \right] \quad (2.49)$$

Harga per unit impedansi baru ini juga bisa didapat dengan merubah harga per unit impedansi lama ke dalam besaran Ohm lebih dahulu, kemudian dengan membaginya dengan harga *base* impedansi yang ditentukan.

Hal penting yang perlu diperhatikan dalam perhitungan per unit adalah sebagai berikut:

- a. KV dasar (*base* tegangan) dan kVA dasar (*base* daya) dipilih pada suatu bagian sistem (hanya satu). Nilai-nilai dasar (*base*) untuk suatu sistem tiga fasa diartikan sebagai kiloVolt antar saluran dan MVA.
- b. Kilovolt dasar (*base* tegangan) untuk bagian-bagian lain dari sistem ditentukan oleh angka perbandingan pada transformator, sedang kVA dasar (*base* daya) adalah tetap untuk semua bagian sistem.

Untuk tiga buah transformator fasa tunggal yang dihubungkan sebagai transformator 3 fasa, maka *rating* tiga fasanya ditentukan dari *rating* fasa tunggal masing-masing transformator. Impedansi dalam persen untuk satuan tiga fasa adalah sama tanpa perlu memperhatikan jenis hubungan trafo, dengan impedansi dalam persen untuk masing-masing transformator

2.5 Penutup Balik Otomatis (PBO) / *Recloser*

2.5.1 Pengertian *Recloser*

PBO (*Recloser*) adalah suatu alat otomatis yang mempunyai kemampuan sebagai pemutus arus bila terjadi gangguan hubung singkat yang dilengkapi dengan alat pengindera arus gangguan dan merupakan peralatan pengatur kerja yang telah ditentukan apabila gangguan itu bersifat temporer, maka pemutus arus tidak sampai *lockout* (terkunci). Sedangkan bila terjadi gangguan yang bersifat permanen, maka alat pemutus akan *lockout* (terkunci). (Sarimun, Wahyudi. 2014)

2.5.2 Fungsi *Recloser*

PBO dipasang pada SUTM yang sering mengalami gangguan hubung singkat fase ke tanah yang bersifat temporer, berfungsi untuk: (Sarimun,Wahyudi. 2014)

- Menormalkan kembali SUTM atau memperkecil pemadaman tetap akibatgangguan temporer.
- Pengaman seksi dalam SUTM agar dapat membatasi melokalisir daerah yangterganggu.

2.5.3 Sifat Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)

Recloser memiliki sifat diantaranya sebagai berikut : (Sarimun,Wahyudi. 2014)

- Operasi cepat (*fast tripping*): untuk antisipasi gangguan temporer.
- Operasi lambat (*delayed tripping*): untuk koordinasi dengan pengaman dihilir
- Bila gangguan telah hilang pada operasi cepat maka PBO akan reset kembali ke status awal. Bila muncul gangguan setelah waktu reset, PBO mulai menghitung dari awal.
- *Repetitive* : riset otomatis setelah *recloser success*.
- *Non repetitive* : memerlukan reset manual (bila terjadi gangguan permanen dan bila gangguan sudah dibebaskan).
- PBO atau *Recloser* adalah relai arus lebih sehingga karakteristik PBO

dan OCR adalah sama (lihat karakteristik OCR).

2.6 Relai Arus Lebih / *Over Current Relay* (OCR)

2.6.1 Pengertian OCR

Relai arus lebih atau yang lebih dikenal dengan *Over Current Relay* (OCR) merupakan peralatan proteksi yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau *overload*. Relai ini dapat digunakan sebagai pengaman utama ataupun pengaman cadangan.

