

Perencanaan Sistem Proteksi Generator dari Putaran Balik di PLTMH Totabuan

TEGUH ARFIANTO, NASRUN HARIYANTO, DELFAN TONIUS SITOHANG

Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : teguh_2000@itenas.ac.id

Received 17 Juni 2018 | *Revised* 26 Agustus 2018 | *Accepted* 30 September 2018

ABSTRAK

Pada penelitian ini penulis melakukan perhitungan, simulasi dengan aplikasi ETAP 12.6.0 kemudian membandingkan hasil simulasi dengan standar PLN. Pada setting relay daya balik penulis menerapkan standart IEEE C37.102-2006, daya balik generator dengan kapasitas 2 x 2,5 MW adalah 50000 watt dengan waktu tunda relay 10 detik. Sedangkan daya balik untuk generator kapasitas 4 x 0,7 MW adalah 14000 watt dengan waktu tunda relay 10 detik. Hasil yang didapat dari simulasi saat terjadi kenaikan tegangan 110% adalah 0,57 detik dan saat 130% adalah 0,105 detik. Sedangkan untuk setting relay tegangan saat terjadi turun tegangan 50% adalah 0,125 detik dan saat 80% adalah 1,25 detik. Hasil simulasi dengan standar PLN tidak jauh berbeda, waktu yang diterapkan PLN ketika naik tegangan 110% adalah 2 detik dan saat 130% adalah 0,1 detik kemudian untuk turun tegangan 50% adalah 0,1 detik dan saat 80% adalah 1 detik.

Kata Kunci: Generator, Daya Balik, Proteksi, Setting, Relay

ABSTRACT

In this study the authors perform calculations, simulations with software ETAP 12.6.0 and then compare the results of simulation with standard PLN. On setting power relay writer applying standart IEEE C37.102-2006, generator reverse power capacity 2 x 2.5 MW is 50000 watt with relay time delay 10 second. While reverse power for generator capacity 4 x 0,7 MW is 14000 watt with a 10 second delay time. The results obtained from simulation when there is a 110% increase voltage 0.57 seconds and when 130% is 0.105 seconds. As for the setting of voltage relay when there voltage drop of 50% is 0.125 seconds and when 80% is 1.25 seconds. The result of simulation with PLN standard is not much different, the time applied by PLN when the voltage rise of 110% adds 2 seconds and when 130% is 0.1 seconds later to drop the 50% voltage 0.1 second and 80% is 1 second.

Keywords: Generator, Reverse Power, Proteksi, Setting, Relay

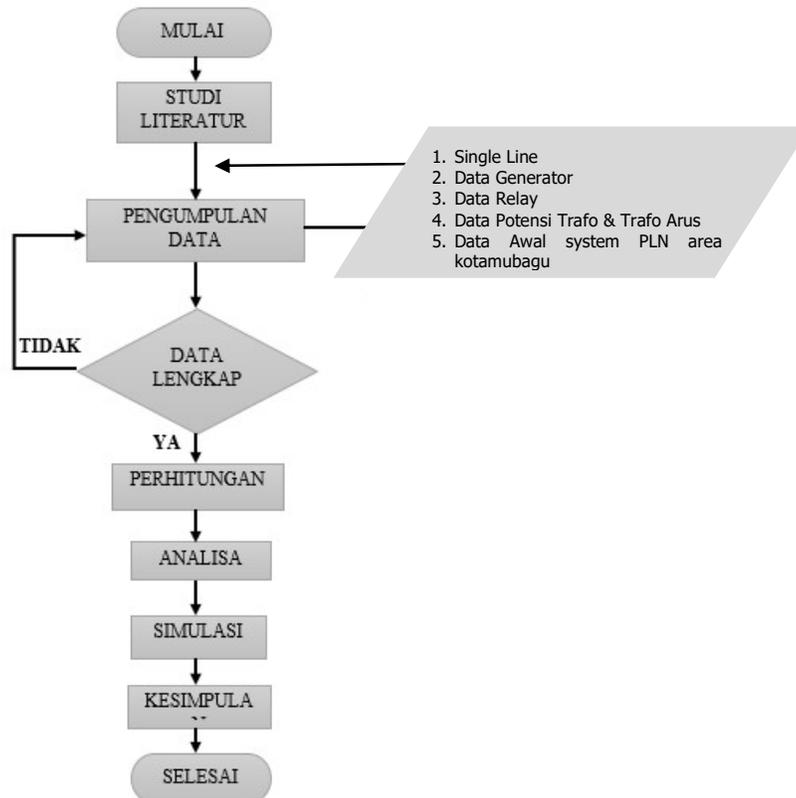
1. PENDAHULUAN

PLTMH Totabuan terletak di sungai Dumoga Desa Totabuan Kabupaten Bolaang Mongondow akan masuk ke sistem kotamubagu dengan beban puncak 140,8MW. Generator sangat dibutuhkan sebagai pembangkitan energi listrik. Mengingat fungsinya yang berperan sangat penting dalam pembangkitan listrik baru maka sangat dibutuhkan suatu sistem proteksi yang melindungi peralatan dari gangguan. Misalnya gangguan kehilangan penggerak mula (*prime mover*) hilang pada saat generator masih terhubung pada jaringan sistem tenaga listrik dan medan penguat masih bekerja, apabila hal ini terjadi maka generator tersebut akan berubah menjadi motor. Bila hal ini dibiarkan maka akan menyebabkan generator mengalami panas berlebih (*over heating*) dan berpotensi untuk merusak turbin dan sirip-sirip turbin yang pada akhirnya dapat merusak unit pembangkit itu sendiri. Gangguan lain yang sering terjadi pada pembangkit adalah akibat terjadinya kehilangan beban secara mendadak yang mengakibatkan tegangan lebih, dengan demikian tegangan lebih sekecil apapun dapat menaikkan arus eksitasi dan dapat mengakibatkan kerusakan. Berdasarkan dari pemikiran di atas maka penulis bermaksud untuk mengangkat judul penelitian yaitu "*Perencanaan Sistem Proteksi Generator dari Putaran Balik di PLTMH Totabuan*". Penelitian dilakukan dengan menghitung dan mengatur *relay* proteksi generator sesuai standar SPLN dan IEEE. *Software* ETAP 12.6.0 akan digunakan untuk mengatur sistem proteksi pada PLTMH Totabuan. Salah satu contoh untuk perhitungan *relay* daya balik generator, seperti penelitian yang dilakukan oleh Maria Oktavia Fitriyani UNDIP Semarang 2015 dengan judul evaluasi *setting relay* proteksi generator dan trafo generator di PLTGU Tambak Lombok Blok 1. Dalam penelitiannya tersebut dilakukan evaluasi waktu kerja *relay* daya balik pada generator (**Fitriyani, 2015**). Sedangkan dalam penelitian penulis melakukan perhitungan dan *setting relay* daya balik dan *relay* tegangan lebih atau kurang. Untuk perhitungan *relay* tegangan lebih atau kurang, seperti penelitian yang dilakukan oleh Omer Ozgur Gencer yang berjudul *performance of an over/under voltage relay at non-sinusoidal conditions* (**Gencer, 2006**). Berdasarkan penelitian (**Gencer, 2006**) penulis mengutip cara perhitungan *relay* tegangan lebih atau kurang.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Diagram Alur Metode Penelitian (*Flowchart*)

