

Analisis simpatetik trip akibat gangguan ground fault pada sistem proteksi motor

Sigi Syah Wibowo, Chandra Wiharya, Slamet Nurhadi

Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 24 Maret 2020

Direvisi 20 April 2020

Diterbitkan 28 April 2020

Kata kunci:

Proteksi Motor
Ground Fault
Simpatetik Trip

Keywords:

Motor protection
Ground fault
Sympathetic trip

Penulis Korespondensi:

Sigi Syah Wibowo,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Sukarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
Email: sigi.wibowo@polinema.ac.id

ABSTRAK

Beban pada unit PA dan CT bekerja dalam tegangan operasi 6 KV dan terangkai dalam satu bus. Terjadi gangguan satu fasa ke tanah pada salah satu motor yang terdapat pada unit CT, yaitu motor MP6521C. Seharusnya *relay* gangguan tanah (*ground fault relay*) yang terdapat pada unit CT akan bekerja, tetapi gangguan tersebut juga membuat relai yang terdapat di unit PA juga bekerja, sehingga lima motor yang terdapat di unit PA juga mati. Gangguan ini disebut sebagai gangguan simpatetik. penyebab terjadinya gangguan simpatetik pada 5 motor di unit PA menyebabkan tegangan tegangan turun menjadi 1,8kV dari saat beroperasi normal sebesar 6kV. Karena beban motor adalah jenis beban dengan VA tetap yakni 120KW akan menyebabkan kenaikan arus terjadi di 5 motor unit PA adalah sebesar 32,71 A. Sedangkan untuk *setting* OC sebesar 18A. Hal ini yang menyebabkan relai pada 5 motor unit PA bekerja dan membuka CB sehingga kelima motor mati.

ABSTRACT

The load on the PA and CT units work in the operating voltage of 6 KV and are assembled in one bus. There is phase to the ground fault on one of the motors in the CT unit, namely Motor MP6521C. Ground fault relay in the unit will work, but the interference also makes the relay in the PA unit also works, so the five motors in the PA unit is also trip. These disorders are referred to as sympathetic trip. The cause of the sympathetic disorder in 5 motors in PA units led to a voltage dropped to 1, 8kV from normal operating time of 6kV. Because the motor load is a type of load with a fixed VA that is 120KW will cause a current increase occurs in 5 Motors PA units are 32.71 A. As for setting OC of 18A. This is what causes the relay on 5 Motors of PA units to work and unlock the CB so that the five motors shutdown.

1 PENDAHULUAN

Pada Pabrik Petrokimia terdapat Unit PA (Phosphorid Acid) dan unit CT (Cooling Tower). Di unit PA terdapat 2 trafo step down (6KV/400V) dengan kapasitas 1600 KVA. Untuk bebannya terdapat beberapa motor, yaitu motor MM2302 A/B 400KW, motor MC2323 300KW, motor MC2423 210 KW, motor MP2601 A/C 150 KW, motor MP2602 A/C 150 KW, motor MC2341 160 KW, motor MQ7181-1 4200 KW dan motor MQ2204 310 KW. Selain itu terdapat beban LT motor, penerangan, dan juga baterai. Sedangkan di unit CT terdapat 1 trafo step down (6KV/400V) dengan kapasitas 1250 KVA. Untuk bebannya terdapat beberapa motor, yaitu motor 5521A, motor 6521B, motor 6521C, motor 6531A, motor 6531B, motor 6531C dengan

daya 480 KW. Beban pada unit PA dan CT bekerja dalam tegangan operasi 6 KV dan terangkai dalam satu bus. Dengan banyaknya beban - beban motor pada unit PA dan CT,

Kesalahan pada setting relai dan unjuk kerja relai yang kurang baik juga dapat menyebabkan kegagalan pada relai proteksi. Kenyataannya masih terjadi gangguan satu fasa ke tanah pada salah satu motor yang terdapat pada unit CT, yaitu motor MP6521C. Dengan terjadinya gangguan tersebut, seharusnya grounding yang terpasang pada motor akan merespon gangguan tersebut kemudian relai gangguan tanah (ground fault relay) yang terdapat pada unit CT akan bekerja, tetapi gangguan tersebut juga membuat relai yang terdapat di unit PA juga bekerja, sehingga lima motor yang terdapat di unit PA juga mati. Gangguan ini disebut sebagai gangguan simpatetik.

