

Analisis Sistem Pengaman Arus Lebih pada Penyulang Abang Akibat Beroperasinya PLTS pada Saluran Distribusi Tegangan Listrik 20 Kv di Karangasem

Made Benny Nurcahyadi¹, I Wayan Rinas², A.A.Gede Maharta Pemayun³

Abstract— Feeder Abang is one of the feeders in Bali which is a source of electrical energy coming from the substation Amlapura. The connection of new power generation units to the distribution network can increase the short-circuit current if there a short-circuit on the channel. Simulation of short-circuit is done by ETAP. There are two types of simulation, without operation and after operation of solar power generation. The results analysis of short-circuit current without the operation of solar power, obtained the most short-circuit current at point 1 namely bus B217 is 1026 Ampere. While with the operation of solar power obtained 1224 Ampere. Without the operation of solar power generation the smallest short-circuit current at point 5, namely the B366 bus for 792 A, while with the operation of solar power generation short-circuit fault currents up to 882 A. The rising of short-circuit current make changes in working time of relays at five points disruption. Without the operation of solar power generation, working time of relays changes from 0.123 to 0.131 seconds. While with the operation of solar power generation, working time of relays changes from 0.117 to 0.127 seconds.

Intisari—Penyulang Abang merupakan salah satu penyulang di pulau Bali yang sumber energi listriknya berasal dari Gardu Induk Amlapura. Penyambungan unit pembangkit listrik yang baru ke jaringan distribusi dapat meningkatkan arus hubung singkat apabila terjadi gangguan pada saluran. Simulasi gangguan hubung singkat pada program ETAP dilakukan dengan dua simulasi yaitu simulasi gangguan hubung singkat tanpa beroperasinya PLTS dan setelah beroperasinya PLTS. Hasil analisis gangguan hubung singkat tanpa beroperasinya - PLTS didapat arus hubung singkat terbesar pada titik 1 yaitu bus B217 sebesar 1026 A, sedangkan akibat beroperasinya PLTS arus gangguan hubung singkatnya menjadi 1224 A. Tanpa beroperasinya PLTS arus hubung singkat terkecil pada titik 5 yaitu pada bus B366 sebesar 792 A sedangkan akibat beroperasinya PLTS arus gangguan hubung singkatnya menjadi 882 A. Peningkatan arus hubung singkat mengakibatkan perubahan waktu kerja dari rele di lima titik gangguan sebesar 0,123 - 0,131 detik dengan kondisi tanpa PLTS, sedangkan dengan beroperasinya PLTS perubahan waktu kerja rele yaitu 0,117 - 0,127 detik.

Kata Kunci : PLTS, Hubung Singkat, Rele

¹Mahasiswa Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung Bali. 80361, Tel.0361703315 fax.703315; email:bennynurcahyadi@gmail.com

^{2,3}Dosen Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung Bali. 80361, Tel. 0361703315 fax. 0361703315; email :rinas@unud.ac.id

Made Benny Nurcahyadi: Analisis Sistem Pengaman Arus...

I. PENDAHULUAN

Sebagian besar pembangkit listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) masih menggunakan bahan bakar fosil sebagai energi utama untuk pengoperasiannya. Sistem energi dunia sedang beralih dari sistem energi berbasis fosil ke sistem energi berbasis sumber energi terbarukan (*renewable energy*).

Penyambungan unit pembangkit listrik yang baru ke jaringan distribusi dapat mempengaruhi arus hubung singkat, karena jika terjadi gangguan pada saluran maka arus hubung singkat yang ditimbulkan akan meningkat. Keadaan ini secara tidak langsung berimbas pada sistem proteksi jaringan yaitu berupa rele arus lebih yang terpasang. Pengaturan kerja rele harus disesuaikan dengan besarnya arus hubung singkat yang dihasilkan akibat penyambungan pembangkit listrik ke jaringan distribusi [1],[2].