Adapun metodologi penelitian penyusun laporan penelitian dijelaskan pada diagram alur sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alur Metodologi Penelitian (*Flowchart*)

2.2. Pengolahan Data

A. Langkah *Setting Relay* Daya Balik

Dari data yang didapat maka penulis dapat melakukan perhitungan *setting relay* daya balik. Pada saat perhitungan yang dilakukan maka penulis menggunakan persamaan :

1. Menghitung arus beban penuh (I_{FL}) generator (Zuhai, 1991) .

$$I_{FL} = \frac{S}{V_{LL} \times \sqrt{3}} \quad (1)$$

Keterangan : S = Daya Semu Generator (MVA)
 V_{LL} = Tegangan line to line (V)

2. Menentukan ratio CT dan ratio PT.
3. Menghitung daya balik disisi primer.

$$\text{Daya balik primer} = \text{motoring}(\%) \times \text{MW Generator} \quad (2)$$

4. Menghitung daya balik disisi sekunder.

$$\text{Daya balik sekunder} = \frac{\text{Daya balik primer}}{(\text{CT Ratio}) \times (\text{PT Ratio})} \quad (3)$$

5. Menentukan *Time Delay Relay* di Unit I dan II.
Untuk mengatur *time delay relay*, penulis menggunakan standar IEEE C37.102-2006 yaitu dengan waktu tunda *relay* maksimal 30 detik. Pada penelitian ini penulis menggunakan

time delay 10 detik, waktu tunda ini digunakan untuk mencegah operasi *relay* selama ayunan daya yang disebabkan oleh gangguan sistem dan kerja paralel generator.

Tipe <i>prime mover</i>	Daya balik dalam % dari daya rata-rata generator
Gas turbine	50
Diesel engine	25
Hydro turbine	0,2-2,0
Steam turbine	0,5-3,0

Gambar 2. Data Daya Balik Berbagai Tipe Turbin (Saputro, 2015)

B. Langkah *Setting Relay* Tegangan Kurang

1. Untuk *relay* ini digunakan *range* 50% dan 80% dari tegangan sistem generator (**Standar PLN NO. 0357.K/DIR/2014**).
2. Rumus untuk menghitung tegangan kurang (**Chapman, 1999**).

$$V_{nominal} = Range \times Tegangan Bus \quad (4)$$

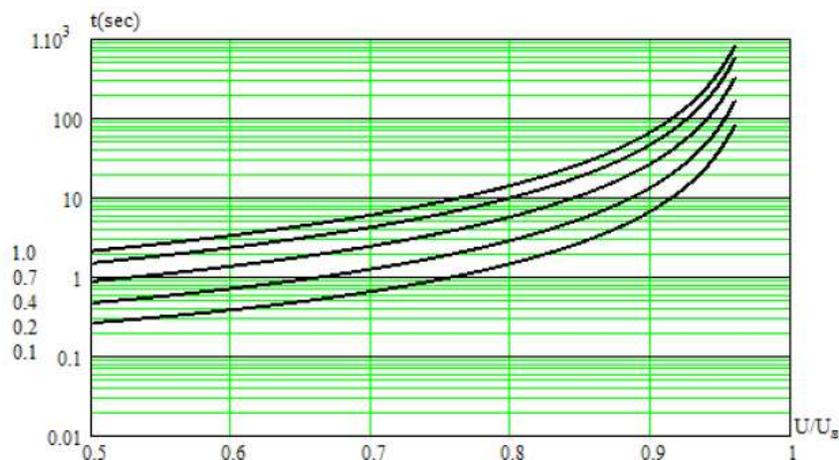
3. Dari hasil perhitungan di atas maka penulis melakukan perhitungan waktu kerja *relay* dengan menggunakan persamaan (**Gencer, 2006**).

$$t = \frac{k \times a}{[b \times (1 - U/U_s)^{-0,5p}] + c} \quad (5)$$

Keterangan :

- t : Waktu Kerja (detik)
- k : *Time Multiplier*
- U/U_s : *Multiplies Of Relay Tap Setting*
- a,b,c : *Manufacturer Defined Constants*
- p : *Inversity Constant*

Untuk penentuan *relay* tegangan kurang penulis menggunakan kurva *standart inverse* seperti dibawah ini.



