

JURNAL ELEKTRO

Perancangan Data Logger Turbin Angin Berbasis Mikrokontroler ATmega,
Oleh : Aas Wasri Hasanah

Analisa Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Gedung TI BRI
Ragunan, Oleh : Abdul Kodir Al Bahar

Analisa Kegagalan Sistem Grounding & Penangkal Petir Pada Apartemen
Pancoran Riverside , Oleh : Lukman Aditya

Studi Termoelektrik Generator Tipe TEG SP1848 27145 SA, Oleh : Vita
Nurdinawati

Analisa Pengaruh Gangguan Hubung Singkat Di Gardu Induk Terhadap
Subsistem Gandul, oleh : Nurhabibah Naibaho

Analisis Motor Induksi Tiga Fasa Penggerak Wet Mixer Ready Mix Terhadap
Mutu Beton, Oleh : Syah Alam

Analisa Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Efisiensi Tranformator
Distribusi, Oleh : Tri Ongko Priyono

Analisa Jaringan FTTH Dengan Teknologi GPON , Oleh: Slamet Purwo Santosa

Optimalisasi Sistem Jaringan Kontrol Gardu Terpusat Berbasis Point To Point
Dengan Sistem Multiplexing TDM, Oleh : Sri Hartanto

Analisa Deteksi Ketidaknormalan Meter Elektronik Dengan Sistem Automatik
Meter Reading, Oleh : Ujang Wiharja

Penerbit

UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

(Dikelola oleh FT Prodi Teknik Elektro)

ANALISA PENGARUH GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DI GARDU INDUK TERHADAP SUBSISTEM GANDUL

Nurhabibah Naibaho (nurhabibahnaibaho@unkris.ac.id)

Dosen FT. UNKRIS

ABSTRACT-*In electric power system can not be separated from the existence of short circuit of one phase to the ground or three phases that can cause a large current disturbance that can damage electrical equipment. The purpose of this study is to analyze the effect of short-circuit one-phase interference to the ground in the substation Gandul subsystem 150 kV and analyze the condition of power flow in substation Gandul subsystem 150 kV Region 1 DKI Jakarta and Banten before & after after interruption. Based on the analysis of the effect of short-circuit one-phase of the ground in the substation Gandul subsystem 150 kV using software ETAP 12.6.0, obtained the value of the interruption current of 1.806 kA. The operation of ground fault relay causes trips of 150 kV PMT section 1 Gandul Parent Ground. When ground fault relay is secured with tripping time 0.82 s. Before the disturbance of substation substance can channel power of 506,75 MW and 131,45 MVAR on bus A-2. And in the event of a substation disruption can not channel the power flow..*

ABSTRAK- Pada sistem tenaga listrik tidak lepas dari adanya gangguan hubung singkat yaitu satu fasa ke tanah atau tiga fasa yang dapat menimbulkan arus gangguan yang besar sehingga dapat merusak peralatan kelistrikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah di gardu induk Gandul subsistem 150 kV dan menganalisa kondisi aliran daya di gardu induk Gandul subsistem 150 kV Region 1 DKI Jakarta dan Banten sebelum selama & setelah setelah gangguan. Berdasarkan analisis pengaruh gangguan hubung singkat satu fasa ketanah di gardu induk Gandul subsistem 150 kV menggunakan *software* ETAP 12.6.0, diperoleh nilai arus gangguan sebesar 1,806 kA. Bekerjanya *ground fault relay* menyebabkan trip pada PMT 150 kV seksi-1 Gardu Induk Gandul. Pada saat gangguan *ground fault relay* mengamankan dengan tripping time 0,82 s. Sebelum gangguan gardu induk gandul dapat menyalurkan daya sebesar 506,75 MW dan 131,45 MVAR pada bus A-2. Dan pada saat adanya gangguan gardu induk tidak dapat menyalurkan aliran daya..

