

ANALISIS PENGAMAN GANGGUAN ARUS HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 20 kV DI INDUSTRI MENGGUNAKAN ETAP

By Amirullah Amirullah

ANALISIS PENGAMAN GANGGUAN ARUS HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 20 kV DI INDUSTRI MENGGUNAKAN ETAP

Amirullah¹, Eri Fitrianto²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya
Jl. Ahmad Yani 114 Surabaya
Email: am9520012003@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan melakukan evaluasi nilai setting arus dan waktu rele arus lebih di industri apakah setting rele sudah sesuai dengan kondisi daya sekarang dan perkembangan kebutuhan daya di masa mendatang. Tujuannya adalah supaya sistem proteksi menggunakan rele arus lebih mampu memberikan perlindungan yang lebih andal, peka, cepat, selektif, dan ekonomis jika terjadi gangguan hubung singkat. Metode penelitian adalah menggunakan analisis hubung singkat pada setiap bus di industri. Nilai arus hubung singkat dipakai untuk menentukan setting arus, PSM, TMS, dan waktu kerja rele arus lebih. Setting rele arus lebih ini selanjutnya akan divalidasi dengan nilai setting arus dan waktu lebih yang dipakai dilapangan atau eksisting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setting arus lebih di industri jika daya disuplai dari PLTG dan PLN sudah memenuhi persyaratan. Namun nilai setting PSM, TMS, dan waktu kerja rele jika daya disuplai dari PLTG dan PLN masih belum memenuhi persyaratan karena menghasilkan nilai MAPE lebih besar dari 0,05 atau 5%. Berdasarkan nilai tersebut maka harus dilakukan evaluasi kembali terhadap nilai setting PSM, TMS, dan waktu kerja rele arus lebih untuk suplai daya dari PLTG dan PLN di industri. Industri yang dipilih adalah PT. Miwon Indonesia. Penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak atau *software* ETAP versi 4.0.

Kata Kunci: Rele arus lebih, Hubung singkat, Setting arus, PSM, TMS, Waktu kerja rele, ETAP

1. Pendahuluan

Industri umumnya membutuhkan pasokan daya listrik secara kontinu dan tidak boleh terputus selama 24 jam. Kecuali pada hari libur atau kegiatan lain yang memaksa dilakukan pemadaman misalnya ketika terjadi gangguan atau perawatan terhadap peralatan utama industri. Keutamaan energi listrik untuk meningkatkan hasil produksi tentu membutuhkan pula peningkatan layanan penyaluran daya listrik dari pusat pembangkit, transmisi, distribusi, sampai dengan pusat beban. Kondisi ini membutuhkan sistem penyaluran tenaga listrik dengan keandalan tinggi. Keandalan pasokan daya listrik dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara-lain: adanya sumber tenaga listrik dan sumber daya cadangan (*captive-power*) yang mencukupi, efisiensi penyaluran tinggi, serta instalasi dan perawatan jaringan peralatan yang memadai. Keandalan sistem kelistrikan ditentukan dari kemampuan sistem tersebut untuk tetap memasok daya saat terjadi gangguan sistem, dengan cara membatasi gangguan supaya tidak semakin meluas. Penggunaan rele arus lebih pada saluran distribusi dapat menimbulkan harmonisa. K. Burak Dalci, et. al., telah melakukan penelitian mengenai dampak gangguan harmonisa akibat penggunaan rele arus lebih elektromekanis. Tumiran et. al., juga membahas dampak beban harmonisa pada rele arus lebih terhadap proteksi sistem distribusi.

Gangguan di industri umumnya berbentuk arus lebih. Arus lebih disebabkan oleh gangguan hubung singkat dan gangguan akibat beban lebih. Mayoritas gangguan arus lebih di industri disebabkan oleh hubung singkat pada saluran penghantar, generator, motor, atau panel industri. Peralatan yang

digunakan untuk mengamankan gangguan tersebut adalah rele arus lebih atau *over current rele*. Rele arus lebih adalah pengaman utama pada saluran distribusi dan pengaman cadangan pada saluran transmisi. Untuk mengatasi gangguan arus lebih, diperlukan koordinasi kerja antara rele arus lebih dengan *circuit breaker* (CB). Tujuannya adalah ketika terjadi arus lebih gangguan hubung singkat dan nilainya diatas setting arus yang ditentukan, maka rele arus lebih harus bekerja dengan memberikan perintah kepada CB membuka saluran yang terganggu. Sebaliknya ketika terjadi arus hubung singkat, tetapi nilainya masih berada dibawah setting arus yang ditentukan, maka rele arus lebih tidak boleh bekerja.