Gambar 3. Kurva Karakteristik *Standart Inverse Relay* (Sumber: Gencer, 2006)

C. Langkah *Setting Relay Tegangan Lebih*

1. Untuk *relay* ini digunakan *range* mencapai 110% dan 130% dari tegangan sistem generator (**Standar PLN NO. 0357.K/DIR/2014**).
2. Rumus untuk menghitung tegangan lebih menggunakan Persamaan (6).

$$V_{nominal} = Range \times Tegangan Bus \tag{6}$$

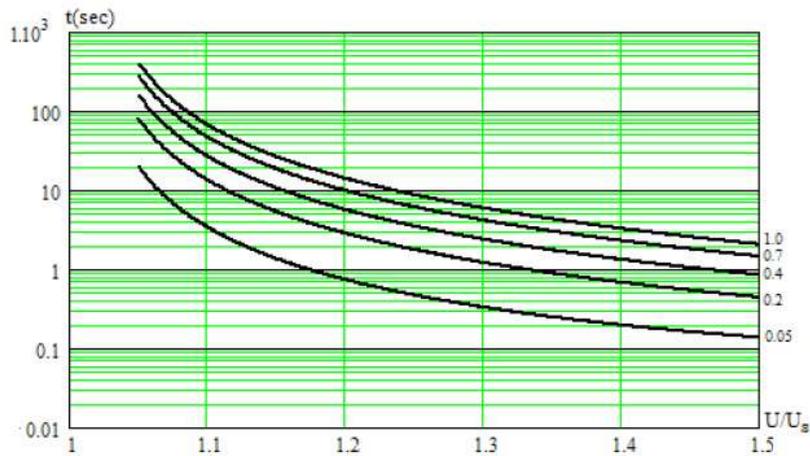
3. Dari hasil perhitungan di atas maka penulis melakukan perhitungan waktu kerja *relay* dengan menggunakan Persamaan 7 (**Gencer, 2006**).

$$t = \frac{k \times a}{[b \times (U/U_s - 1)^{-0,5p}] + c} \tag{7}$$

Keterangan :

- t : Waktu Kerja (detik)
- k : *Time Multiplier*
- U/U_s : *Multiplies Of Relay Tap Setting*
- a,b,c : *Manufacturer Defined Constants*
- p : *Inversity Constant*

Untuk penentuan *relay* tegangan lebih penulis menggunakan kurva *standart inverse* seperti Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Karakteristik *Standart Inverse Relay* (Sumber: Gencer, 2006)

Ketetapan nilai a, b, c pada Rumus 7 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Kurva *Inverse Time*

Curve Description	a	b	c
	3	3	3

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Data Generator, *Current Transformer* (CT) dan *Potential Transformer* (PT)

Data generator, CT dan PT yang digunakan pada penelitian ini adalah:

Unit I dan II	Unit III-VI
Capacity : 2941 kVA	Capacity : 824 kVA
Rating : 2,5 MW	Rating : 0,7 MW
Voltage/ Frequency : 6300 V/ 50 Hz	Voltage/ Frequency : 6300 V/ 50 Hz
Phase : 3/ 0,85 Pf	Phase : 3/ 0,85 Pf
RPM : 1500	RPM : 1500
Pole : 4	Pole : 4

3.2. Perhitungan *Relay* Daya Balik Pada Unit I dan II

A. Menghitung arus beban penuh (I_{FL}) generator (Persamaan 1):

$$I_{FL} = \frac{S}{V_{LL} \times \sqrt{3}} = \frac{2941000}{6300 \times \sqrt{3}} = 269,52 \text{ A}$$

B. Daya balik generator :

Generator unit Totabuan 1#1 dan generator unit Totabuan 1#2 menggunakan penggerak mula turbin air. Berdasarkan IEEE std C37.102-2006 daya balik maksimal yang diizinkan mengalir pada generator yaitu 0,2% - 2% dari daya yang dibangkitkan generator (Persamaan 2).

$$\text{Daya balik primer} = 2\% \times 2500000 \text{ watt}$$

$$\text{Daya balik primer} = 50000 \text{ watt}$$

$$\text{Daya balik primer} = 0,2\% \times 2500000 \text{ watt} = 5000 \text{ watt}$$

C. Daya balik di sisi sekunder :

Untuk menghitung daya balik di sisi sekunder dilakukan dengan perhitungan (Persamaan 3).

$$\text{Daya balik sekunder} = \frac{50000 \text{ watt}}{(300/5) \times (7200/120)}$$

$$\text{Daya balik sekunder} = 13,8 \text{ watt}$$

$$\text{Daya balik sekunder} = \frac{5000 \text{ watt}}{(300/5) \times (7200/120)} = 1,38 \text{ watt}$$

D. Menentukan *time delay*/ waktu tunda

Berdasarkan standar IEEE C37.102-2006, waktu tunda *relay* daya balik maksimal di-*setting* pada 30 detik. Pada penelitian ini *setting relay* daya balik digunakan 10 detik, waktu tunda ini digunakan untuk mencegah operasi *relay* selama ayunan daya yang disebabkan oleh gangguan sistem dan kerja paralel generator.

3.3. Perhitungan *Relay* Daya Balik Pada Unit III dan VI

A. Menghitung arus beban penuh (I_{FL}) generator (Persamaan 1) :

$$I_{FL} = \frac{S}{V_{LL} \times \sqrt{3}} = \frac{2941000}{6300 \times \sqrt{3}} = 269,52 \text{ A}$$

B. Daya balik generator :

Generator unit Totabuan 1#1 dan generator unit Totabuan 1#2 menggunakan penggerak mula turbin air. Berdasarkan IEEE std C37.102-2006 daya balik maksimal yang diizinkan mengalir pada generator yaitu 0,2% - 2% dari daya yang dibangkitkan generator (Persamaan 2).

$$\text{Daya balik primer} = 2\% \times 2500000 \text{ watt}$$

$$\text{Daya balik primer} = 50000 \text{ watt}$$

$$\text{Daya balik primer} = 0,2\% \times 2500000 \text{ watt} = 5000 \text{ watt}$$

C. Daya balik di sisi sekunder :

Untuk menghitung daya balik di sisi sekunder dilakukan dengan perhitungan (Persamaan 3).

$$\text{Daya balik sekunder} = \frac{50000 \text{ watt}}{(300/5) \times (7200/120)} = 13,8 \text{ watt}$$

$$\text{Daya balik sekunder} = \frac{5000 \text{ watt}}{(300/5) \times (7200/120)} = 1,38 \text{ watt}$$

D. Menentukan *time delay*/ waktu tunda

Untuk penentuan *time delay* pada unit III dan VI sama dengan penentuan *time delay* pada unit I dan II yaitu 10 detik, waktu tunda ini digunakan untuk mencegah operasi *relay* selama ayunan daya yang disebabkan oleh gangguan sistem dan kerja paralel generator.