Dalam menyalurkan energi listrik terdapat banyak gangguan seperti gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat adalah suatu gangguan yang terjadi akibat adanya kesalahan antara bagian-bagian yang bertegangan sehingga menyebabkan aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Sistem proteksi diharapkan bekerja sesuai fungsinya sebagai pengaman, agar stabilitas tenaga listrik tidak terganggu apabila terjadi gangguan-gangguan seperti gangguan hubung singkat antara fasa dengan fasa, hubung singkat satu fasa ke tanah, hubung singkat tiga fasa dan hubung singkat tiga fasa ke tanah [2].

Penelitian ini membahas mengenai pengaturan waktu kerja dari rele arus lebih yang terpasang pada penyulang Abang, dan membandingkan serta menganalisis perubahan waktu kerja dari rele arus lebih karena meningkatnya nilai arus hubung singkat yang terjadi akibat beroperasinya PLTS. Dengan terlebih dahulu menentukan dan mencari nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada penyulang. Untuk menentukan dan mencari nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa, penulis menggunakan program simulasi hubung singkat 3 fasa pada *software* ETAP.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya berskala kecil lebih dikenal dengan sebutan *Distributed Generation* (DG) merupakan suatu pembangkit listrik dimana peralatan - peralatan yang digunakan dalam pembangkit tersebut lebih kecil dibandingkan dengan pembangkit pada umumnya yang sudah beroperasi yang dihubungkan langsung dengan jaringan

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



distribusi. Pembangkit ini berkapasitas antara 50 kW sampai dengan 100 MW [1].

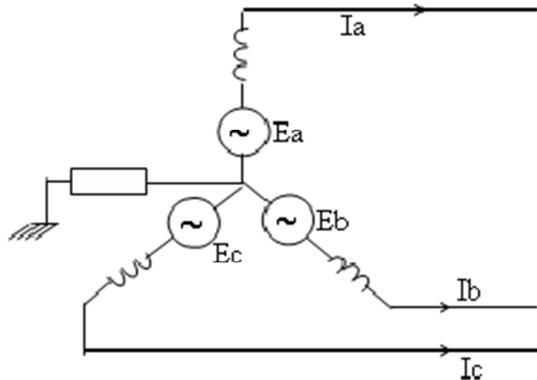
Pada umumnya DG cenderung mengarah kepada teknologi energi terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga angin, tenaga panas bumi, sel surya dan pembangkit dari energi terbarukan lainnya. Di sisi lain teknologi ini cenderung digunakan sebagai sistem back-up (cadangan) dari jaringan listrik normal [2].

Masuknya energi listrik dari DG ke jaringan distribusi tegangan listrik menyebabkan meningkatnya arus yang mengalir pada sistem distribusi. Oleh karena itu, apabila terjadi gangguan arus hubung singkat, maka nilai arus hubung singkat yang terjadi akan meningkat juga.

B. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Gangguan tiga fasa disebabkan oleh putusnya salah satu kawat fasa yang letaknya paling atas pada transmisi atau distribusi dengan konfigurasi kawat antar fasanya disusun secara vertikal. Kemungkinan lain adalah akibat pohon yang cukup tinggi berayun sewaktu tertiuip angin kencang sehingga menyentuh ketiga kawat fasa transmisi atau distribusi [4].

Arus gangguan hubung singkat harus diamankan dengan cepat setelah gangguan terjadi, karena apabila gangguan hubung singkat tiga fasa tidak cepat diamankan maka akan mengakibatkan kerusakan pada komponen-komponen jaringan. Untuk itu dibutuhkan alat pengaman yaitu Pemutus Tenaga (PMT) yang kapasitasnya ditentukan berdasarkan atas gangguan hubung singkat tiga fasa pada lokasi gangguan [4].



Gambar 1 :Rangkaian Ekuivalen Gangguan Hubung Singkat 3 fasa
(Sumber : Triatmajaya, 2015)

Dari gambar 1 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 [5].