PT. Miwon Indonesia merupakan salah satu industri *Monosodium Glutamate* (MSG) terbesar di Indonesia. Selain MSG, industri ini juga menghasilkan produk sampingan yaitu pupuk. Kebutuhan listrik PT. Miwon Indonesia dipasok dari PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) yaitu gardu induk (GI) 150 kV yang secara khusus mensuplai kebutuhan listrik industri ini. Selain PLN, perusahaan ini juga mempunyai empat pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) yang dipakai dalam kondisi darurat. Untuk menjaga keandalan pasokan tenaga listrik di industri ini diperlukan evaluasi terhadap setting arus dan waktu rele arus lebih. Evaluasi ini diperlukan untuk menyelidiki apakah setting arus lebih yang ada sekarang sudah sesuai dengan kondisi daya sekarang dan perkembangan kebutuhan daya di masa mendatang. Metode penelitian adalah menggunakan analisis hubung singkat pada setiap bus di PT. Miwon Indonesia. Nilai arus hubung singkat ini dipakai untuk menentukan setting arus dan waktu kerja rele arus

lebih. Setting rele arus lebih ini selanjutnya akan divalidasi dengan nilai setting arus lebih yang dipakai dilapangan atau eksisiting dan dipakai sebagai evaluasi untuk perbaikan nilai setting arus lebih pada masa mendatang. Penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak atau software ETAP versi 4.0.

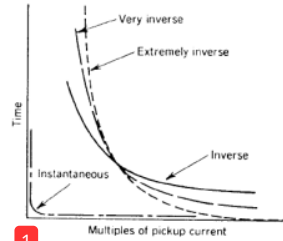
2. Kajian Pustaka

2.1. Rele Arus Lebih

Rele pengaman arus lebih atau *over current rele* adalah pe3ralatan yang mampu mengukur dan merasakan arus tidak normal pada suatu peralatan dan bagian sistem tenaga listrik dan secara otomatis memberi perintah membuka CB, supaya memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan 2memberi isyarat berupa sinyal lampu atau alarm. Rele arus lebih bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu, dan 13am jangka waktu tertentu, rele arus lebih akan bekerja bila besarnya arus input melebihi nilai arus kerja, a2s kerja tertentu merupakan kerja *pick - up* yang dinyatakan menurut kumparan sekunder transformator arus (CT). Rele arus lebih akan 4ekerja men-*trip*-kan pemutus tenaga atau CB, pemutus tenaga dipasang pada generator, transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi, dsb. Fungsi pemutus tenaga adalah memisahkan suatu sistem 4demikian rupa, sehingga jika terjadi gangguan sistem lainnya dapat beroperasi secara normal.

2.2. Karakteristik Rele Arus Lebih

Karakteristik rele arus lebih tergantung pada besar kecilnya arus gangguan yang mengalir pada jaringan 5tribusi tegangan menengah tersebut. Besar kecilnya arus gangguan yang terjadi pada jaringa 5ni tergantung pada sistem pertanahan netral. Untuk arus gangguan yang tidak tergantung pada titik gangguan dipakai rele tipe independent time delay, sedangkan untuk area gangguan yang terg4tung pada titik gangguan dipakai rele dengan tipe *inverse time delay*. Rele pengaman arus lebih dengan waktu seketika adalah rele yang jangka waktu kerjanya dari pick-up sampai seles7diperpanjang dengan nilai tertentu dan operasinya tidak dipengaruhi oleh besa2ya arus gangguan yang lewat pada rele tersebut. Rele arus lebih dengan waktu a9s berbanding terbalik adalah rele yang mempunyai waktu operasi semakin singkat untuk arus gangguan yang semakin lama. Kurva karakteristik rele arus lebih dengan waktu arus berbanding terbalik ditunjukkan pada Gambar 2 (Titarenko M. et. at, 2006).