3.4. Perhitungan *Setting Relay* Tegangan Lebih**A. Kenaikan Tegangan Pada Saat 110%**

Untuk perhitungan tegangan lebih di saat *range* 110% (Persamaan 4).

$$V_{maksimum} = 110\% \times 6300 \text{ volt} = 6930 \text{ Volt}$$

Adapun waktu kerja *relay* dapat ditentukan (Persamaan 5) sebagai berikut :

$$t = \frac{1 \times 3}{[3 \times (6300/6930 - 1) - 0,5^{0,05}]} + 3 = 0,57 \text{ detik}$$

Sehingga waktu kerja *relay* tersebut adalah 0,57 detik ketika kenaikan tegangan pada generator sebesar 6930 volt dengan *time multiplier* 1.

B. Kenaikan Tegangan Pada Saat 130%

Untuk perhitungan tegangan lebih di saat *range* 130% (Persamaan 4).

$$V_{maksimum} = 130\% \times 6300 \text{ volt} = 8190 \text{ Volt}$$

Adapun waktu kerja *relay* dapat ditentukan (Persamaan 5) sebagai berikut :

$$t = \frac{1,6 \times 3}{[3 \times (6300/8190 - 1) - 0,5^{0,05}]} + 3 = 0,105 \text{ detik}$$

Sehingga waktu kerja *relay* tersebut adalah 0,105 detik ketika kenaikan tegangan pada generator sebesar 8190 volt dengan *time multiplier* 1,6.

3.5. Perhitungan *Setting Relay* Tegangan Kurang

A. Penurunan tegangan pada paat 80%

Untuk perhitungan tegangan kurang di saat *range* 80% (Persamaan 4).

$$V_{maksimum} = 80\% \times 6300 \text{ volt} = 5040 \text{ volt}$$

Adapun waktu kerja *relay* dapat ditentukan (Persamaan 5) sebagai berikut :

$$t = \frac{1 \times 3}{\left[3 \times \left(1 - \frac{6300}{5040}\right) - 0,5^{0,1}\right]} + 3 = 1,25 \text{ detik}$$

Sehingga waktu kerja *relay* tersebut adalah 1,25 detik ketika penurunan tegangan pada generator sebesar 5040 volt dengan *time multiplier* 1.

B. Penurunan tegangan pada saat 50%

Untuk perhitungan tegangan kurang di saat *range* 50% (Persamaan 4).

$$V_{maksimum} = 50\% \times 6300 \text{ volt} = 3150 \text{ volt}$$

Adapun waktu kerja *relay* dapat ditentukan (Persamaan 5) sebagai berikut :

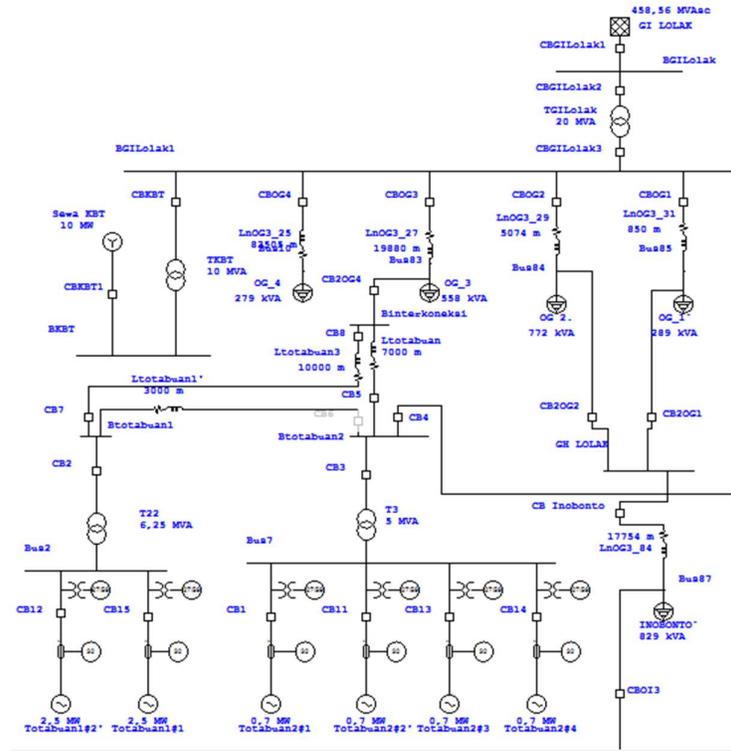
$$t = \frac{3,8 \times 3}{\left[3 \times \left(1 - \frac{6300}{3150}\right) - 0,5^{0,1}\right]} + 3 = 0,12 \text{ detik}$$

Sehingga waktu kerja *relay* tersebut adalah 0,12 detik ketika penurunan tegangan pada generator sebesar 3150 volt dengan *time multiplier* 3,8.

3.6. Hasil Simulasi *Software* ETAP 12.6.0

Skenario pada binterkoneksi diberi gangguan 3 fasa

Pada penelitian ini untuk melihat kerja *reverse power relay* (32) penulis melakukan dengan simulasi *transient stability analysis* dengan kondisi *relay* tegangan tidak diaktifkan.



Gambar 5. *Single Line* PLTMH Totabuan

3.7. Waktu 10 detik dengan *Operation Mode Generator Voltage Control*

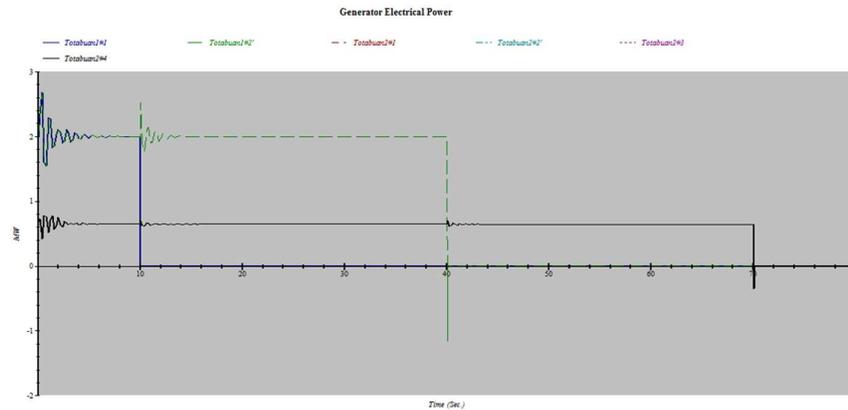
Gambar 6 merupakan laporan hasil simulasi *transient stability*.