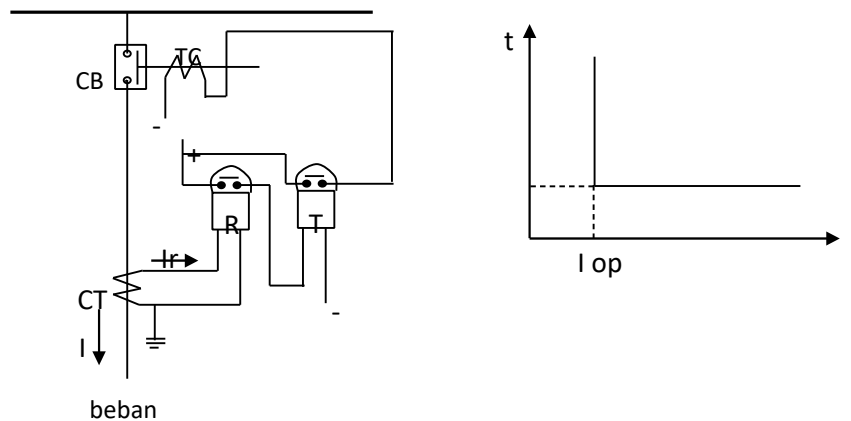
Pada transformator tenaga, OCR hanya berfungsi sebagai pengaman cadangan (*backup protection*) untuk gangguan eksternal atau sebagai *back up* bagi *outgoing feeder*. OCR dapat dipasang pada sisi tegangan tinggi saja, atau pada sisi tegangan menengah saja atau pada sisi tegangan tinggi dan menengah sekaligus. Selanjutnya OCR dapat menjatuhkan PMT pada sisi dimana relai terpasang atau dapat menjatuhkan PMT di kedua sisi transformator tenaga. OCR jenis *definite time* ataupun *inverse time* dapat dipakai untuk proteksi transformator terhadap arus lebih. Sebagai pengaman transformator tenaga dan SUTT bertujuan untuk : (Taqiyyuddin Alawiy, M.(2006)

- Mencegah kerusakan Transformator tenaga atau SUTT dari gangguan hubung singkat
- Membatasi luas daerah terganggu (pemadaman) sekecil mungkin
- Hanya bekerja bila pengaman utama Transformator tenaga atau SUTT tidak bekerja

2.6.2 Jenis Relai Berdasarkan Karakteristik Waktu

2.6.2.1 Relai Arus Lebih Sesaat (*Instantaneous*)

Pada saat terjadi gangguan, arus yang mengalir pada sistem dan melampaui penyetelan dari rele maka rele akan memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk bekerja ke kondisi *pick up* (kondisi rele terbuka), Rele arus lebih dengan karakteristik waktu kerja seketika ialah ketika rele itu trip waktu kerja rele arus *pick up* (kerja) sangat singkat sekitar (20-100 ms). Waktu pengoperasian dapat disetel di suatu harga tertentu untuk harga yang sama dan lebih besar dari nilai *pick up* sehingga waktu operasinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan koordinasi. (Sarimun,Wahyudi. 2014)



Gambar 2. 7 Rangkaian Sederhana Relai Arus Lebih Waktu Tertentu dan Karakteristiknya

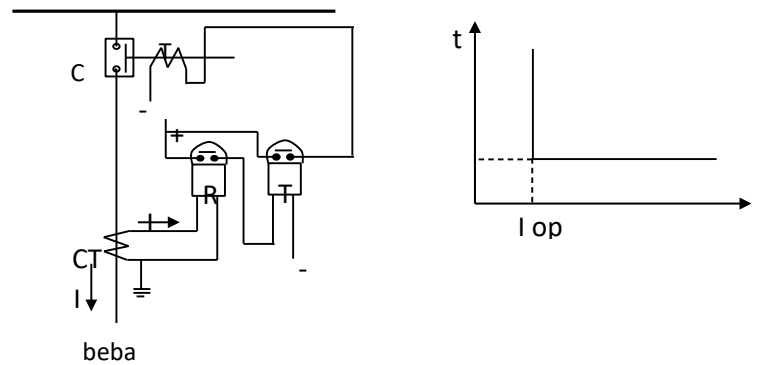
(Sumber : Wahyudi Sarimun, 2014)