C. Prinsip dasar Perhitungan Arus hubung Singkat 20 KV

Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam jaringan (system kelistrikan) ada 3, yaitu [8]:

1. Gangguan hubung singkat 3 fasa
2. Gangguan hubung singkat 2 fasa, dan
3. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Dari ketiga macam gangguan hubung singkat, hanya dibahas gangguan hubung singkat 3 fasa pada sisi 20 KV saja, dimana terlebih dahulu menghitung gangguan hubung singkat pada sisi 150 KV.

a. Gangguan hubung singkat 150 KV

Arus gangguannya dihitung dengan rumus :

$$I_{3\phi(150)} = \frac{V_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (Z_{hs} + Z_{tr})} \quad (1)$$

b. Gangguan hubung singkat 20 KV

Arus gangguannya dihitung dengan rumus :

$$I_{3\phi(20)} = I_{3\phi(150)} \frac{V_p}{V_s} \quad (2)$$

Keterangan :

$I_{3\phi(150)}$: Arus hubung singkat tiga fasa di sisi 150 kV

$I_{3\phi(20)}$: Arus hubung singkat tiga fasa di sisi 20 kV

V_p : Tegangan pada sisi primer

V_s : Tegangan pada sisi sekunder

Z_{hs} : Impedansi sumber

Z_{tr} : Impedansi trafo

D. Prinsip Kerja Rele Arus Lebih

Rele arus lebih bekerja dengan membaca input berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai *setting*, apabila nilai arus yang terbaca oleh rele melebihi nilai *setting*, maka rele akan mengirim perintah *trip* (lepas) kepada Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) setelah waktu tunda yang diterapkan pada *setting*. Rele arus lebih – OCR memproteksi instalasi listrik terhadap gangguan antar fasa. Sedangkan untuk memproteksi terhadap gangguan fasa tanah digunakan rele arus gangguan tanah atau *ground fault relay* (GFR). Prinsip kerja GFR sama dengan OCR, yang membedakan hanyalah pada fungsi dan elemen sensor arus. OCR biasanya memiliki 2 atau 3 sensor arus (untuk 2 atau 3 fasa) sedangkan GFR arahnya memiliki satu sensor arus (satu fasa) [6].

E. Setting Rele Arus Lebih

Menentukan nilai kuat arus nominal saluran digunakan persamaan (3) [6] :

$$I_{nom} = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} \quad (3)$$

keterangan :

S = Daya Semu (KVA)

V = Tegangan saluran (Volt)

I = Arus nominal (A)

Faktor kemanan rele biasanya diset sebesar 1,2 hingga 1,3 untuk perhitungan setelan arus (*Iset*), digunakan persamaan (4) [7] :

$$I_{set} = \frac{1,2 \cdot I_{nom}}{CT} \tag{4}$$

keterangan :

- I_{set} = Setelan Arus
- I_{nom} = Arus nominal
- CT = rasio transformator arus

Perhitungan waktu tunda rele arus lebih menggunakan persamaan (5) [3] :

$$t_d = \frac{(I_f/I_{set})^{0,02} - 1}{0,14} \times t \tag{5}$$

Keterangan :

- t_d = waktu tunda
- I_f = arus gangguan hubung singkat
- t = waktu kerja rele yang dikehendaki

Perhitungan waktu kerja rele arus lebih, menggunakan persamaan (6) [4] :

$$t = \frac{0,14}{(I_f/I_{set})^{0,02} - 1} \times t_d \tag{6}$$

Keterangan :

- t = setting koordinasi rele pengaman
- I_f = arus gangguan hubung singkat tiga Fasa
- t_d = waktu tunda

III. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MW di Karangasem pada bulan Juli 2015 sampai dengan Oktober 2015. Sebelum melakukan analisis sistem pengaman arus lebih pada Penyulang Abang, dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan antara lain *single line diagram*, data gardu distribusi penyulang Abang, data penghantar jaringan distribusi penyulang Abang, dan data rele yang terpasang di penyulang Abang untuk menggambar pemodelan penyulang Abang pada program ETAP. Selanjutnya dilakukan pensimulasian pada penyulang Abang tanpa beroperasinya PLTS dan dengan beroperasinya PLTS Karangasem untuk mendapatkan nilai arus hubung singkat.