Transient Stability Action List

Time 0 80,000 Seconds 80,000

Time (sec)	Event	Device ID	Action	Action By
10,000	TS	Totabuan1#1	Delete	Study Case
40,040	Dir. Pwr Relay	CB12	Open	Directional Power Relay
70,090	Dir. Pwr Relay	CB14	Open	Directional Power Relay
70,090	Dir. Pwr Relay	CB13	Open	Directional Power Relay
70,090	Dir. Pwr Relay	CB11	Open	Directional Power Relay
70,090	Dir. Pwr Relay	CB1	Open	Directional Power Relay

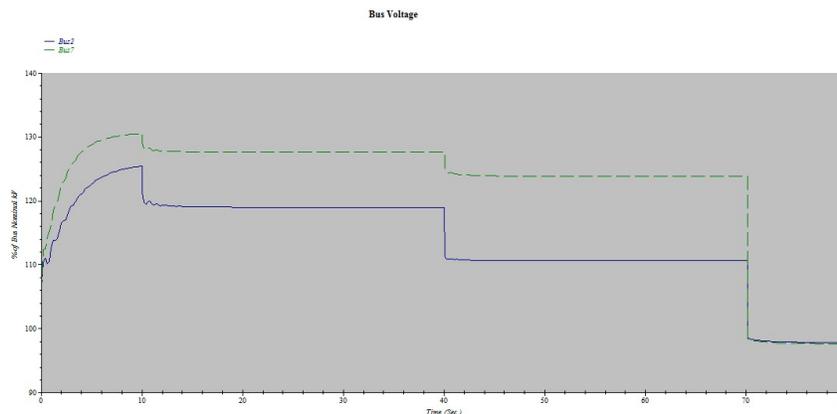
Gambar 6. Data Hasil Simulasi *Transient Stability*



Gambar 7. Kurva Daya Generator Terhadap Waktu

Percobaan ini penulis mengatur *time delay relay* (32) 30 detik ketika *pick-up* 0,2% dan 2%. Bila dilihat Gambar 7 pada kurva generator Totabuan 1#1 dan Totabuan 1#2 saat waktu 0 sampai 6 detik adalah gelombang waktu kerja generator saat dioperasikan. Untuk generator Totabuan 2#1, 2#2, 2#3, dan 2#4 saat 0 sampai 5 detik adalah gelombang waktu kerja generator saat dioperasikan. Kemudian kurva generator Totabuan 1#1 dan 1#2 dari waktu 6 sampai 10 detik daya generator stabil (*steady state*), dan untuk generator Totabuan 2#1, 2#2, 2#3, 2#4 saat waktu 5 sampai 10 detik daya generator stabil (*steady state*). Saat waktu 10 detik generator Totabuan 1#1 *trip* sehingga saat waktu 10,01 terjadi osilasi hingga mencapai 2,6 MW kemudian turun secara perlahan sampai mencapai *steady state* generator. Akibat terjadi osilasi hingga mencapai 2,6 MW maka *relay* daya balik (32) mendeteksi terjadinya gangguan sehingga pada waktu 40,04 detik CB12 *trip* (open). Akibat generator Totabuan 1#1 *trip* maka terjadi osilasi saat 10,01 detik sampai 16 detik pada generator Totabuan 2#1, 2#2, 2#3, 2#4. Kemudian disaat waktu 40,04 detik generator Totabuan 1#2 *trip* sehingga terjadi pengulangan osilasi mencapai 0,85 MW kemudian menurun sampai mencapai titik *steady state*, akibat hal tersebut maka *relay* daya balik (32) pada generator Totabuan 2#1, 2#2, 2#3, 2#4 mendeteksi adanya gangguan sehingga pada waktu 70,09 detik CB14, CB13, CB11, CB1 dalam kondisi terbuka (*open*).

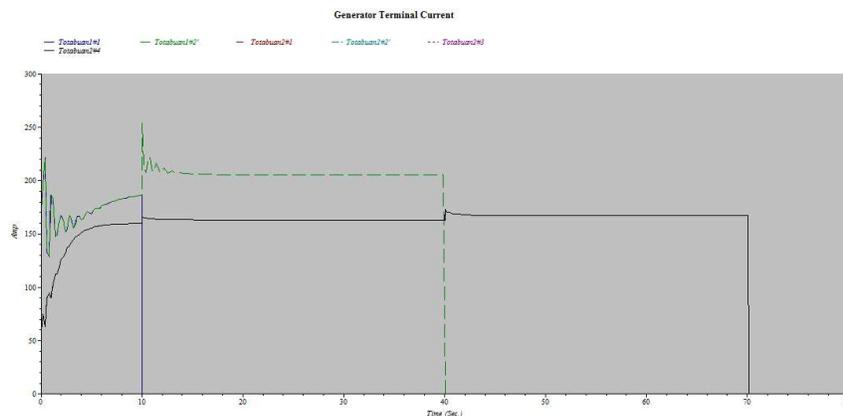
Gambar 8 merupakan hasil simulasi kurva tegangan di *bus 2* dan *bus 7*.



Gambar 8. Kurva Tegangan di bus 2 dan bus 7

Efek lain dari percobaan yang dilakukan dapat mempengaruhi tegangan pada *bus* generator. Untuk melihat tegangan yang terjadi saat gangguan dapat dilihat pada Gambar 8. Untuk kurva *bus7* saat waktu 0 detik sampai 10 detik tegangan mengalami kenaikan sampai 131% dari

tegangan nominal *bus*, hal ini disebabkan karena osilasi waktu kerja generator (dapat dilihat Gambar 7). Kemudian saat waktu 10 detik mengalami penurunan hingga mencapai 128% dari tegangan nominal *bus*. Saat waktu 40 detik tegangan kembali mengalami penurunan sampai mencapai 125,8% dari tegangan nominal *bus*, hal ini disebabkan CB *trip*. Saat waktu 70,09 detik, tegangan kembali mengalami penurunan hingga mencapai 100% dari tegangan *bus*, bila dilihat tegangan tidak turun sampai 0% karena *bus* masih terhubung ke jaringan sistem. Untuk tegangan pada *bus* 2 bila dilihat Gambar 8. Untuk kurva *bus* 2 saat waktu 0 detik sampai 10 detik tegangan mengalami kenaikan sampai 127,8% dari tegangan nominal *bus*, hal ini disebabkan karena osilasi waktu kerja generator (dapat dilihat Gambar 7). Kemudian saat waktu 10 detik mengalami penurunan hingga mencapai 119,5% dari tegangan nominal *bus*. Saat waktu 40 detik tegangan kembali mengalami penurunan sampai mencapai 110% dari tegangan nominal *bus*, hal ini disebabkan CB *trip*. Saat waktu 70,09 detik, tegangan kembali mengalami penurunan hingga mencapai 100% dari tegangan *bus*, bila dilihat tegangan tidak turun sampai 0% karena *bus* masih terhubung ke jaringan sistem.