Gambar 1. Kurva karakteristik rele arus lebih dengan waktu arus berbanding terbalik.

2.3. Penyetelan Rele Arus Lebih

Rele arus lebih berguna untuk membebaskan gangguan yang terjadi pada saluran dan peralatan yang terhubung dengan sistem. Pada penyetelan dan koordinasi rele 5ngaman hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu arus gangguan yang mengalir pada masing-masing bag2h dari jaringan dapat diperhitungkan. Data yang perlu diperhatikan dalam penyetelan rele pengaman adalah sebagai berikut:

1. Data impedansi transformator, generator dan 5luran.
2. Arus hubung singkat maksimum dan minimum 5ng mengalir melalui peralatan.
3. Arus beban maksimum yang mengalir melalui peralatan pengaman.
4. 1Kurva karakteristik.

2.4. Rele Arus Lebih Untuk Gangguan Antar Fasa

Pada rele arus lebih untuk gangguan hubung singkat antar fasa yaitu gangguan tiga fasa dan dua fasa dapat digunakan dengan tiga buah rele atau hanya dengan dua rele. Pengaman arus lebih dengan dua buah rele telah mencukupi untuk gangguan antar fasa mengingat adanya gangguan hubung singkat dua fasa salah satu rele atau keduanya akan bekerja tergantung fasa yang terganggu, misalnya gangguan antar fasa R-S maka rele R akan bekerja, fasa S-T maka rele T yang bekerja sedang untuk gangguan R-T maka rele fasa R ataupun T akan bekerja.

2.4.1. Setting Arus

Pengaman arus lebih dengan tiga buah rele jelas lebih sempurna, karena setiap gangguan antar fasa lebih dari satu rele yang bekerja, sehingga bila satu rele gagal bekerja rele yang lainnya masih dapat bekerja, dengan demikian keandalannya dapat dijamin. Pada rele 1arus lebih untuk gangguan antar fasa persyaratan yang perlu diperhatikan adalah rele arus lebih mengamankan seksi yang bersangkutan dan memberikan cadangan minimal satu seksi didepannya. Batas atas 1dalam setting rele arus lebih adalah (Titar 1ko M. et. at, 2006):

$$I_s = 0.8 \times I_{f \min} \tag{1}$$

Keterangan :

- I_s = Setting arus rele 1
- $I_{f \min}$ = Arus gangguan hubung singkat dua fasa dengan pembangkitan minimum yang terjadi diujung seksi berikutnya.

Rele arus lebih tidak boleh bekerja pada beban maksimum. Dengan menggunakan faktor keamanan 1.05 dan perbandingan arus kembali dan arus kerja untuk rele jenis inverse, batasan bawah setting arus adalah:

$$I_s = 1.05 \times I_{nom} \tag{2}$$

Keterangan:

I_{maks} : Arus maksimum yang diijinkan pada peralatan umumnya di 80% dari arus nominal.

Persyaratan setting arus dapat ditulis sebagai berikut:

$$1.05 \times I_{nom} \leq I_s \leq 0.8 \times I_{fmin} \tag{3}$$

Keterangan:

I_{nom} : Arus nominal yang melewati peralatan

I_{fmin} : Arus gangguan pada pembangkit minimum

2.4.2. Setting Waktu

Pada sistem ini biasanya dipergunakan pada rele arus lebih waktu inverse dan kurva karakteristik yang banyak dipergunakan adalah karakteristik IDMT (*Inverse Definite Minimum Time*), dimana memungkinkan penggunaan range arus yang besar dan rele dapat disetel pada waktu minimum tertentu sesuai kebutuhan. Pada sistem tingkat arus dan waktu terdapat dua hal yang harus diperhatikan dalam penyetapan yaitu TMS (*Time Multiplier Setting*) yang dirumuskan pada Persamaan 4:

$$TMS = \frac{T}{T_m} \tag{4}$$

Keterangan:

T = waktu yang dibutuhkan rele untuk bekerja

T_m = waktu yang didapatkan dari kurva karakteristik rele

TMS = 10 dan mempergunakan nilai ekuivalen PMS untuk arus gangguan maksimum.