Setting waktu kerja rele arus lebih terdiri dari 3 langkah, yang pertama menghitung arus nominal, yang kedua menghitung setting arus, dan yang ketiga menghitung waktu tunda sesuai dengan nilai arus hubung singkat yang diperoleh dari hasil simulasi. Selanjutnya membandingkan pengaturan waktu kerja rele arus lebih tanpa beroperasinya PLTS dan dengan beroperasinya PLTS pada Penyulang Abang.

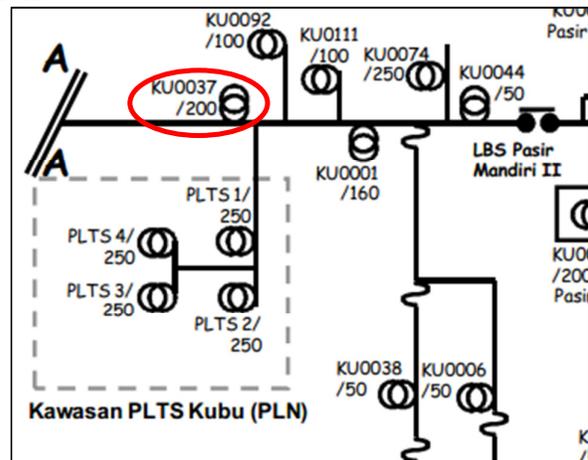
B. Alur Analisis Penelitian

Alur analisis hubung singkat pada penyulang Abang dengan beroperasinya PLTS beserta sistem pengaman arus lebih yang terpasang dapat dilihat pada gambar 2.

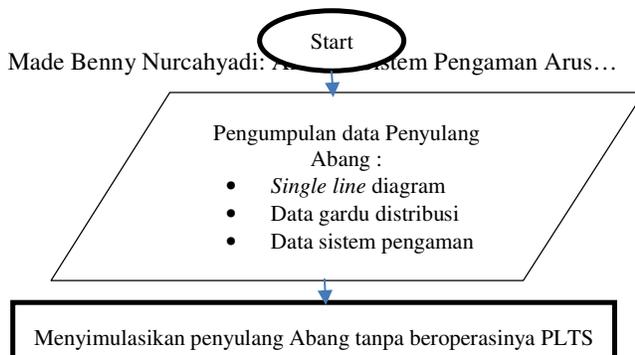
Gambar 2. Alur Analisis

C. Lima Titik Lokasi Gangguan Hubung Singkat

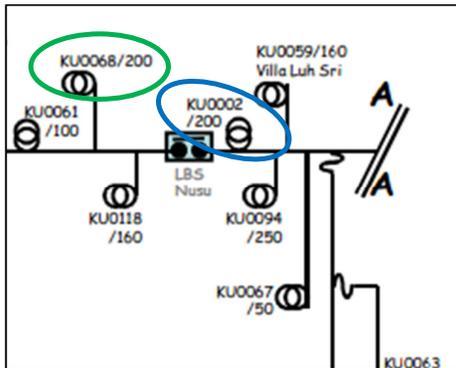
Titik lokasi gangguan hubung singkat dapat dilihat pada gambar 3, 4, dan 5. Dimana gambar tersebut menunjukkan 5 titik lokasi gangguan pada *single line diagram* penyulang Abang. Lima titik lokasi gangguan digunakan oleh penulis karena pada kelima titik tersebut memiliki beban lebih dari 50 KVA.



Gambar 3. Titik 1 gangguan hubung singkat

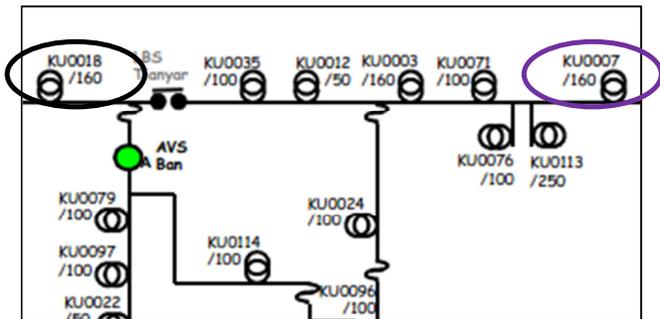


Lingkaran merah pada gambar 3 menunjukkan titik 1 gangguan hubung singkat yang ditentukan oleh penulis, karena pada titik tersebut terdapat beban sebesar 52,9 KVA. Dimana pada saat menyimulasikan pada program ETAP titik tersebut menjadi Bus B217.