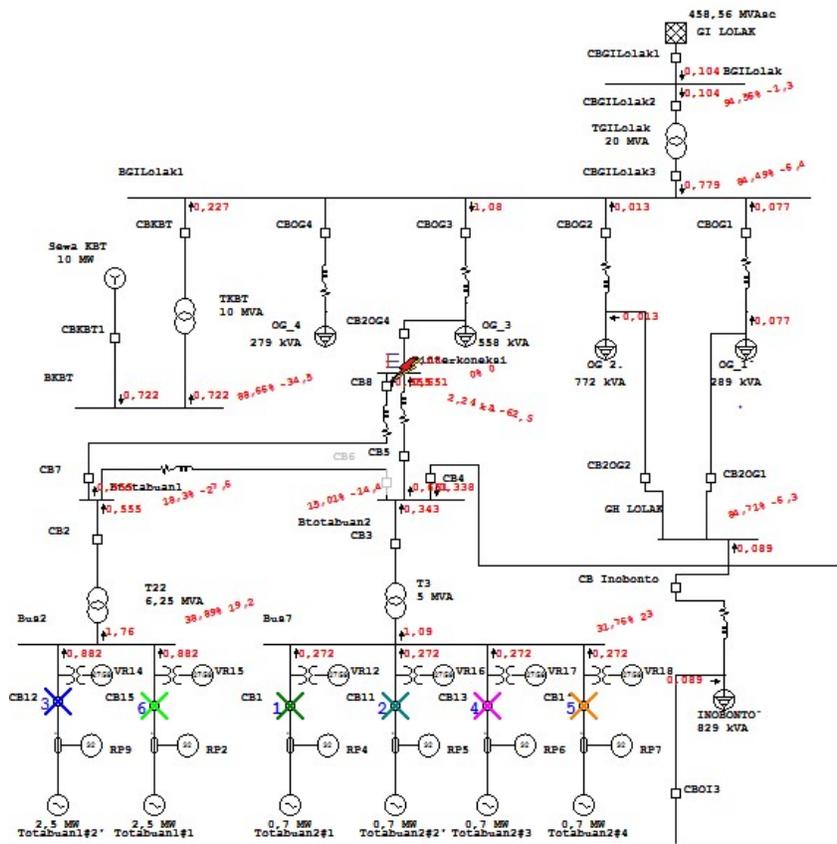


Gambar 9. Kurva Arus Generator Terhadap Waktu

Pengaruh saat terjadi gangguan untuk kurva arus generator Totabuan 1#1 dan 1#2 saat waktu 0,03 detik terjadi kenaikan arus hingga mencapai 251 ampere kemudian turun dan mengalami osilasi hingga waktu 6,3 detik. Saat 6,31 detik arus secara perlahan mengalami kenaikan hingga mencapai 177 ampere. Karena generator Totabuan 1#1 saat waktu 10 detik *trip* maka arus turun hingga mencapai 0 ampere, akibat generator *trip* maka arus generator Totabuan 1#2 mengalami osilasi hingga 250,2 ampere kemudian mengalami penurunan secara perlahan sampai 220 ampere. Saat waktu 40 detik generator *trip* dan arus pada generator menurun sampai titik 0 ampere. Untuk kurva generator Totabuan 2#1, 2#2, 2#3, 2#4 saat waktu 0 detik arus mulai dari 52,2 ampere, kemudian naik secara perlahan hingga mencapai 151,8 ampere, kenaikan arus ini disebabkan karena osilasi yang terjadi (dapat dilihat gambar 7). saat waktu 10,1 detik arus naik 152,2 ampere. Saat waktu 40 detik generator Totabuan 1#2 *trip* dan mengakibatkan arus generator Totabuan 2#1, 2#2, 2#3, 2#4 naik hingga mencapai 154,9 ampere, dan saat waktu 70,09 detik generator *trip* dan arus juga ikut turun hingga mencapai 0 ampere.

3.8. Skenario Gangguan 3 Fasa di *bus* Binterkoneksi

Pada percobaan relay tegangan dilakukn simulasi *Protective Divice Coordination* dengan gangguan 3 fasa. Gambar 10 merupakan hasil simulasi *Protective Divice Coordination* dengan gangguan 3 fasa.



Gambar 10. Single Line Saat Percobaan Short Circuit 3 Fasa

Gambar 11 merupakan laporan waktu hasil simulasi *software* ETAP 12.6.0. Diberikan gangguan 3 fasa pada bus binterkoneksi kemudian tegangan yang terbaca pada bus 7 yaitu 31,76% dan untuk bus 2 tegangan yang terbaca saat gangguan 3 fasa yaitu 38,89% dari tegangan nominal bus. Sehingga saat waktu 0,12 detik *relay* tegangan kurang (VR12, VR14, VR15, VR16, VR17, VR18) mendeteksi ada gangguan di bus generator, sehingga *relay* memerintahkan CB1, CB11, CB12, CB13, CB14, CB15 *trip (open)* kemudian saat waktu 0,13 detik CB *trip*. Saat waktu 0,125 detik *relay* tegangan kembali mendeteksi adanya tegangan kurang dengan *range* 80% dari tegangan nominal bus.