Persamaan 5 menunjukkan nilai PSM atau *Plug Setting Multiplier*.

$$PSM = \frac{\text{Arus pada sisi primer}}{\text{Setting arus rele} \times CT \text{ ratio}} \tag{5}$$

Berdasarkan nilai PSM dan TMS, selanjutnya diperoleh nilai waktu kerja rele sesuai Persamaan 6.

$$T_{setting} = \frac{0.14}{[PSM]^{0.02} - 1} \times TMS \tag{6}$$

2.5. Analisis Mean Average Percentage Error

Analisis penentuan tingkat kesalahan (error) merupakan karakteristik penting yang dibutuhkan untuk mengetahui akurasi hasil perhitungan antara data lapangan dengan data hasil analisis perhitungan. Nilai akurasi perhitungan setting arus dan waktu kerja rele arus lebih ditunjukkan oleh nilai *Mean Average Percentage Error* (MAPE) dan ditunjukkan pada Persamaan 7.

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \frac{|L_{\text{seungguhnya}} - L_{\text{hasil analisis}}|}{L_{\text{seungguhnya}}} \tag{7}$$

Keterangan:

$L_{\text{sebenarnya}}$ = setting rele arus lebih sesungguhnya

$$\frac{L_{\text{sebenarnya}}}{N} = \frac{\text{setting rele arus lebih hasil analisis}}{\text{jumlah data}}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gardu induk PT.Miwon Indonesia

Gardu Induk (GI) PT. Miwon Indonesia merupakan gardu induk pasangan luar. Lokasi GI terletak di Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik dan dibangun diatas tanah seluas 4500 m² dengan luas bangunan 1622 m². GI PT Miwon Indonesia mempunyai kelas tegangan 150/20 kV dan disuplai dari GI 500 kV Krian melalui kabel udara 150 kV berjumlah dua sirkuit dengan menggunakan jenis *oil filled* kabel 3x1x800 mm² yang berfungsi menyalurkan daya listrik ke industri ini melalui dua transformator daya 150/20 kV-60 MVA dan 150/20 kV-60 MVA. Gambar 3 (Lampiran) menunjukkan diagram segaris penyulang PT. Miwon Indonesia Tabel 1 menunjukkan spesifikasi transformator daya di industri ini (Anonim, 2008).

Tabel 1. Spesifikasi Transformator

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Merk	Unindo
2	Buatan	Indonesia
3	Tipe	TTH-RV
4	Nomor seri	A9415165-4
5	Tahun pembuatan	1994
6	Standart	IEC 76-1976
7	Tegangan	150/20 kv
8	Arus primer	192,45 amp
9	Arus sekunder	1443,4amp
10	Vektor grup	YNynO(dl)
11	Sistem pendingin	Onan /Onaf
12	Impedansi	12,5%
13	Kapasitas daya	60 MVA
14	Jumlah belitan	3
15	Jenis minyak	Diala B
16	Berat total	90970 KG

Daya listrik dengan tegangan 20 kV dari sisi sekunder Transformator 2 disalurkan melalui *cell incoming* yang berada dalam Ruang *High Voltage Cell* 20 kV. Dari ruangan ini arus beban mengalir pada bus tegangan menengah di *cell out going* penyulang dan selanjutnya didistribusikan kepada masing-masing transformator beban. Tabel 2 menunjukkan data transformator beban (Anonim, 2008).

Tabel 2. Data transformator beban

Transformator	Rating Daya (kVA)	Tegangan Sekunder (kV)	Pentanahan
TR – A	1500	0.525	Δ – Y Resistor Grd
TR – B	1500	0.525	Δ – Y Resistor Grd
TR – C	1500	6.9	Δ – Y Resistor Grd
TR – D	1000	0.4	Δ – Y Resistor Grd

TR – E	750	0.525	$\Delta - Y$ Resistor Grd
TR – F	5000	6.9	$\Delta - Y$ Resistor Grd
TR – G	5000	6.9	$\Delta - Y$ Resistor Grd

Sumber: PT. Miwon Indonesia

3.2. Data Peralatan PT. Miwon Indonesia

3.2.1. Data Transformator

Peralatan yang dilindungi oleh rele arus lebih adalah bus dan transformator daya. Tabel 3 menunjukkan data rating transformator daya di PT. Miwon Indonesia ditinjau dari sisi sekunder (Anonim, 2008).