Gambar 4. Titik 2 dan 3 gangguan hubung singkat

Lingkaran biru pada gambar 4 menunjukkan titik 2 gangguan hubung singkat, dan lingkaran hijau menunjukkan titik 3 gangguan hubung singkat yang ditentukan oleh penulis, karena pada titik 2 terdapat beban sebesar 106 KVA dan pada titik 3 terdapat beban sebesar 98 KVA. Dimana pada saat menyimulasikan pada program ETAP titik 2 menjadi Bus B259, dan titik 3 menjadi bus B265.



Gambar 5. Titik 4 dan 5 gangguan hubung singkat

Lingkaran ungu pada gambar 45 menunjukkan titik 4 gangguan hubung singkat, dan lingkaran hitam menunjukkan titik 5 gangguan hubung singkat yang ditentukan oleh penulis, karena pada titik 4 terdapat beban sebesar 69,3 KVA dan pada titik 5 terdapat beban sebesar 79,2 KVA. Dimana pada saat menyimulasikan pada program ETAP, titik 4 menjadi Bus B272, dan titik 3 menjadi bus B366.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Titik Lokasi Gangguan Hubung Singkat

Titik lokasi gangguan hubung singkat 3 fasa di sisi 20 KV pada penyulang Abang dapat dilihat pada tabel berikut :

TABEL I
TITIK LOKASI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

No	Nama Lokasi	Letak Bus	Desa
1	Titik 1	B217	Kubu
2	Titik 2	B259	Kubu
3	Titik 3	B265	Baturinggit
4	Titik 4	B272	Baturinggit
5	Titik 5	B366	Dukuh

Titik lokasi gangguan pada tabel 1 digunakan sebagai simulasi gangguan hubung singkat karena pada kelima titik tersebut memiliki beban yang paling besar diantara semua beban yang ada di sekitar area PLTS Karangasem.

Dengan adanya beban lebih tersebut, arus hubung singkat akan meningkat apabila terjadi gangguan pada kelima titik lokasi. Oleh sebab itu, diperlukan perhitungan waktu kerja dari rele arus lebih pada penyulang Abang.

B. Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Lima Titik Gangguan

Hasil keseluruhan simulasi hubung singkat di lima titik lokasi gangguan hubung singkat Tanpa beroperasinya PLTS dan Dengan Beroperasinya PLTS dapat dilihat pada tabel II :

TABEL II
HASIL SIMULASI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANGABANG

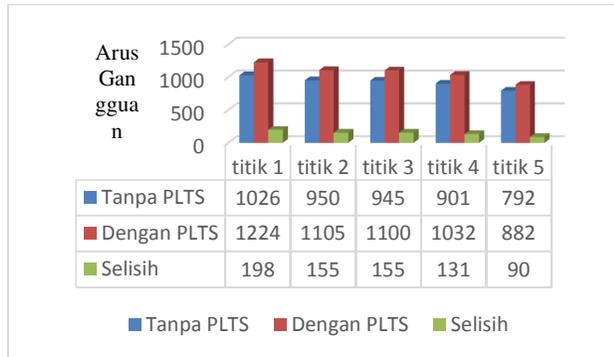
No	Titik Gangguan Hubung Singkat	Arus Gangguan Hubung Singkat Tanpa PLTS (A)	Arus Gangguan Hubung Singkat Dengan PLTS (A)
1	B217	1026	1224
2	B259	950	1105
3	B265	945	1100
4	B272	901	1032
5	B366	792	882

Dari tabel II menunjukkan bahwa arus hubung singkat terbesar berada pada titik 1 yaitu bus B217 dengan jarak 5053 m dari PLTS sebesar 1224 A. Arus hubung singkat terkecil berada pada titik 5 yaitu bus B366 dengan jarak 28361 m dari PLTS sebesar 882 A dengan kondisi beroperasinya PLTS.