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Binterkoneksi

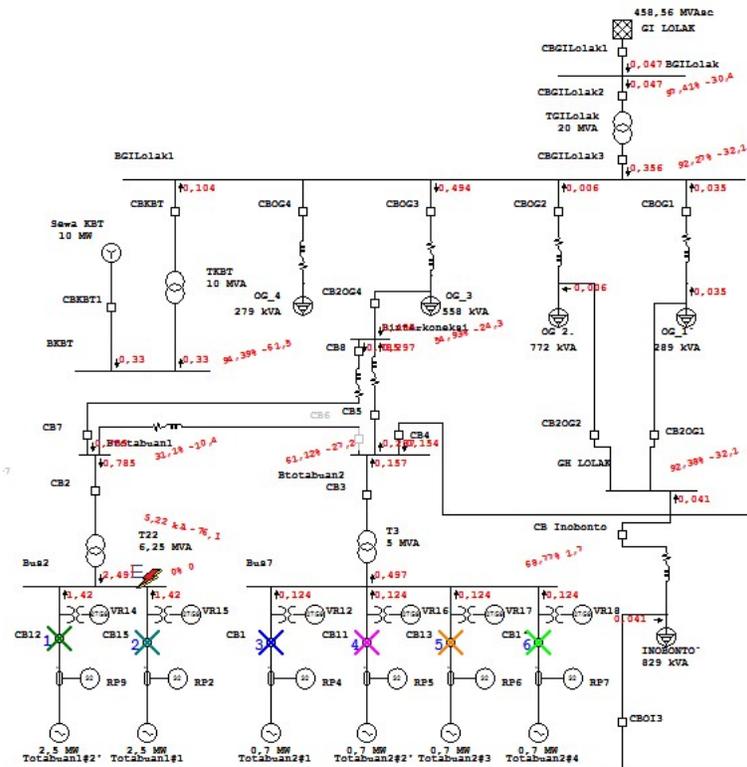
Data Rev.: Base Config: alternatif5 Date: 16-01-2018

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
120	VR12		120		Undervoltage - 27
120	VR14		120		Undervoltage - 27
120	VR15		120		Undervoltage - 27
120	VR16		120		Undervoltage - 27
120	VR17		120		Undervoltage - 27
120	VR18		120		Undervoltage - 27
130	CB1		10,0		Tipped by VR12 Undervoltage - 27
130	CB11		10,0		Tipped by VR16 Undervoltage - 27
130	CB12		10,0		Tipped by VR14 Undervoltage - 27
130	CB13		10,0		Tipped by VR17 Undervoltage - 27
130	CB14		10,0		Tipped by VR18 Undervoltage - 27
130	CB15		10,0		Tipped by VR15 Undervoltage - 27
860	Relay6	0,049	> 860		Phase - OC1 - 51
860	Relay8	0,049	> 860		Phase - OC1 - 51
1250	VR12		1250		Undervoltage - 27
1250	VR14		1250		Undervoltage - 27
1250	VR15		1250		Undervoltage - 27
1250	VR16		1250		Undervoltage - 27
1250	VR17		1250		Undervoltage - 27
1250	VR18		1250		Undervoltage - 27

Gambar 11. Hasil Laporan Simulasi Gangguan 3 Fasa di bus Binterkoneksi

3.9. Skenario Gangguan 3 Fasa di bus 2

Gambar 12 merupakan hasil simulasi *Protective Device Coordination* dengan gangguan 3 fasa.



Gambar 12. Single Line Saat Percobaan Short Circuit 3 Fasa di bus 2

Gambar 13 merupakan laporan waktu hasil simulasi *software* ETAP 12.6.0. Bila dilihat hasil simulasi saat gangguan 3 fasa diberikan di bus 2, tegangan yang terbaca di bus 2 yaitu 0% dan di bus 7 68,77% dari tegangan nominal bus. Sehingga saat waktu 0,12 detik relay tegangan pada bus 2 mendeteksi gangguan tegangan kurang range 50% dari tegangan bus dan saat waktu 0,13 detik CB12, CB15 *trip*. Kemudian saat waktu 1,25 detik relay tegangan (VR12, VR13, VR14, VR15, VR16, VR17, VR18) mendeteksi tegangan kurang. Untuk relay tegangan pada bus 7 mendeteksi tegangan kurang range 80% sehingga relay mendeteksi gangguan dan saat waktu 1,26 detik CB1, CB11, CB13, CB14 *trip*.

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus2

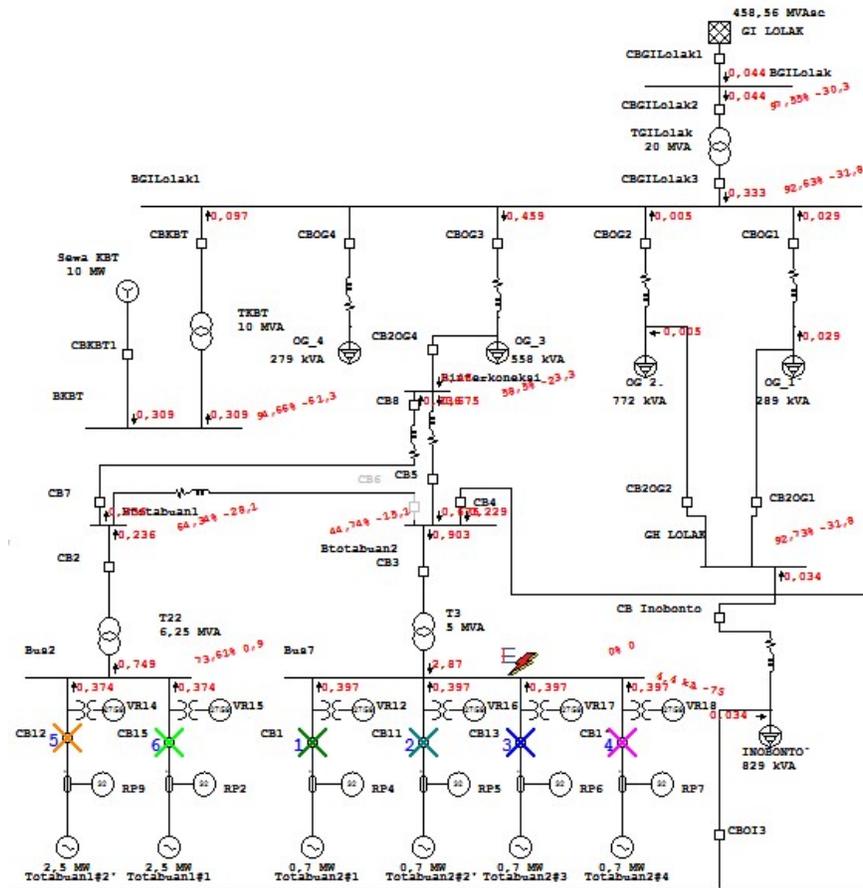
Data Rev.: Base Config: alternatif5 Date: 16-01-2018