2 METODE PENELITIAN

Metode penelitian menjelaskan secara kronologis berurutan mengenai bentuk penelitian beserta pendekatan dan teknik yang digunakan dalam proses pemecahan masalah dalam bentuk :

A. Metode statis

- Pengambilan data berupa *Single Line Diagram* pabrik 3, unit PA dan Unit CT di PT. Petrokimia Gresik.
- Pengambilan data berupa *name plate* motor MP6521C.
- Pengambilan data berupa *setting ground fault relay* yang terdapat pada unit PA dan CT.

Dari data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis yaitu

- Bagaimana perhitungan *setting ground fault relay* pada unit CT dan unit PA di pabrik III PT. Petrokimia Gresik ?
- Bagaimana perbandingan *setting ground fault relay* di pabrik III PT. Petrokimia Gresik dengan perhitungan ?

B. Metode analisis Load Flow

- Metode ini adalah untuk meneliti kondisi aliran daya normal pembebanan motor dari masing-masing unit Ct dan PA

C. Metode Analisis Hubung singkat

- Menghitung *setting ground fault relay* sesuai dengan rumus dan standart.
- Membandingkan hasil perhitungan *setting* relai dengan *setting* dari pabrik.
- Membuat simulasi *setting* relai sesuai data dari pabrik dengan software simulasi hubung singkat , besarnya arus hubung singkat dan hubungannya dengan kesesuaian setting rele

D. Metode analisis dinamis

- Bagaimana hasil analisa pengaruh ground fault terhadap simpatetik trip berdasarkan simulasi ?
- Analisis dinamis yang digunakan adalah mencari penyebab gangguan simpatetik dengan Analisis kondisi transien saat terjadi pada salah satu Bus grup motor terhadap tegangan dan arus yang terdai pada bus kemudian dibandingkan dengan setting arus

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Perhitungan Dasar

Perhitungan setting relai di unit CT (*Cooling Tower*) dan PA (Phosporid Acid) pada motor yang mengalami gangguan perlu dilakukan untuk membantu mengetahui penyebab terjadinya gangguan simpatetik. Sebelum didapatkan besar arus hubung singkat, terlebih dahulu dilakukan perhitungan impedansi per unit peralatan.

Perhitungan Awal

Diketahui :

$$\text{MVA base (MVA b)} = 25 \text{ MVA}$$

$$\text{Tegangan base (EA)} = 6 \text{ kV}$$

$$\text{Impedansi base pada 6 KV (Zb)} = \frac{kV^2}{MVA b} = \frac{6^2}{25} = 1,44 \text{ ohm}$$

$$\text{Arus base pada 6 KV (Ib)} = \frac{MVA b}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{25}{\sqrt{3} \times 6} = 2,4 \text{ kA}$$

Motor (MP6521C)

$$P = 480 \text{ KW}; \text{ Cos phi} = 0,8; \quad S = 600 \text{ KVA}$$

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{600}{\sqrt{3} \times 6} = 57,8 \text{ A}$$

$$X1 = 15\%, \quad X2 = 15\%, \quad X3 = 18\%$$

$$\text{Z urutan positif } X_{t1} = 0,15 \times \frac{25}{0,6} \times \frac{6^2}{6^2} = 6,25 \text{ pu}$$

$$\text{Z urutan negatif : } X_{t2} = 0,18 \times \frac{25}{0,6} \times \frac{6^2}{6^2} = 7,5 \text{ pu}$$

$$2,4 \text{ kA} \times 0,04 = 0,096 \text{ kA} = 96 \text{ A}$$

Arus hubung singkat 3 fasa :

$$\frac{EA}{Z1} = \frac{1\angle 0^\circ}{0,0071 + j6,4056 \text{ pu}} = 0,16\angle -89,94^\circ \text{ pu}$$

$$V \text{ base} = 6 \text{ kV} \quad \text{MVA base} = 25 \text{ MVA}$$

Jadi, arus hubung singkat 3 fasa: $2,4 \text{ kA} \times 0,16 = 0,384 \text{ kA}$

Perhitungan arus hubung singkat dari motor yang mati maupun masih hidup a.l. MC2323, MC2341, MM2302A, MM2302B, dan MC2423. Dengan cara yang sama tercantum dalam tabel