Kata kunci: *Ground Fault Relay, Hubung Singkat, Gardu Indukl subsistem 150 kV.*

I. PENDAHULUAN

Sistem interkoneksi tenaga listrik Jawa-Bali disalurkan oleh Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV dan Saluran Udara Tegangan Tinggi

(SUTT) 150 kV dan 70 kV. Region – region pada sistem disalurkan oleh sistem transmisi 500 kV yang merupakan tulang punggung pensuplai daya sistem tenaga

listrik Jawa – Bali. Daya berkapasitas besar dipasok oleh pembangkit – pembangkit utama dari region 1 (satu) sampai dengan region 4 (empat) melalui saluran transmisi 500 kV, yang kemudian di gardu induk tegangan ekstra tinggi (GITET) 500 kV diturunkan tegangannya menjadi 150 kV melalui *inter bus transformer* (IBT) 500/150 kV. Hal ini menjadikan IBT 500/150 kV sebagai sumber pasokan utama sistem 150 kV. Pada tanggal 6 Desember 2015 terjadi gangguan di subsistem Gandul - Muarakarang 150 kV sebesar 1.278 MW. Hal ini disebabkan karena pada busbar A 150 kV GI Gandul terjadi hubung singkat fasa T ke tanah. Sehingga menyebabkan PMT 150 kV seksi I trip (laporan gangguan busbar A 150 kV GI Gandul tanggal 6 Desember 2015 PT. PLN (persero) Area Pengatur Beban (APB) Region 1 DKI Jakarta dan Banten). Dengan terjadinya gangguan tersebut mengakibatkan semua unit PLTGU Muarakarang trip sehingga tidak bisa menyalurkan daya ke subsistem 150 kV dan menyebabkan multiple trip efek yang terjadi di Subsistem Gandul-Muarakarang sehingga *blackout* (padam total)..

II. TEORI DASAR

Sistem Interkoneksi adalah sistem tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pusat listrik dan gardu induk (GI) yang diinterkoneksi melalui saluran transmisi dan melayani beban yang ada pada seluruh gardu induk (GI).

Frekuensi sistem diatur dengan mengatur daya aktif (daya nyata) yang dibangkitkan dalam pusat listrik karena frekuensi dalam setiap bagian sistem sama, maka daya aktif yang dibangkitkan untuk mengatur frekuensi tidak terikat pada

letak pusat listriknya, kecuali jika timbul masalah aliran daya.[3]

2.1 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat terjadi dua fasa, tiga fasa, satu fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat ini sendiri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk gangguan dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri.[3]

2.2. Tujuan Sistem Proteksi

Gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik hampir seluruhnya merupakan gangguan hubung singkat, yang akan menimbulkan arus yang cukup besar. Semakin besar sistemnya semakin besar gangguannya. Arus yang besar bila tidak segera dihilangkan akan merusak peralatan yang dilalui arus gangguan. Untuk melepaskan daerah yang terganggu itu maka diperlukan suatu sistem proteksi, yang pada dasarnya adalah alat pengaman yang bertujuan untuk melepaskan atau membuka sistem yang terganggu, sehingga arus gangguan ini akan padam. Adapun tujuan dari sistem proteksi antara lain :

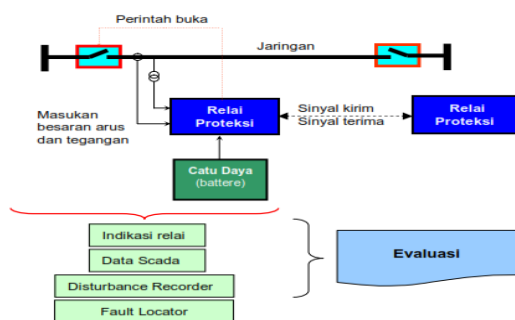
- Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada peralatan yang terganggu atau peralatan yang dilalui oleh arus gangguan.
- Untuk melokalisir (*mengisolir*) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin.

- Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen. Serta memperkecil bahaya bagi manusia

Tujuan utama sistem proteksi adalah mendeteksi kondisi *abnormal* (gangguan) dan *mengisolir* peralatan yang terganggu dari sistem.

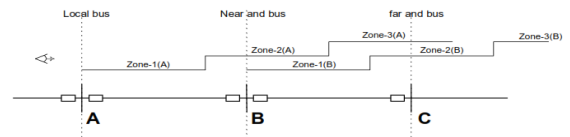
2.3 Pola Proteksi Penghantar 150 KV dan 70 KV

Dalam usaha untuk meningkatkan keandalan penyediaan energi listrik, kebutuhan sistem proteksi yang memadai tidak dapat dihindarkan. Sistem proteksi terdiri dari peralatan CT, PT, PMT, catu daya DC/AC, relai proteksi, teleproteksi yang diintegrasikan dalam suatu rangkaian wiring. Disamping itu diperlukan juga peralatan pendukung untuk kemudahan operasi dan evaluasi seperti sistem recorder, sistem scada dan indikasi relai (annunciator). Secara sederhana salah satu contoh sistem proteksi untuk jaringan seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem Proteksi Jaringan

2.4 Penyetelan Daerah Jangkauan pada Relai Jarak



Gambar 2. Daerah Penyetelan *Distance Relay*

Distance Relay pada dasarnya bekerja mengukur impedansi saluran, apabila impedansi yang terukur/ dirasakan relai lebih kecil impedansi tertentu akibat gangguan ($Z_{set} < Z_F$) maka relai akan bekerja. Prinsip ini dapat memberikan selektivitas pengamanan, yaitu dengan mengatur hubungan antara jarak dan waktu kerja relai. Penyetelan relai jarak terdiri dari tiga daerah pengamanan, Penyetelan Zone-1 dengan waktu kerja relai t_1 , Zone-2 dengan waktu kerja relai t_2 , dan Zone-3 waktu kerja relai t_3 .

2.4 Ground Fault Relay (GFR)

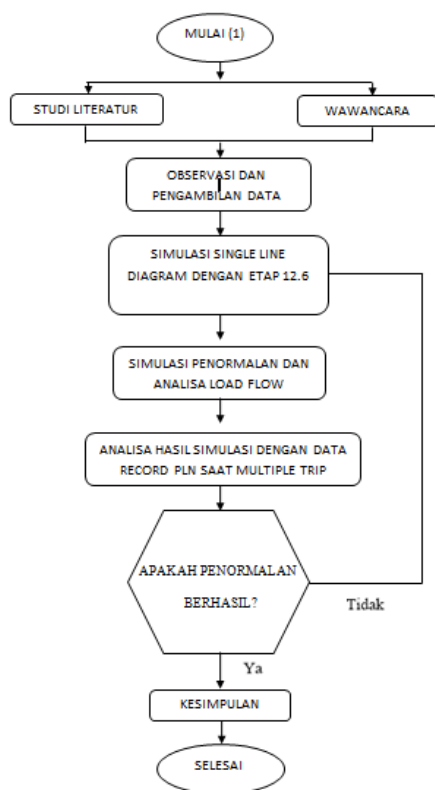
Rele gangguan tanah adalah rele yang digunakan untuk mengamankan antara fasa dengan tanah. Gangguan satu fasa ketanah dan dua fasa ketanah dapat diamankan dengan rele gangguan tanah atau *ground fault relay*. GFR bekerja berdasarkan komponen arus (I_0) gangguan yang timbul akibat terjadinya gangguan hubung singkat fasa ketanah dan gangguan unbalance, Rele ini dapat mendeteksi adanya arus lebih yang mengalir ke tanah hanya saja pada GFR komponen arusnya didapat dari ZCT yang merupakan arus urutan nol. Jika nilai arus yang mengalir ke tanah telah mencapai arus setting, maka rele akan bekerja dan memutuskan rangkaian yang terganggu. Jika ada gangguan satu fasa ketanah pada rangkaian maka akan mengalir arus gangguan, yang mana arus tersebut kemudian akan terdeteksi oleh

suatu alat yang dinamakan *Zero Current Transformer (ZCT)*.