2.6.2.2 Relai Arus Lebih *Definite* (*Definite Time*)

Pada saat terjadi gangguan, arus yang mengalir pada sistem dan melampaui penyetelan dari rele maka rele akan memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk bekerja ke kondisi *pick up* (kondisi rele terbuka), Rele arus lebih dengan karakteristik waktu kerja seketika ialah ketika rele itu trip waktu kerja rele arus *pick up* (kerja) sangat singkat sekitar (20-100 ms). Waktu pengoperasian dapat

disetel di suatu harga tertentu untuk harga yang sama dan lebih besar dari nilai *pick up* sehingga waktu operasinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan koordinasi.

(Sarimun,Wahyudi. 2014)



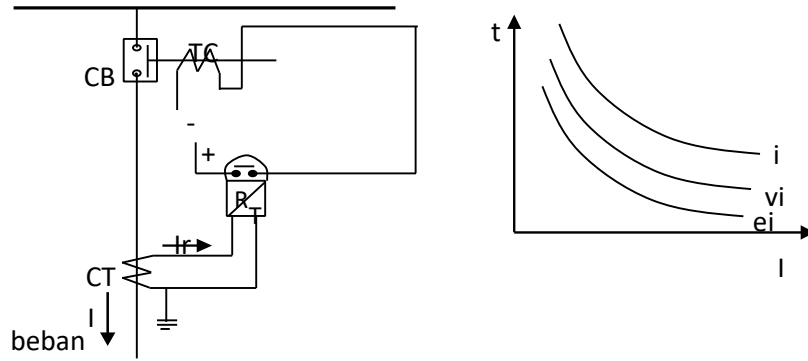
Gambar 2. 8 Karakteristik Waktu Tertentu (definite time) dan Karakteristiknya

(Sumber : Wahyudi Sarimun, 2014)

2.6.2.3 Relai Arus Lebih *Inverse* (*inverse time*)

Rele dengan karakteristik waktu terbalik ialah jenis rele arus lebih dimana jangka waktu mulai rele arus *pick up* sampai selesainya kerja rele mempunyai sifat waktu terbalik untuk nilai arus yang kecil setelah rele *pick up* dan kemudian mempunyai sifat waktu tertentu untuk nilai arus yang lebih besar. Bentuk perbandingan terbalik dari waktu arus ini sangat bermacam – macam, akan tetapi dapat digolongkan sebagai berikut : (Sarimun,Wahyudi. 2014)

1. Berbanding terbalik (*inverse = i*)
2. Sangat berbanding terbalik (*very inverse = vi*)
3. Sangat berbanding terbalik sekali (*extremely inverse = ei*)

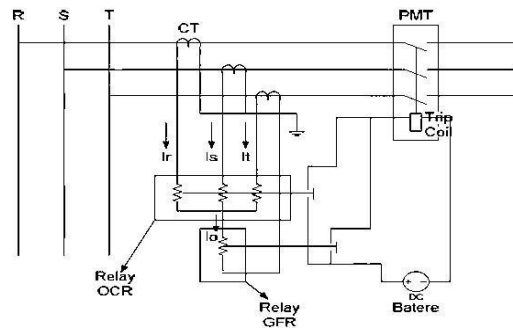


Gambar 2. 9 Karakteristik Waktu Terbalik (inverse) dan Karakteristiknya

(Sumber : Wahyudi Sarimun, 2014)

2.6.3 Prinsip Kerja OCR

Prinsip kerja relai OCR adalah berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relai, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau *overload* (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya. (Sarimun, Wahyudi. 2014)



Gambar 2. 10 Rangkaian Pengawatan Ground Fault Relay (OCR)

(Sumber : Wahyudi Sarimun, 2014)

Cara kerjanya dapat diuraikan sebagai berikut :

- Pada kondisi normal arus beban (I_b) mengalir pada SUTM / SKTM dan oleh trafo arus besaran arus ini di transformasikan ke besaran sekunder (I_r). Arus (I_r) mengalir pada kumparan relai tetapi karena arus ini masih lebih kecil dari pada suatu harga yang ditetapkan (*setting*), maka relai tidak bekerja.