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
120	VR14	120	120		Undervoltage - 27
120	VR15	120	120		Undervoltage - 27
130	CB12	10,0	10,0		Tripped by VR14 Undervoltage - 27
130	CB15	10,0	10,0		Tripped by VR15 Undervoltage - 27
1250	VR12	1250	1250		Undervoltage - 27
1250	VR14	1250	1250		Undervoltage - 27
1250	VR15	1250	1250		Undervoltage - 27
1250	VR16	1250	1250		Undervoltage - 27
1250	VR17	1250	1250		Undervoltage - 27
1250	VR18	1250	1250		Undervoltage - 27
1260	CB1	10,0	10,0		Tripped by VR12 Undervoltage - 27
1260	CB11	10,0	10,0		Tripped by VR16 Undervoltage - 27
1260	CB13	10,0	10,0		Tripped by VR17 Undervoltage - 27
1260	CB14	10,0	10,0		Tripped by VR18 Undervoltage - 27

Gambar 13. Hasil Laporan Simulasi Gangguan 3 Fasa di bus 2

3.10. Skenario Gangguan 3 Fasa di bus 7

Gambar 14 merupakan hasil simulasi *Protective Device Coordination* dengan gangguan 3 fasa.



Gambar 14. Single Line Saat Percobaan Short Circuit 3 di bus 7

Gambar 15 merupakan laporan waktu hasil simulasi *software* ETAP 12.6.0.

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus7

Data Rev.: Base Config: alternatif5 Date: 16-01-2018

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
120	VR12		120		Undervoltage - 27
120	VR16		120		Undervoltage - 27
120	VR17		120		Undervoltage - 27
120	VR18		120		Undervoltage - 27
130	CB1		10.0		Tripped by VR12 Undervoltage - 27
130	CB11		10.0		Tripped by VR16 Undervoltage - 27
130	CB13		10.0		Tripped by VR17 Undervoltage - 27
130	CB14		10.0		Tripped by VR18 Undervoltage - 27
1250	VR12		1250		Undervoltage - 27
1250	VR14		1250		Undervoltage - 27
1250	VR15		1250		Undervoltage - 27
1250	VR16		1250		Undervoltage - 27
1250	VR17		1250		Undervoltage - 27
1250	VR18		1250		Undervoltage - 27
1260	CB12		10.0		Tripped by VR14 Undervoltage - 27
1260	CB15		10.0		Tripped by VR15 Undervoltage - 27

Gambar 15. Hasil Laporan Simulasi Gangguan 3 Fasa di bus 7

Saat diberi gangguan 3 fasa pada bus 7 tegangan yang terbaca di bus 7 yaitu 0% dan bus 2 73,61% dari tegangan nominal bus. Saat waktu 0,12 detik relay tegangan (VR12, VR16, VR17,

VR18) mendeteksi tegangan kurang sehingga saat waktu 0,13 detik CB1, CB11, CB13, CB14, *trip*. Dan ketika waktu 1,25 detik *relay* tegangan (VR14, VR15) pada *bus* 2 mendeteksi tegangan kurang *range* 80% sehingga saat waktu 1,26 detik CB12, CB15 *trip*.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan maka *setting relay over voltage* (59) saat simulasi kenaikan tegangan 110% adalah 0,57 detik dan saat kenaikan 130% adalah 0,105 detik. Sedangkan untuk *relay under voltage* (27) saat turun tegangan 50% adalah 0,125 detik dan saat turun tegangan 80% adalah 1,25 detik. Sehingga apabila dibandingkan hasil perhitungan dengan standar PLN tidak jauh berbeda, untuk SPLN no.0357.K/DIR/2014 saat *relay over voltage* 110% adalah 2 detik dan saat 130% adalah 0,1 detik kemudian untuk settingan *relay under voltage* saat 50% adalah 0,1 detik dan saat 80% adalah 1 detik.
2. Untuk *setting relay* daya balik (32) penulis menggunakan standart IEEE C37.102-2006. Menurut *standart* IEEE waktu tunda yang diizinkan maksimal 30 detik. *Setting* generator kapasitas 2,5 MW dan 0,7 MW waktu tundanya dilakukan hingga beberapa percobaan antara lain 1-30 detik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui waktu kerja *relay* yang tepat saat terjadi gangguan. Setelah dilakukan percobaan penulis menyimpulkan waktu tunda *relay* daya balik adalah 10 detik dengan *pick-up* 2 % dari daya yang dibangkitkan generator.
3. Berdasarkan analisis yang dilakukan penulis, tegangan antar generator harus dijaga konstan agar daya yang dibangkitkan generator stabil. Selain itu frekuensi juga harus dipertahankan konstan agar tidak terjadi daya balik, sesuai dengan teori dasar tentang syarat sinkronisasi pada generator paralel.

DAFTAR RUJUKAN

- Fitriyani, M. O. (2015). *Evaluasi Setting Relay Proteksi Generator dan Trafo Generator Di PLTGU Tambak Lorok Blok I*. Semarang: Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- Gencer, O. O. (2006). "Performance Of an Over/Under Voltage Relay at Non-sinusoidal Conditions". Jurnal IEEE. Spain. (Pp. 1103)
- Saputro, T. D. (2015). *Evaluasi Setting Relay Proteksi Generator Pada Plan PT. Petrochina International Jabung Ltd. Betara Complex Development Project Menggunakan Simulasi ETAP 12.6.0*. Semarang: Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- Standar PLN NO. 0357.K/DIR/2014 – "Pedoman Penyambungan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Ke Sistem Distribusi PLN".
- Zuhal. (1991). *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Chapman, S. J. (1999). *Electrical Machinery Fundamentals*. New York: Mc Graw-hill.