Dari hasil simulasi diatas dapat dilihat bahwa adanya peningkatan arus hubung singkat yang terjadi setelah beroperasinya PLTS Karangasem pada Penyulang Abang. Hal ini dikarenakan dengan masuknya daya listrik dari PLTS menuju penyulang Abang mengakibatkan meningkatnya nilai arus pada penyulang, sehingga apabila terjadi gangguan arus hubung singkat, maka arus hubung singkat juga akan meningkat.

C. Grafik Perbandingan Arus Gangguan Hubung Singkat Tanpa Beroperasinya PLTS dan dengan Beroperasinya PLTS

Grafik perbandingan arus gangguan hubung singkat penyulang Abang tanpa beroperasinya PLTS dan dengan beroperasinya PLTS dapat dilihat pada gambar 6 :



Gambar 6. Grafik Perbandingan Arus Gangguan Hubung Singkat Tanpa Beroperasinya PLTS dan dengan Beroperasinya PLTS

Dari tabel II dan gambar 6 menunjukkan bahwa arus hubung singkat terbesar berada pada titik 1 yaitu bus B217 sebesar 1224 A dan arus hubung singkat terkecil berada pada titik 5 yaitu bus sebesar 882 A dengan kondisi beroperasinya PLTS.

Berdasarkan hal tersebut dapat dianalisis bahwa semakin jauh lokasi gangguan dari pembangkit, maka semakin kecil arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Hal ini sesuai dengan teori yang ada bahwa ketika terjadi gangguan hubung singkat maka semakin besar nilai impedansi saluran.

D. Setting Waktu Tunda Rele Arus Lebih Pada Kondisi Tanpa Beroperasinya PLTS

Dengan terlebih dahulu menentukan Arus nominal (Inom) dan setelan arus (Iset), maka waktu tunda rele arus lebih dapat ditentukan dengan persamaan (5). Hasil perhitungan *setting* waktu tunda Rele Arus Lebih Pada 5 titik gangguan, dapat dilihat pada tabel III :

TABEL III
SETTING WAKTU TUNDA RELE ARUS LEBIH PADA 5 TITIK GANGGUAN PADA KONDISI TANPABEROPERASINYA PLTS

No	Titik Gangguan	Waktu Tunda (detik)
1	Titik 1	0,65
2	Titik 2	0,64
3	Titik 3	0,63
4	Titik 4	0,62
5	Titik 5	0,60

Dari tabel III dapat dilihat bahwa terjadi perubahan waktu tunda rele arus lebih pada 5 titik gangguan, dikarenakan nilai arus hubung singkat dari titik 1 sampai titik 5 semakin kecil sehingga waktu tunda menjadi lebih cepat.

E. Setting Waktu tunda rele Arus Lebih Pada Kondisi Dengan Beroperasinya PLTS

Dengan terlebih dahulu menentukan Arus nominal (Inom) dan setelan arus (Iset), maka waktu tunda rele arus lebih dapat ditentukan dengan persamaan (5).

Hasil perhitungan *setting* waktu tunda Rele Arus Lebih Pada 5 titik gangguan, dapat dilihat pada tabel IV :

TABEL IV
SETTING WAKTU TUNDA RELE ARUS LEBIH PADA 5 TITIK GANGGUAN PADA KONDISI DENGAN BEROPERASINYA PLTS

No	Titik Gangguan	Waktu Tunda (detik)
1	Titik 1	0,68
2	Titik 2	0,66
3	Titik 3	0,65
4	Titik 4	0,64
5	Titik 5	0,62

Dari tabel III dapat dilihat bahwa terjadi perubahan waktu tunda rele arus lebih pada 5 titik gangguan, dikarenakan nilai arus hubung singkat dari titik 1 sampai titik 5 semakin kecil sehingga waktu tunda menjadi lebih cepat.