- Bila terjadi gangguan hubung singkat, arus (I_b) akan naik dan menyebabkan arus (I_r) naik pula, apabila arus (I_r) naik melebihi suatu harga yang telah ditetapkan (diatas *setting*), maka relai akan bekerja dan memberikan perintah *trip* pada *tripping coil* untuk bekerja dan membuka PMT, sehingga SUTM/SKTM yang terganggu dipisahkan dari jaringan.
- Menghitung FLA (*Full Load Ampere*)

$$I_n = I_{base} = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV} \quad (2.50)$$

2.6.4 Setting OCR

2.6.4.1 Arus Setting OCR

Setting relai OCR pada sisi primer dan sekunder *transformator* tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal *transformator* tenaga. *Setting* menggunakan karakteristik standar *Invers*, arus *setting* untul relai OCR baik pada sisi primer dan sekunder *transformator* tenaga adalah : (Zulkarnaini. 2016)

- Menghitung arus *setting* primer (*Pick up*)

Untuk relai *inverse* biasa disetting sebesar 1,2 sampai $1,3 \times I_{FLA}$

$$I_{set} = 1,2 \times I_{FLA} \quad (2.51)$$

$$I_s = I_p \times \frac{1}{rasio CT} \quad (2.52)$$

Keterangan :

I_s = *Setting* arus

I_p = Arus nominal pada sisi primer

rasio CT = Ratio *transformator* arus sisi primer

2.6.4.2 Setting Waktu (TMS)

Hasil perhitungan gangguan hubung singkat dipakai untuk menentukan nilai (TMS). Rumus untuk menentukan nilai setelan waktu bermacam – macam sesuai dengan desain pabrik, namun yang akan digunakan adalah *Standard Inverse*. (Zulkarnaini. 2016)

$$TMS = \frac{((\frac{I_{hs3\phi}}{I_{set}}))^{0,02} - 1}{0,14} \times t_{op} \tag{2.53}$$

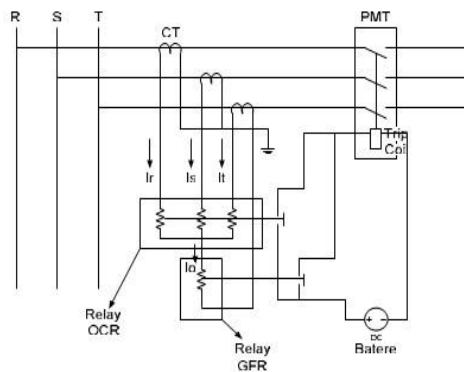
Dan untuk persamaan waktu kerja relay (t) adalah :

$$T_d = \frac{0,14}{[\frac{I_{hs3\phi}}{I_{set}}]^{0,02} - 1} \times TMS \tag{2.54}$$

2.7 Relai Hubung Tanah / Ground Fault Relay (GFR)

2.7.1 Pengertian Ground Fault Relay (GFR)

Relai hubung tanah yang lebih dikenal dengan *Ground Fault Relay* (GFR) mempunyai prinsip kerja yang sama dengan relai arus lebih namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Bila OCR mendeteksi adanya hubung singkat antara fasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat fasa ke tanah. Dibawah ini merupakan gambar rangkaian pengawatan GFR.