Tabel 3 Perhitungan Hubung singkat singkat 3 Fasa motor

No	Motor	pu	pu	Kondisi motor
1	MP6521C	0,04 \angle - 15,9°	0,16 \angle - 89,94°	Mati
		0,031 \angle - 41,83°	0,05 \angle - 89,96°	Mati
2	MC2323	0,038 \angle - 24,32°	0,098 \angle - 89,92°	Hidup
3	MC2341	0,032 \angle - 40,02°	0,053 \angle - 89,95°	Hidup
4	MM2302A	0,039 \angle - 18,83°	0,131 \angle - 89,89°	Hidup
5	MM2302B	0,039 \angle - 18,83°	0,131 \angle - 89,89°	Hidup
6	MC2423	0,034 \angle - 33,96°	0,066 \angle - 89,94°	Hidup

3.2 Analisis Seting Rele

3.2.1 Perhitungan Setting Relai

Pada *setting* GFR terdapat *setting* arus dan waktu, untuk menentukannya diperlukan besarnya arus hubung singkat dan CT yang dipasang. Untuk *setting* arus yang diambil adalah 6-12% dari I_{FG} (Ir. Wahyudi Sarimun N.,MT, 2012) Petrokimia gresik dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5 Perhitungan Impedansi per unit Trafo

No	Tag No	X1 (pu)	X2 (pu)	X0 (pu)
1	TR.65	2.679	2.679	2.679
2	TR.11,42	1.587	1.587	1.587
3	TR.2101	0.859	0.859	0.859
4	TR.2102	0.859	0.859	0.859
5	TR.3	1.25	1.25	1.25
6	TR.41	1.055	1.055	1.055
8	TR.51	0.844	0.844	0.844
9	TR.52A	0.719	0.719	0.719
10	TR.52B	5.357	5.357	5.357
11	TR.62	1.667	1.667	1.667
12	TR.64	5	5	5
13	TR.71,72	4	4	4
15	TR.73	2.5	2.5	2.5
16	TR.74	2	2	2
17	TR.75,63B	5.357	5.357	5.357
18	TR.63A	1.35	1.35	1.35

Impedansi urutan positif, negative dan nol dari motor yang masih hidup a.l MC2323, MC2341, MM2302A, MM2302B, dan MC2423. Dengan cara yang sama seperti tercantum dalam tabel

Tabel 6 Perhitungan Impedansi urutan motor yang masih hidup

No	Motor	Urutan Positif	Urutan Negatif	Urutan Nol
1	MC2323	10,16 \angle 89,92°	10,16 \angle 89,92°	12,31 \angle 89,89°
2	MC2341	18,91 \angle 89,95°	18,91 \angle 89,95°	22,81 \angle 89,94°
3	MM2302A	7,66 \angle 89,89°	7,66 \angle 89,89°	9,31 \angle 89,85°
4	MM2302B	7,66 \angle 89,89°	7,66 \angle 89,89°	9,31 \angle 89,85°
5	MC2423	15,16 \angle 89,94°	15,16 \angle 89,94°	18,31 \angle 89,92°

3.2.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan Arus hubung singkat unit CT (MP6521C)

Arus Hubung Singkat 1 fasa ke tanah (Hubung singkat L-G):

$$Z_n = \frac{R_n}{Z_{base}} = \frac{34,64}{1,44} = 24,055 \text{ pu}$$

$$I_A = I_{a1} = I_{a2} = I_{a0} = \frac{3\angle 0^\circ}{75,20\angle 15,9} = 0,04\angle -15,9^\circ$$

V base = 6 kV MVA base = 25 MVA

Jadi, arus hubung singkat 1 fasa ke tanah:

$$2,4 \text{ kA} \times 0,04 = 0,096 \text{ kA} = 96 \text{ A}$$

Arus hubung singkat 3 fasa :

$$\frac{EA}{Z1} = \frac{1\angle 0^\circ}{0,0071+j6,4056pu} = 0,16\angle -89,94^\circ \text{ pu}$$

V base = 6 kV MVA base = 25 MVA

Jadi, arus hubung singkat 3 fasa: 2,4 kA × 0,16 = 0,384 kA

Perhitungan arus hubung singkat dari motor yang mati maupun masih hidup a.l. MC2323, MC2341, MM2302A, MM2302B, dan MC2423. Dengan cara yang sama tercantum dalam tabel