III. METODE PENELITIAN

Waktu pelaksanaan : Maret 2017 – Agustus 2017

Tempat pelaksanaan : Universitas Krisnadwipayana , PT PLN (Persero) Area Pengatur Beban (APB) DKI Jakarta dan Banten dan PT PLN (Persero) Area Pelaksana Pemeliharaan (APP) Cawang.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Penjelasan *flowchart* :

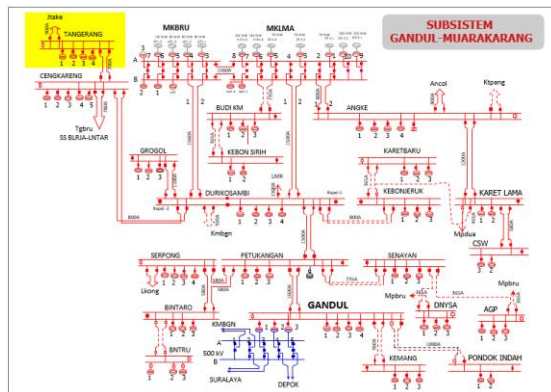
1. Menyiapkan berkas – berkas untuk observasi data.
2. Mempelajari teori dari buku-buku mengenai apa yang berhubungan dengan kejadian yang akan diambil.
3. Melakukan wawancara kepada pihak – pihak terkait untuk memperdalam

filosofi mengenai kejadian yang akan diambil.

4. Melakukan observasi dan pengambilan data guna menunjang untuk melakukan perhitungan dan skenario simulasi.
5. Melakukan skenario simulasi menggunakan *software* etap 12.6 dan data sesuai yg didapat pada saat observasi.
6. Melakukan simulasi penormalan beban berdasarkan single line diagram sesuai data observasi dan menganalisa hasil load flow.
7. Menganalisa hasil simulasi yang telah dilaksanakan dengan menggunakan data record PLN saat multiple trip.
8. Menyimpulkan hasil penelitian setelah melaksanakan observasi, pengambilan data dan simulasi berikut analisa loadflow.
9. Setelah semua dilaksanakan, maka penelitian dinyatakan selesai.

IV. PEMBAHASAN

Gangguan yang terjadi di gandal pada tanggal 6 desember pada sore hari pukul 16.20 WIB. Hal ini disebabkan karena pada busbar A 150 kV GI Gandul terjadi hubung singkat fasa T ke tanah. Sehingga menyebabkan PMT 150 kV seksi I trip (laporan gangguan busbar A 150 kV GI Gandul tanggal 6 Desember 2015 PT. PLN (persero) Area Pengatur Beban (APB) Region 1 DKI Jakarta dan Banten). Dengan terjadinya gangguan tersebut mengakibatkan semua unit PLTGU Muarakarang trip sehingga tidak bisa menyalurkan daya ke subsistem 150 kV dan menyebabkan multiple trip efek yang terjadi di Subsistem Gandul-Muarakarang sehingga *blackout* .



Gambar 4. Konfigurasi Subsystem Gandul – Muara Karang

Pada gambar 4. diatas dapat dianalisa bahwa pada saat keadaan sebelum gangguan terjadi Gardu Induk Gandul 150kV dapat menyalurkan daya ke sesama Gardu Induk 150kV lainnya seperti Gardu Induk Kemang , Gardu Induk Petukangan , dan Gardu Induk Pondok Indah. Serta Gardu Induk Gandul 150kV juga menyuplai sistem 20kV yakni Trafo 1 , Trafo 2 , Trafo 3 , Trafo 4. Sehingga pada saat Gardu Induk Gandul 150kV mengalami gangguan dan menyebabkan relai proteksi bekerja maka dapat dianalisa berdasarkan tabel 4.1 berdasarkan laporan waktu terjadinya gangguan yang menyebabkan PMT seksi 1 trip.