Gambar 2. 11 Rangkaian Pengawatan Ground Fault Relay (GFR)

(Sumber : Wahyudi Sarimun, 2012)

2.7.2 Prinsip Kerja *Ground Fault Relay* (GFR)

Pada kondisi normal beban seimbang I_r , I_s , I_t sama besar, sehingga pada kawat netral tidak timbul arus dan relai hubung tanah tidak dialiri arus. Bila terjadi ketidakseimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral sehingga relai hubung tanah akan bekerja

2.7.3 *Setting Ground Fault Relay* (GFR)

2.7.3.1 Arus *Setting* GFR

Setting relai GFR pada sisi primer dan sekunder *transformator* tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal *transformator* tenaga. *Setting* menggunakan karakteristik *Standard Invers*, arus *setting* untuk relai GFR baik pada sisi primer dan sekunder *transformator* tenaga adalah : (Zulkarnaini. 2016)

- Menghitung arus *setting* primer (*Pick up*)

Untuk setelan arus gangguan tanah, digunakan 5 – 12%

$$I_{set} = 5\% \times I_{FLA} \quad (2.55)$$

Berdasarkan persamaan (2.52) maka :

$$I_s = I_p \times \frac{1}{\text{rasio CT}}$$

Keterangan :

I_s = *Setting* arus

I_p = Arus nominal pada sisi primer

rasio CT = Ratio *transformator* arus sisi primer

2.7.4 *Setting Waktu (TMS)*

Hasil perhitungan gangguan hubung singkat dipakai untuk menentukan nilai (TMS). Rumus untuk menentukan nilai setelan waktu bermacam – macam sesuai dengan desain pabrik, namun yang akan digunakan adalah *Standar Inverse*.

$$TMS = \frac{\left(\frac{I_{hs1\phi ketanah}}{I_{set}}\right)^{0,02-1}}{0,14} \times t_{op} \quad (2.56)$$

Berdasarkan persamaan (2.54) untuk persamaan waktu kerja relay (t) adalah :

$$Td = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs1\phi ketanah}}{I_{set}}\right]^{0,02-1}} \times TMS \quad (2.57)$$

2.8 ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 16.0.0

ETAP (*Electrical Transient and Analysis Program*) PowerStation 16.0.0 adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mensimulasikan sistem kelistrikan. ETAP dapat berjalan dalam simulasi daya *offline* dan *online* untuk manajemen data *real-time* atau kontrol sistem *real-time*. Fungsi yang dikandungnya pun beragam, antara lain fitur untuk menganalisis produksi listrik, sistem transmisi, dan sistem distribusi listrik. Bahwa ETAP pada awalnya dirancang dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keselamatan fasilitas nuklir AS kemudian berkembang menjadi sistem pemantauan manajemen energi *real-time* yang mensimulasikan, mengontrol dan mengoptimalkan sistem energi listrik (Awaluddin, 2007).

Analisis sistem kelistrikan yang dilakukan dengan ETAP meliputi: Analisis arus suplai, analisis hubung singkat, analisis busur listrik, penyalan motor, koordinasi proteksi, analisis stabilitas transien, dan banyak lagi. ETAP memiliki dua jenis standar yang digunakan untuk analisis kelistrikan yaitu ANSI dan IEC. Perbedaan antara kedua standar ini pada dasarnya adalah frekuensi yang digunakan,

yang menyebabkan perbedaan spesifikasi peralatan menurut frekuensi tersebut. Simbol elemen listrik yang digunakan dalam analisis ETAP juga berbeda.

2.8.1 Analisa Gangguan Hubung Singkat

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis hubung singkat dengan 2 metode yaitu melalui simulasi dengan menggunakan ETAP 16.0.0 dan juga dengan perhitungan secara manual. Perhitungan arus hubung singkat mencakup arus gangguan hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa ke tanah. Hasil perhitungan akan divalidasi dengan hasil simulasi *short circuit analysis* pada program ETAP 16.0.0.