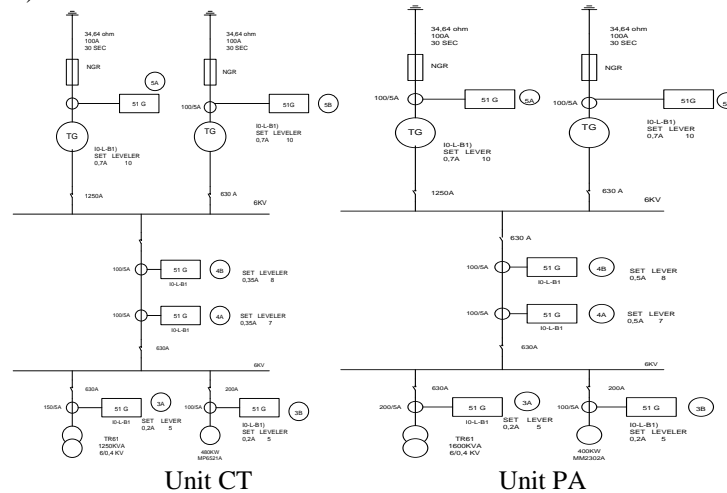
Tabel 7 Perhitungan Hubung singkat singkat 3 Fasa motor

No	Motor	pu	pu	Kondisi motor
1	MP6521C	0,04∠ - 15,9°	0,16∠ - 89,94°	Mati
		0,031∠ - 41,83°	0,05∠ - 89,96°	Mati
2	MC2323	0,038∠ - 24,32°	0,098∠ - 89,92°	Hidup
3	MC2341	0,032∠ - 40,02°	0,053∠ - 89,95°	Hidup
4	MM2302A	0,039∠ - 18,83°	0,131∠ - 89,89°	Hidup
5	MM2302B	0,039∠ - 18,83°	0,131∠ - 89,89°	Hidup
6	MC2423	0,034∠ - 33,96°	0,066∠ - 89,94°	Hidup

3.3 Analisis Setting Rele

3.3.1 Perhitungan Setting Relai

Pada *setting* GFR terdapat *setting* arus dan waktu, untuk menentukannya diperlukan besarnya arus hubung singkat dan CT yang dipasang. Untuk *setting* arus yang diambil adalah 6-12% dari I_{FG} (Ir. Wahyudi Sarimun N.,MT, 2012).



Gambar 1. Diagram Satu Garis GFR Unit CT dan Unit PA

Contoh *Setting* GFR dari Generator Menuju Unit CT (4A)

$$I \text{ set primer} = 0,09 \times I_{FG} = 0,09 \times 96 = 8,64 \text{ A}$$

$$I \text{ set sekunder} = I \text{ set primer} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} = 8,64 \times \frac{5}{100} = 0,432 \text{ A}$$

Setting waktu:

$$tms = 7$$

$$T_s = \frac{\left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1\right) \times tms}{0,14} = \frac{\left(\left(\frac{96}{8,64}\right)^{0,02} - 1\right) \times 7}{0,14} = 2,5 \text{ s}$$

Berdasarkan perhitungan, maka dapat ditentukan *setting* yang digunakan adalah 0,432 A dan waktu 2,5 detik. *Setting* tersebut dipilih agar ketika terjadi hubung singkat yang arusnya melebihi arus hubung singkat terkecil, relay GFR dapat mendeteksinya.

Berdasarkan perhitungan, maka dapat ditentukan *setting* yang digunakan adalah 0,28 A dan waktu 2,1 detik. *Setting* GFR dari Generator Menuju Unit PA (4A)

50Hz. Gambar di atas adalah rangkaian simulasi unit CT dan PA dijalankan *transient* saat terjadinya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (saat detik ke 0,5) di motor MP6521C. Tegangan pada bus 4 (unit CT) dan bus 5 (unit PA) turun.. tegangan bus 4 menjadi 2,742kV dan 2,734Kv.

Dari data aliran daya diatas menunjukkan gambar rangkaian simulasi unit CT dan PA saat dijalankan normal, atau sebelum terjadi gangguan pada motor MP6521C. Dapat dilihat tegangan pada bus 4 (unit CT) sebesar 99,48% dan pada bus 5 (unit PA) sebesar 99,18%. Hasil lebih detail bias dilihat pada table

Tabel 9 Tegangan Bus saat kondisi normal

Bus			Load Flow			
ID	kV	% Mag.	ID	MW	Mvar	Amp
Bus1	6,000	100,005	Bus12	0,520	0,217	54,2
Bus4	6,000	99,484	Bus12	-0,516	-0,216	54,2
Bus5	6,000	99,184	Bus13	-0,810	-0,352	85,6
Bus6	6,000	99,093	Bus4	-0,514	-0,216	54,2
Bus7	6,000	99,061	Bus5	-0,162	-0,070	17,1
Bus8	6,000	99,061	Bus5	-0,162	-0,070	17,1

Sesaat setelah terjadinya gangguan selama 0,1 detik, tegangan pada bus 4 dan bus 5 mengalami penurunan. Pada bus 4 tegangannya turun sebesar 39,816% menjadi 2,733kV dan sedangkan pada bus 5 sebesar 39,699% atau 2,725kV. Frekuensi pada masing - masing bus naik menjadi 49,54Hz.