Tabel 2. Rating Transformator Daya

ID	KVA	I max (A)	Z(%)
TR A	1500	1649.6	5.75
TR B	1500	1649.6	5.75
TR C	1500	125.5	5.5
TR D	1000	1443.4	10
TR E	750	825	5.75
TR F	5000	418.4	6.5
TR G	5000	418.4	6.5

3.2.2 Data Busbar

Tabel 4 menunjukkan data rating bus pada sistem 20 kV (Anonim: 2008)

Tabel 4. Rating Bus

Tranformator	Rating Daya (kVA)	Tegangan Sekunder (kV)
TR A	1500	0.525
TR B	1500	0.525
TR C	1500	6.9
TR D	1000	0.4
TR E	750	0.525
TR F	5000	6.9
TR G	5000	6.9

3.2.3. Data Peralatan Pengaman

Tabel 5 menunjukkan data peralatan pengaman pada PT.Miwon Indonesia (Anonim 2008).

Tabel 5. Peralatan pengaman

Rating Tegangan	Rating Peralatan yang dilindungi	Rele yang digunakan
20 kV	Busbar, Transformator	Toshiba NCO11P
6,9 kV	Busbar, Transformator	Siemens 7SJ60
6,9 kV	Busbar, Transformator	Siemens 7SJ60
0,5 kV	Busbar, Transformator	Siemens 7SJ60
0,4 kV	Busbar, Transformator	Siemens 7SJ60

Peralatan utama untuk mendukung kerja rele adalah tranformator arus atau CT. Pemilihan rating CT didasarkan pada arus gangguan dan rele yang

digunakan. Tabel 6 menunjukkan rating CT pada peralatan pengaman di penyulang GI. PT.Miwon Indonesia (Anonim, 2008).

Tabel 6. Rating CT Penyulang

Feeder	Type	Service	CT
MCC A	NCO11P	TRA	150/5
	Siemens 7SJ60	Incoming	2500/5
MCC B	NCO11P	TRB	150/5
	Siemens 7SJ60	Incoming	2500/5
MCC C	NCO11P	TRC	150/5
	Siemens 7SJ60	Incoming	200/5
MCC D	NCO11P	TRD	100/5
	Siemens 7SJ60	Incoming	2000/5
MCC E	NCO11P	TRE	75/5
	Siemens 7SJ60	Incoming	1200/5
MCC F	NCO11P	TRF	400/5
	Siemens 7SJ60	Incoming	700/5
MCC G	NCO11P	TRG	400/5
	Siemens 7SJ60	Incoming	700/5
SWGR 1	NCO11P	Incoming	2000/5

3.3 Arus Hubung Singkat 3 Fasa Pada Penyulang PT.Miwon Indonesia

Dengan data yang lengkap diatas maka bisa dihitung berapa arus gangguan di setiap bus pada pembangkitan maksimum dan minimum. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diperoleh arus gangguan minimum dan maksimum. Penentuan arus hubung singkat pada MCC adalah sebagai berikut:

Untuk MCC A :

$$Z_{base} = \frac{(KV_{base} 3\phi)^2}{MVA_{base} 3\phi} = \frac{0.5^2}{1.5} = 0,1667 \Omega$$

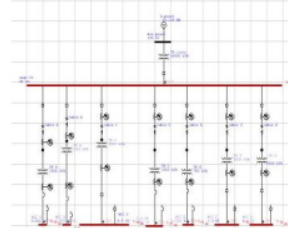
Perhitungan MCC A untuk pembangkitan maksimum

$$I_{sc_3\phi} = \frac{I_{maks}}{\%Z} \times 100 \times 1,075 = \frac{1649.6}{5.75} \times 100 \times 1,075 = 30840 \text{ A} = 30.840 \text{ kA}$$