2.8.2 Analisa Hubung Singkat dengan ETAP 16.0.0

Dalam ETAP 16.0.0 memiliki 2 jenis standar analisis hubung singkat, yaitu analisis berdasarkan standar ANSI dan analisis berdasarkan standar IEC

- Analisis Hubung Singkat ANSI

Analisis hubung singkat dengan standar ANSI dapat melakukan perhitungan hubung singkat dengan menggunakan berbagai jenis siklus. Pada setengah siklus pertama, kemudian 4 siklus, dan terakhir dengan 30 siklus hubung singkat



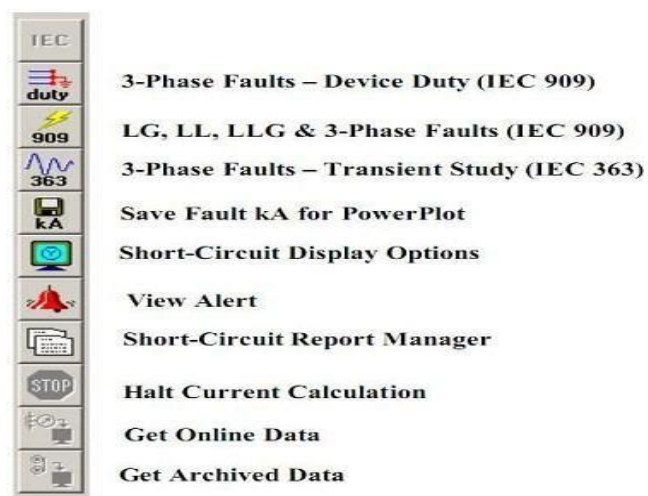
Gambar 2. 12 Toolbar Analisa Hubung Singkat ANSI

(Sumber : Modul ETAP, 2016)

- *3-Phase Fault Device Duty* : untuk menganalisis gangguan 3 fasa.
- *3-Phase Faults - 30 Cycle Network* : untuk menganalisis gangguan 3 fasa pada system dengan waktu 30 cycle.
- *LG, LL, LLG, & 3-Phase Faults - 1/2 Cycle*: untuk menganalisis gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa selama 1/2cycle
- *LG, LL, LLG, & 3-Phase Faults - 1.5 to 4 Cycle*: untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa antara 1,5 sampai 4 cycle.
- *LG, LL, LLG, & 3-Phase Faults - 30 Cycle*: untuk menganalisis gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa selama 30 cycle.
- *Save Fault kA for Power Plot*: untuk studi lebih lanjut dengan program *power plot* yang berhubungan dengan koordinasi.
- *Short circuit Display Options*: untuk mengatur hasil *short circuit* yang

ditampilkan sesuai dengan peralatan yang operasi.

- *Short circuit Report Manager*: untuk menampilkan hasil *short circuit*.
- *Halt Current Calculation*: untuk menghentikan proses *running shortcircuit*.
- *Get Online Data*: untuk menyalin data *online* jika komputer interkoneksi dengan menggunakan PSMS (*online feature*).
- *Get Archived Data*: untuk menyalin data *online* jika komputer terinterkoneksi.
- Analisis Hubung Singkat IEC Analisis hubung singkat dengan standar IEC memiliki perbedaan dengan ANSI. Perbedaan analisis tidak dilakukan berdasarkan siklus gangguan, hanya berdasarkan kontribusi peralatan dan juga kondisi tertentu.