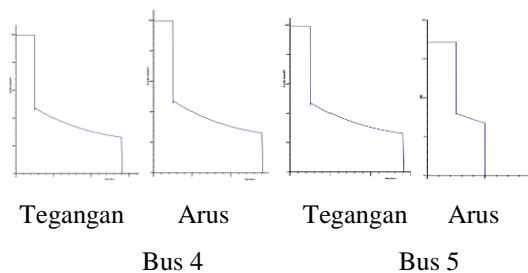
Tabel 10 Tegangan Bus saat kondisi gangguan

Bus				Load Flow			
ID	kV	% Mag.	Ang.	ID	MW	Mvar	Amp
Bus1	6,000	40,021	-7,0	Bus12	0,082	0,034	21,3
Bus4	6,000	39,816	-6,9	Bus12	-0,081	-0,034	21,3
Bus5	6,000	39,699	-6,9	Bus13	-0,127	-0,055	33,6
Bus6	6,000	39,663	-6,8	Bus4	-0,081	-0,034	21,3
Bus7	6,000	39,650	-6,8	Bus5	-0,025	-0,011	6,7
Bus8	6,000	39,650	-6,8	Bus5	-0,025	-0,011	6,7

Saat 0,5 detik setelah terjadinya gangguan pada motor CT (MP6521C), lima motor di unit PA juga ikut mati. Tegangan dan frekuensi pada kedua bus mengalami penurunan. Tegangan bus 4 menjadi 2,398kV, bus 5 menjadi 2,411, dan frekuensi menjadi 48,89Hz.

3.4.2 Analisis Transien Simpatetik Trip

Saat 0,2 detik setelah lima motor pada unit PA mati, tegangan pada kedua bus semakin turun menjadi 2,239kV dan 49,51Hz. Saat 1,82 detik setelah lima motor di unit PA mati, tegangan dan frekuensi di bus 4 dan bus 5 menjadi nol.



Gambar 3 Grafik Tegangan dan arus pada Bus 4,5 Saat Gangguan

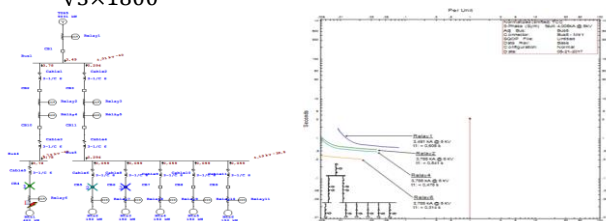
Pada Bus 4 dan Bus 5 mempunyai respon yang sama yakni tegangan turun dari 98% menjadi 46 % pada detik ke 0,6 kemudian turun secara gradual menjadi 28% pada detik ke 2,8. Respon arus pada bus 5 pada saat terjadi hubung singkat satu fasa ketanah arus (I) pada t=1.0 terdapat arus sebesar 54 A kemudian turun menjadi 25 A pada detik ke 0,5 kemudian turun secara gradual menjadi 14 A pada detik ke 2,8. Respon bus 4 pada saat hubung singkat arus (I) pada t=1.0 terdapat arus sebesar 17,5 A kemudian turun menjadi 8 A pada detik ke 0,5 kemudian turun secara gradual menjadi 6,5 A pada detik ke 1.

3.4.3 Analisis Koodinasi

Perhitungan arus gangguan berdasarkan grafik tegangan di bus 4 dan bus 5:

Tegangan awal = 6 kV, Tegangan setelah terjadi gangguan = 1,8 kV, P motor = 80% × 150KW = 120 KW

$$I = \frac{P \times \cos \phi}{V} = \frac{120.000 \times 0,85}{\sqrt{3} \times 1800} = 32,71 \text{ A}$$



Gambar 4 Koordnisa rele Pengaman Motor

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada motor 1 (MP6521C), relai 6 bekerja dengan mengirimkan sinyal ke CB4 sehingga CB4 menjadi *open*. Tidak lama setelah itu relai 7, 8, 9, 10, dan 11 juga ikut bekerja, sehingga CB5, 6, 7, 8 dan 9 menjadi open dan kelima motor unit PA juga ikut mati.