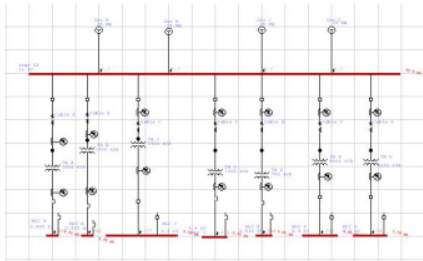
Dengan cara yang sama untuk pembangkitan minimum maka didapat hubung singkat dua fasa :

$$I_{sc_2\phi} = 0.866 \times I_{sc_3\phi} = 0.866 \times 30840 = 26707 \text{ A} = 26.707 \text{ KA}$$

Analisis perhitungan arus hubung singkat selanjutnya dilakukan menggunakan software ETAP 4.0. Gambar 4 dan 5 menunjukkan diagram segaris satu fasa di PT Miwon Indonesia dengan pasokan daya listrik disuplai dari GI PLN dan PLTG. Analisis hasil perhitungan arus hubung singkat ditunjukkan pada Tabel 7.



Gambar 4. Rangkaian simulasi ETAP dengan daya disuplai dari PLN

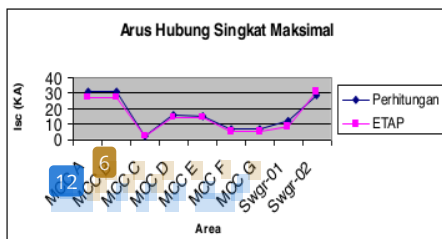


Gambar 5. Rangkaian simulasi ETAP dengan daya disuplai dari PLTG

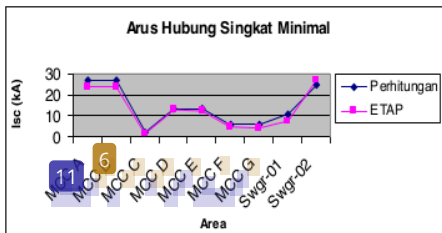
Tabel 7. Arus hubung singkat pada setiap bus

ID	kV	Manual		ETAP	
		Isc max (kA)	Isc min (kA)	Isc max (kA)	Isc min (kA)
MCC A	0.5	30.84	26.707	27.427	23.751
MCC B	0.5	30.84	26.707	27.52	23.832
MCC C	6.9	2.452	2.124	2.14	1.853
MCCD	0.4	15.515	13.436	14.615	12.656
MCC E	0.5	15.423	13.357	14.382	12.454
MCC F	6.9	6.919	5.992	5.284	4.575
MCCG	6.9	6.919	5.992	5.045	4.363
Swgr-01	20	12.413	10.749	8.583	7.432
Swgr-02	11	28.565	24.737	30.868	26.731

Gambar 6 menunjukkan perbandingan arus hubung singkat maksimum setiap bus menggunakan perhitungan manual dan software ETAP. Gambar 7 menunjukkan perbandingan arus hubung singkat minimum setiap bus menggunakan perhitungan manual dan software ETAP.



Gambar 6 Perbandingan arus hubung singkat maksimum setiap bus menggunakan perhitungan manual dan software ETAP



Gambar 7. Perbandingan arus hubung singkat minimum setiap bus menggunakan perhitungan manual dan software ETAP

Analisis Setting Rele Pengaman

Analisis perhitungan setting arus dan waktu kerja rele arus lebih dilakukan setelah nilai arus

nominal dan arus gangguan pada peralatan ditentukan sebelumnya. Tujuannya adalah untuk melindungi peralatan supaya terhindar dari kerusakan akibat mengalirnya arus gangguan yang terlalu besar bagi peralatan, sekaligus meminimalisasi daerah yang terkena pemutusan aliran daya karena adanya gangguan pada peralatan atau jaringan lain.

3.4.1 Perhitungan Setting Rele Arus Lebih dengan Daya disuplai dari PLTG

Analisis perhitungan setting arus dan waktu dilakukan pada Feeder 1 dimulai pada Feeder Incoming TR A dan Incoming MCC A