F. Setting Waktu Kerja Rele Arus Lebih Pada Kondisi Tanpa Beroperasinya PLTS

Dengan terlebih dahulu menentukan Arus nominal (Inom) dan setelan arus (Iset), maka waktu kerja rele arus lebih dapat ditentukan dengan persamaan (6).

Hasil perhitungan *setting* waktu kerja rele arus lebih Pada 5 titik gangguan, dapat dilihat pada tabel V :

TABEL V
SETTING WAKTU KERJA RELE ARUS LEBIH PADA 5 TITIK GANGGUAN PADA KONDISI TANPABEROPERASINYA PLTS

No	Titik Gangguan	Perhitungan	
		Waktu Tunda (detik)	Waktu Kerja (detik)
1	Titik 1	0,65	0,123
2	Titik 2	0,64	0,125
3	Titik 3	0,63	0,125
4	Titik 4	0,62	0,127
5	Titik 5	0,60	0,131

Dari tabel V dapat dilihat bahwa terjadi perubahan waktu kerja dari rele arus lebih pada 5 titik gangguan, dikarenakan semakin besar arus hubung singkat yang terjadi, maka semakin cepat waktu kerja dari rele arus lebih.

G. Setting Waktu Kerja rele Arus Lebih Pada Kondisi Dengan Beroperasinya PLTS

Dengan terlebih dahulu menentukan Arus nominal (Inom) dan setelan arus (Iset), maka waktu kerja rele arus lebih dapat ditentukan dengan persamaan (6).

Hasil perhitungan *setting* waktu kerja Rele Arus Lebih Pada 5 titik gangguan, dapat dilihat pada tabel VI :



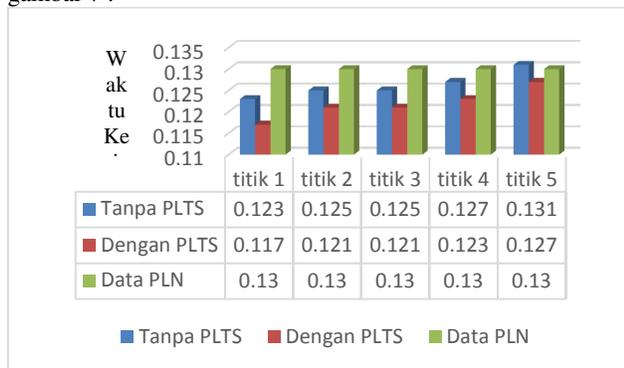
TABEL VI
SETTING WAKTU KERJA RELE ARUS LEBIH PADA 5 TITIK
GANGGUAN PADA KONDISI DENGAN BEROPERASINYA PLTS

No	Titik Gangguan	Perhitungan	
		Waktu Tunda (detik)	Waktu Kerja (detik)
1	Titik 1	0,68	0,117
2	Titik 2	0,66	0,121
3	Titik 3	0,65	0,121
4	Titik 4	0,64	0,123
5	Titik 5	0,62	0,127

Dari tabel VI dapat dilihat bahwa terjadi perubahan waktu kerja dari rele arus lebih pada 5 titik gangguan, dikarenakan arus gangguan yang terjadi setelah beroperasinya PLTS lebih besar dibandingkan dengan sebelum beroperasinya PLTS maka, waktu kerja dari rele arus lebih pada penyulang Abang menjadi lebih cepat.