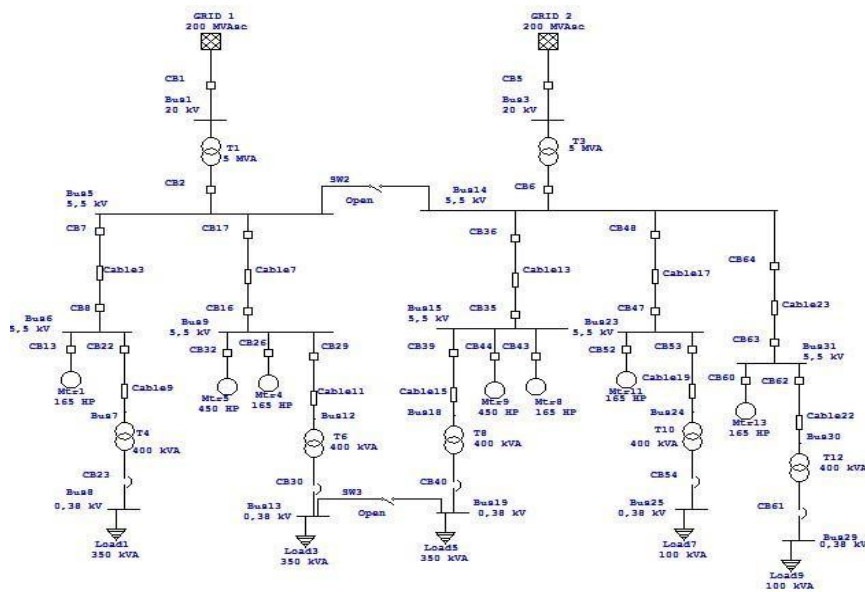


Gambar 2. 13 Toolbar Analisa Hubung Singkat IEC

(Sumber : Modul ETAP, 2016)

- *3-Phase Faults - Device Duty (IEC909)*: untuk menganalisis gangguan 3 fasa sesuai standar IEC 909.
- *LG, LL, LLG, & 3-Phase Faults (IEC 909)* : untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa dengan standar IEC 909.

- *3-Phase Faults - Transient Study (IEC 363)*: untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa dengan standar IEC 363.
- *Save Fault kA for Power Plot*: untuk studi lebih lanjut dengan program *power plot* yang berhubungan dengan koordinasi.
- *Short circuit Display Options*: untuk mengatur hasil *short circuit* yang ditampilkan sesuai dengan peralatan yang operasi.
- *Short circuit Report Manager*: untuk menampilkan hasil *short circuit*
- *Halt Current Calculation*: untuk menghentikan proses *running short circuit*
- *Get Online Data*: untuk menyalin data *online* jika komputer interkoneksi dengan menggunakan PSMS (*online feature*).
- *Get Archived Data*: untuk menyalin data *online* jika komputer terinterkoneksi.



Gambar 2. 14 Tampilan ETAP Diagram Satu Garis

(Sumber : Modul ETAP, 2016)

2.9 Penelitian Terkait

Berdasarkan studi tentang analisa kualitas daya listrik pada ruangan atau gedung sudah banyak dilakukan. Beberapa penelitian yang signifikan sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Penelitian Terkait

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
1.	Analisa <i>Resetting Over Current Relay</i> dan <i>Ground Fault Relay</i> pada Trafo 60 MVA 150/20 kV dan penyulang 20 kV Gardu Induk Padang Sambian	Indra Gunawan , Wayan Rinas , I Gusti Ngurah Janardana	Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana	Kajian ini dilakukan karena penambahan trafo dan rekonfigurasi saluran listrik 20 kV menyebabkan perubahan set point OCR dan GFR. Nilai-nilai pengaturan OCR dan GFR kemudian dihitung untuk meminimalkan gangguan. Hasil analisis yang diperoleh dari penelitian ini adalah set point arus OCR pada sisi input 0,91 A dengan TMS 0,2 SI dan sisi output OCR 2,63 A dengan TMS 0,161 SI. Hasil simulasi ETAP menunjukkan bahwa kurva koordinasi fitur OCR dan GFR saat ini tidak bersilangan waktu, menunjukkan bahwa koordinasi berjalan dengan baik dan memenuhi persyaratan sensitivitas, keandalan, selektivitas, dan kecepatan.
2.	Koordinasi <i>Over Current Relay (OCR)</i> dan Penutup	Firdaus, M	Program Studi Teknik Elektro, Fakultas	Kajian ini dilakukan untuk mengatasi gangguan hubung singkat dengan