Rele A Incoming Transformator A

❖ Setting arus

- Batas Minimum

Dengan menggunakan Persamaan 2, maka batas minimum setting arus lebih adalah:

$$I_{Set} = 1.05 \times I_n = 1.05 \times 78.73 = 82.66 \text{ A}$$

$$I_{Set_CT} = I_{Set} \times \text{Ratio CT} = 82.66 \times \frac{5}{150} = 2.75 \text{ A}$$

$$PSM = \frac{I_{SC_Maks}}{I_{Set}} = \frac{12413,2}{82.66} = 150 \text{ A}$$

- Batas Maksimum

Dengan menggunakan Persamaan 3, maka batas maksimum setting arus lebih adalah:

$$I_{Set} = 0.8 \times I_{sc_min} = 0.8 \times 10749,8 = 8599.8 \text{ A}$$

❖ Setting waktu

Dengan menggunakan Persamaan 4, maka waktu kerja rele arus lebih adalah:

$$T_{Set} = \frac{0.14}{[150]^{0.02} - 1} \times 0,8 = 1,12 \text{ detik}$$

Rele A incoming MCC A

❖ Setting arus

- Batas Minimum

Dengan menggunakan Persamaan 2, maka batas minimum setting arus lebih adalah:

$$I_{Set} = 1.05 \times I_n = 1.05 \times 1649,6 = 1731,4 \text{ A}$$

$$I_{Set_CT} = I_{Set} \times \text{Ratio CT}$$

$$= 1731,4 \times \frac{5}{2500} = 3,46 \text{ A}$$

$$PSM = \frac{I_{SC_Maks}}{I_{Set}} = \frac{30840}{1731,4} = 17,81$$

- Batas Maksimum

Dengan menggunakan Persamaan 3, maka batas maksimum setting arus lebih adalah:

$$I_{Set} = 0.8 \times I_{sc_min}$$

$$= 0.8 \times 26707$$

$$= 21365.6 \text{ A}$$

❖ Setting Waktu

Dengan menggunakan Persamaan 4, maka waktu kerja rele arus lebih adalah:

$$T_{Set} = \frac{0.14}{[17.8]^{0.02} - 1} \times 0,2 = 0,56 \text{ detik}$$

3 Hasil perhitungan setting arus dan waktu kerja rele arus lebih pada semua feeder dengan daya disuplai dari PLTG disajikan pada Tabel 6. Tabel 7 menunjukkan perbandingan setting arus dan waktu rele arus lebih antara setting lapangan dan hasil analisis dengan daya disuplai dari PLTG. Tabel 6 dan 7 dapat dilihat di Lampiran. Gambar 8, 9, 10, dan 11 (Lampiran) menunjukkan kurva perbandingan setting arus, PSM, TMS, dan waktu kerja rele arus lebih antara setting lapangan dan hasil analisis dengan daya disuplai dari PLTG.

3.4.2. Perhitungan Setting Rele Arus Lebih dengan Daya disuplai dari PLN

Dengan prosedur yang sama dengan Subbab 3.4.1 maka hasil setting arus dan waktu rele arus lebih dengan daya disuplai dari PLN dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9 (Lampiran). Gambar 12, 13, 14, dan 15 (Lampiran) menunjukkan kurva perbandingan setting arus, PSM, TMS, dan waktu kerja rele arus lebih antara setting lapangan dan hasil analisis dengan daya disuplai dari PLN.

Analisis Hasil Mean Average Percentage Error

Tabel 10 menunjukkan perbandingan nilai Mean Average Percentage Error atau MAPE setting PSM, TMS, waktu kerja rele arus lebih dengan daya disuplai oleh PLN dan PLTG. Nilai MAPE ini diperoleh dengan menggunakan Persamaan 7.

Tabel 10. Perbandingan nilai Mean Average Percentage Error atau MAPE setting arus dan waktu kerja rele arus lebih dengan daya disuplai oleh PLN dan PLTG

No	Nilai MAPE	PLTG	PLN
1	PSM	1,24933	1,75733
2	TMS	0,20000	0,20667
3	Waktu kerja rele	0,18733	0,35400

Berdasarkan Tabel 10 diperoleh bahwa nilai MAPE untuk setting PSM, TMS, dan waktu kerja rele terbesar, diperoleh jika daya disuplai dari PLN masing-masing sebesar 1,75733, 0,20667, dan 0,35400. Hasil perhitungan juga menunjukkan bahwa setting PSM, TMS, dan waktu kerja rele jika daya disuplai dari PLTG dan PLN menghasilkan nilai MAPE lebih besar dari 0,05 atau 5%. Berdasarkan nilai tersebut maka harus dilakukan evaluasi kembali terhadap nilai setting PSM, TMS, dan waktu kerja rele arus lebih untuk suplai daya dari PLTG dan PLN di PT. Miwon Indonesia. Tujuannya adalah supaya sistem proteksi menggunakan rele arus lebih di industri ini mampu memberikan perlindungan yang lebih andal, peka, cepat, selektif, dan ekonomis

Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan:

1. Setting arus lebih jika daya disuplai dari PLTG dan PLN sudah memenuhi persyaratan.
2. Nilai MAPE untuk setting PSM, TMS, dan waktu kerja rele terkecil, diperoleh jika daya disuplai dari

PLTG masing-masing sebesar 1,24933, 0,2000, dan 0,18733.

3. Nilai MAPE untuk setting PSM, TMS, dan waktu kerja rele terbesar, diperoleh jika daya disuplai dari PLN masing-masing sebesar 1,75733, 0,20667, dan 0,35400.
4. Namun nilai setting PSM, TMS, dan waktu kerja rele jika daya disuplai dari PLTG dan PLN masih belum memenuhi persyaratan karena menghasilkan nilai MAPE lebih besar dari 0,05 atau 5%.
5. Berdasarkan nilai tersebut maka harus dilakukan evaluasi kembali terhadap nilai setting PSM, TMS, dan waktu kerja rele arus lebih untuk suplai daya dari PLTG dan PLN di PT. Miwon Indonesia.

Daftar Pustaka

Anonim, *Pedoman Data Peralatan Gardu Induk Driyorejo*, PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Pusat Pengatur dan Penyaluran Beban Jawa Bali, Region Jawa-Timur, Bali, dan Nusa Tenggara 2008.

Gonen, Turan. *Electrik Power Transmission System EGINEERING: Analisis and Desing*. New York: Wiley-Interscience Publication, 1988.

Hutauaruk, T.S. *Transmisi Daya Listrik*, Jakarta : Erlangga, 1985.

K. Burak Dalci, Recep Yumurtaci, Altu Bozkurt. 2005. *Harmonic Effect on Electromechanical Overcurrent Relays*. Yıldız Technical University, Electrical Engineering Department. *Dou Universitesi Dergisi* 6 (2) 2005, 202-209.

Marsudi, Djiteng., *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta: Garaha Ilmu, 2006.

Moelyono, Nono. *Pengantar Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Surabaya, 1999.

Stevenson Jr, W.D. *Analisa Sistem Tanaga* Malang: Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya Malang, 1982.

Tumiran, T. Haryono, and Zulkarnaini, 2007, *Effect Of Harmonic Loads On Over Current Relay To Distribution System Protection*, Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering and Informatics Institut Teknologi Bandung, Indonesia. June 17-19, 2007.

Titarenko, M and Noskov-Dulkesky, *Protektive Relaying in Elektrik Power System*. Moscow: Peace Publisher, 2006.

Plackburn J. Lewis, *Protectif Relaying*. New York: Marcel Dekker, inc., 1987.

Westhinghouse Electrical Corporation, *Elctrical Transmission and Distribution. Reference Book*: New York, 1950.

ANALISIS PENGAMAN GANGGUAN ARUS HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 20 kV DI INDUSTRI MENGGUNAKAN ETAP

ORIGINALITY REPORT

13%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet	103 words — 3%
2	adoc.pub Internet	82 words — 2%
3	123dok.com Internet	77 words — 2%
4	docplayer.info Internet	35 words — 1%
5	qdoc.tips Internet	35 words — 1%
6	ftp.uni-bayreuth.de Internet	30 words — 1%
7	www.univ-tridinanti.ac.id Internet	18 words — < 1%
8	ejurnal.its.ac.id Internet	17 words — < 1%
9	core.ac.uk Internet	15 words — < 1%

10	idoc.pub Internet	14 words — < 1%
11	baeid.info Internet	12 words — < 1%
12	hdl.handle.net Internet	12 words — < 1%
13	es.scribd.com Internet	10 words — < 1%
14	cogito.unklab.ac.id Internet	9 words — < 1%
15	pt.scribd.com Internet	8 words — < 1%
16	elektro.studentjournal.ub.ac.id Internet	6 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES OFF
EXCLUDE MATCHES OFF