H. Grafik Perbandingan Setting Rele Arus Lebih Tanpa PLTS dan Dengan PLTS Pada Lima Titik Gangguan

Perbandingan waktu kerja rele arus lebih tanpa PLTS dan dengan PLTS pada lima titik gangguan, dapat dilihat pada gambar 7 :



Gambar 7. Grafik Perbandingan Waktu Kerja Rele Arus Lebih Tanpa Beroperasinya PLTS, dengan Beroperasinya PLTS dan data PLN Pada Lima Titik Gangguan

Perbedaan waktu kerja dari rele arus lebih diakibatkan oleh perubahan nilai arus gangguan hubung singkat yang ditimbulkan oleh PLTS terhadap jaringan tersebut. Sedangkan perbedaan waktu kerja dari data PLN dengan perhitungan diakibatkan oleh pengambilan nilai arus hubung singkat yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung waktu kerja dari rele arus lebih tersebut. Nilai arus hubung singkat dari PLN diperoleh dari kejadian arus hubung singkat di tiap-tiap *feeder*, sedangkan pada program simulasi, lokasi hubung singkat dilakukan hanya pada lima titik lokasi gangguan.

Setting waktu kerja rele dipengaruhi oleh besar arus gangguan hubung singkat, dimana semakin besar arus pada suatu jenis gangguan maka semakin cepat rele bekerja untuk memutuskan dan begitu pula sebaliknya.

V. KESIMPULAN

Hasil simulasi gangguan hubung singkat tanpa beroperasinya PLTS diperoleh arus hubung singkat terbesar yaitu pada titik 1 sebesar 1026 A, dengan *setting* rele arus lebih sebesar 0,123 detik. Arus gangguan terkecil berada pada titik 5 sebesar 792 A, dengan *setting* rele arus lebih sebesar 0,131 detik.

Hasil simulasi hubung singkat pada PLTS sebelum tersambung ke penyulang Abang yaitu, tanpa beroperasinya PLTS sebesar 236 A, sedangkan pada kondisi setelah tersambung ke Penyulang Abang dengan beroperasinya PLTS sebesar 1297 A.

Hasil simulasi gangguan hubung singkat dengan beroperasinya PLTS diperoleh arus hubung singkat terbesar yaitu pada titik 1 sebesar 1224 A, dengan *setting* rele arus lebih sebesar 0,117 detik. Arus gangguan terkecil berada pada titik 5 sebesar 882 A, dengan *setting* rele arus lebih sebesar 0,127 detik.

Dari hasil simulasi gangguan diatas, dapat disimpulkan bahwa dengan masuknya suplai energi listrik dari PLTS mengakibatkan naiknya nilai arus pada penyulang Abang, sehingga apabila terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa, maka nilai arus gangguannya juga meningkat.

REFERENSI

- [1] Putra, R., dkk, 2012. Analisa Penempatan Distributed Generation pada Jaringan Distribusi 20 kV. Surabaya J. Tek. ITS Vol 1 No 1.
- [2] Zamzami, 2010. Studi Hubung Singkat Satu Fasa Ketenah Akibat Masuknya Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Tenga Listrik 20 kV. Tek. Elektro Politek. Negeri Lhokseumawe.
- [3] Nova, Tirza dan Syarial. 2013. Perhitungan Setting Rele OCR dan GFR Pada Sistem Interkoneksi Diesel Generator di Perusahaan "X". Institut Teknologi Nasional. Bandung. J. Tek. ITENAS Vol.1 No.1
- [4] B. Indra, Sukerayasa, dan Ariastina, "STUDI KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI OCRDANGFR PADA PENYULANG TIBUBENENG," *Teknologi Elektro, Vol.14, No.2, pp.50-56, Juli-Desember. 2015*
- [5] Triatmajaya, E. "ANALISIS HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG BANGLI DENGAN BEROPERASINYA PLTS KAYUBIHI". Tek. Elektro Universitas Udayana. Badung. 2015.
- [6] Pribadi, N dan Wahyudi, SN. 2012. Koordinasi Proteksi Sistem Distribusi. Jakarta : PT. PLN (Persero).
- [7] PT. PLN (Persero), 2013. Faktor Keamanan Rele. PT. PLN (Persero) Area Pengatur Distrinbusi Bali.
- [8] P. Dian, A. Dyana, dan Rinas, "Studi Pengaman Busbar pada Gardu Induk Amlapura," *Teknologi Elektro, Vol. 15, No.1, pp.38-41, Januari-Juni. 2016*