	Balik Otomatis (<i>Recloser</i>) pada Penyulang Junrejo 20 kV Gardu Induk Sengkaling		Teknik, Universitas Brawijaya	mengkoordinasikan upaya pengamanan jaringan distribusi untuk mengisolasi gangguan dan melindungi jaringan distribusi dan peralatan di jaringan distribusi gardu induk Seling. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan arus hubung singkat 3 fasa dan 2 fasa yang digunakan sebagai recloser dan setting OCR. Hasil perhitungan dan analisis menunjukkan bahwa terjadi kesalahan koordinasi antara perangkat input dan OCR, sedangkan relai sisi input sudah bekerja dengan karakteristik relai di re-switch ($t = 40$ milidetik). rentang operasi dengan waktu operasi 0,3 detik. Ini dapat menyebabkan OCR sisi input, yang merupakan perlindungan cadangan, dibandingkan dengan recloser, yang merupakan keamanan utama. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan dan analisis ulang dengan mengubah setting OCR pada sisi input menggunakan fungsi invers.
3.	Analisis <i>Setting Over Current Relay</i> (OCR) dan <i>Ground Fault Relay</i> (GFR) Pada Recloser Hangtuah Feeder Kulim PT. PLN	Shahnaz Annisa	Program Studi Teknik Elektro, Fakultas SAINTEK, UIN SUSKA Riau	Arus gangguan hubung singkat penyulang Kulim pada titik maksimum fasa 1 adalah 222,7 A, fasa 2 adalah 932,836 A dan fasa 3 adalah 1078,5 A. Waktu operasi rele OCR dan GFR pada titik maksimum fasa 1 adalah 0,99 detik, fasa 2 adalah

	(Persero) Area Pekanbaru			0,298 detik dan fasa 3 adalah 0,297 s, dan arus setting OCR pada titik maksimum adalah 300 A dan arus setting GFR adalah 30 A. Berdasarkan perhitungan dan analisa, setting relai yang terpasang kurang baik, karena alarm sebelum lebih besar dari setelah itu, dan perbedaan antara nilai pengaturan yang diperoleh berbeda, sehingga disarankan untuk mereset relai OCR dan GFR sesuai dengan nilai arus gangguan dan waktu operasi relai hasil perhitungan. Besarnya arus hubung singkat dipengaruhi oleh jarak ke titik gangguan, semakin jauh titik gangguan semakin kecil arus hubung singkat dan sebaliknya.
4.	Evaluasi Koordinasi OCR dan GFR pada <i>Feeder</i> GH Lubuk Buaya	Zulkarnaini	Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Padang	Penelitian ini dilakukan karena terjadi perubahan pada pembangkit Sumatera Tengah yang mempengaruhi nilai MVA hubung singkat gardu induk. Dan juga penambahan beban Penyulang Adinegoro yang harus memikul beban penyulang air tawar sehingga beban menjadi dua kali lipat dari beban semula (70 A menjadi 13 A) dan juga panjang jaringan bertambah dari 11,87 km menjadi 0,57 km. Hasil evaluasi menemukan bahwa setpoint torsi OCR

				<p>saat ini untuk setiap GH masuk dan keluar harus diubah menjadi II-3 karena kurang efisien. Pengaturan arus terlalu kecil untuk relai masuk untuk secara konsisten mendeteksi arus hubung singkat pada jarak kesalahan kurang dari 30% dari panjang setiap relai keluar. Kemudian diperoleh nilai setting yang dapat meminimalisir trip (gangguan) pada feeder. Kesamaan penelitian ini dengan penulis adalah berkaitan dengan OCR dan GFR.</p>
5.	<p>Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung</p>	<p>Ade Wahyu Hidayat, Herri Gusmedi, Lukmanul Hakim, Dikpride Despa</p>	<p>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung</p>	<p>Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung besarnya hubung singkat, menentukan setting alat pelindung dan membandingkannya dengan setting yang dipasang di lapangan. Dengan menghitung besar arus hubung singkat, kita dapat menentukan pengaturan arus dan waktu alat pelindung dengan persamaan yang diberikan. Hasil perhitungan dan kondisi di lapangan masih dapat digolongkan baik dengan perbedaan nilai yang kecil saja, namun ada satu alat pelindung yang perlu direset karena sudah tidak sesuai lagi.</p>