4 KESIMPULAN

Penyebab terjadinya gangguan simpatetik pada 5 motor di unit PA adalah karena adanya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah di motor MP6521C menyebabkan tegangan tegangan turun menjadi 1,8kV dari saat beroperasi normal sebesar 6kV. Karena beban motor adalah jenis beban dengan VA tetap yakni 120KW akan menyebabkan kenaikan arus terjadi di 5 motor unit PA adalah sebesar 32,71 A. Sedangkan untuk *setting* OC sebesar 18A. Hal ini yang menyebabkan relai pada 5 motor unit PA bekerja dan membuka CB sehingga kelima motor mati.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Mehta, Principle of Power System, S Chand; 3rd Revised edition, 2005.
- [2] C. Sankaran, Power Quality, USA: John Wiley and Son, 2002.
- [3] J. Arilaga, Power System harmonics, New York: CRC Press, 2003.
- [4] Schneider Electric, "Guide for The Design and Production of LV Compensation Cubicles," Schneider Electric, -, 1999.
- [5] ABB, Electrical Device - Electrical Installation Handbook Second Edition, Bergamo - Italy., 2004.
- [6] R. C. Dugan, Electrical Power System Quality - Second Edition, -: Copyright McGraw-Hill, 2004.
- [7] IEEE Power Engineering Society, IEEE 141 Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants, USA: IEEE, Inc. Standard Board, 1993.
- [8] V. Mariappan, M. R. Ahamed, dan B. N. Al Thehli, "A Comprehensive Analysis And Solution For Sympathetic Tripping In Distribution Network," *CIREN*, vol. SESSION 3, no. Paper No 0753, p. 4, 2013.
- [9] "Sympathetic Tripping Problem Analysis And Solutions," dalam *52nd Annual Georgia Tech Protective Relaying Conference*, Georgia, 2012.
- [10] A. Apostolov, "IEC 61850 Based Adaptive Distribution Protection," dalam *21st International Conference on Electricity Distribution*, Frankfurt, 2011.
- [11] J. Blair, G. Hataway, dan T. Mattson, "Solutions to Common Distribution Protection Challenges," dalam *Texas A&M Conference for Protective Relay Engineers*, Texas USA, 2016.
- [12] A. Goeritno, Saidah, "Simulation of Single-phase to Ground Fault to Anticipate Against the Sympathetic Tripping Phenomena," *ICETIA*, no. ISSN 2407-4330, p. 5, 2014.
- [13] Sampurna. SP., "Analisis Terjadinya "Sympathetic Trip" Pada Penyulang 20 Kvsemester Akibat Gangguan Satu Fasa Ke Tanah Pada Penyulang Ringkik Di Gi Duri Kosambi Dan Penanganannya," *Jurnal Ilmiah Energi dan Kelistrikan*, vol. 5, no. Nomer 2, p. 6, 2013.
- [14] S. Mladenovic, "Sympathetic trip prevention by applying simple current relays," *IEEE PES General Meeting*, no. July, 2010.
- [15] I N. Upanayana, I G. D. Arjana, I W. A. Wijaya, "Pemasangan DGR (Directional Ground Relay) untuk Mengatasi Gangguan Sympathetic Trip pada GIS Bandara Penyulang Ngurah Rai I dan Ngurah Rai II," *Teknik Elektro*, vol. 16, no. No.2, p. 6, 2017.

6 BIOGRAFI PENULIS

	<p>Sigi Syah Wibowo, Menempuh S1 bidang Electrical dan Electronic Engineering (B.Tech) lulus tahun 1989 dari Huddersfield Polytechnic , England , dan S2 Bidang Teknik Tenaga Listrik dari Universitas Brawijaya Malang lulus tahun 2013. Bidang riset saat ini adalah bidang analisis statis dan dinamis sistem ketenaga listrikan dan Generator magnet Permanen untuk renewable energy .</p>
	<p>Candra Wiharya Menempuh D4 Sistem Kelistrikan Politeknik Negeri Malang tahun 2008 dan S2 Bidang Teknik Tenaga Listrik dari Universitas Brawijaya Malang lulus tahun 2013. Bidang riset saat ini adalah monitoring kualitas daya</p>
	<p>Slamet Nurhadi, Menempuh S1 bidang Teknik Elektro tahun 1995 Universitas Brawijaya , Malang , dan S2 Bidang Manajemen Sistem Tenaga Listrik dari Universitas Teknologi Surabaya lulus tahun 2009. Bidang riset saat ini adalah bidang Instalasi Listrik dan Kualitas Daya dan Elektronika daya untuk Energi terbarukan</p>