Dari kronologi gangguan bus 150 KV diatas dapat diketahui bahwa pada pukul 16:20 di GI Gandul PMT 150 KV Seksi 1 trip, PMT 150/20 KV Trafo 3 dan 4 hilang tegangan, PMT 150 KV penghantar Petukangan 1 dan 2 hilang tegangan, di GI Pondok Indah PMT 150 KV penghantar Gandul hilang tegangan, PMT 150/20 KV Trafo 2 dan 3 hilang tegangan, di GI Petukangan PMT 150 KV Trafo 1 hilang tegangan, PMT 20 KV Trafo 1 trip, PMT 150 KV Trafo 2 hilang tegangan, PMT 150/20 KV Trafo 2 hilang tegangan.

4.1 Penanggulangan Gangguan Bus B 150 KV Gandul

Relay RTN yang terpasang secara otomatis akan melepas beban pada tiap-tiap Gardu induk yang berada di Subsystem Gandul 1&2 - Muarakarang.

Tabel 1. Gardu Induk dan Trafo Hilang Tegangan

No.	Lokasi GI	Trafo	Jam Keluar	Jam Normal	MW	Lama (menit)	MWH Hilang
1	Gandul	3	16:20	17:06	36	46	27,6
		4	16:20	17:06	38	46	29,1
2	Pondok Indah	2	16:20	17:31	22	131	48
		3	16:20	17:35	27	135	60,7
3	Petekongan	1	16:20	17:36	0	75	0
		2	16:20	17:35	52	76	65
		3	16:20	17:37	52	77	66,7
4	Serpong	1	16:20	16:41	47	21	16,4
5	Bintaro	1	16:20	18:38	35	138	80,5
		2	16:20	17:55	49,3	95	78
		3	16:20	17:58	47,8	98	78
6	Senayan	1	16:20	16:50	50	30	25
		2	16:20	17:15	0	55	0
		3	16:20	17:16	23	56	21,4
7	Danayasa	1	16:20	17:40	21	80	28
		2	16:20	17:40	28	80	37,3
		3	16:20	17:40	9	80	12
8	Abdi Guna Papan	2	16:20	17:17	19	57	18
		3	16:20	17:17	17	57	16,1
		1	16:20	17:50	28	90	42
9	Durikosambi	2	16:20	17:50	26	90	39
		3	16:20	17:48	26	88	38
		4	16:20	17:49	34	89	50,4
10	Kembangan	1	16:20	17:10	34	50	28,3

No.	Lokasi GI	Trafo	Jam Keluar	Jam Normal	MW	Lama (menit)	MWH Hilang
11	NSYAN	1	16:20	17:14	19	54	17,1
		2	16:20	17:30	19	70	22,1
		3	16:20	17:32	19	72	22,8
12	Cengkareng	1	16:20	17:05	31	45	23,2
		2	16:20	16:59	26	39	16,9
		3	16:20	16:59	29	39	16,8
13	Grogol	1	16:20	17:13	31	53	27,3
		2	16:20	17:29	30	69	34,5
		3	16:20	17:29	22	69	25,3
14	Kebonjeruk	1	16:20	17:50	25	90	37,5
		2	16:20	17:19	30	5	29,5
		3	16:20	17:19	30	59	29,5
15	Karetbaru	1	16:20	17:22	17	62	17,5
16	Muarakarang Baru	1	16:20	18:35	47	135	105,7
		2	16:20	18:00	37	100	61,6
		3	16:20	18:33	36	133	79,8
17	Budi Kemuliaan	1	16:20	17:59	17	99	28
		2	16:20	18:02	14	42	9,7
		3	16:20	18:02	10	42	7
18	Kebonsirih	1	16:20	18:10	14	110	25,6
		3	16:20	18:30	14	130	30,3
19	Angke	2	16:20	17:21	29	61	29,4
		3	16:20	17:20	32	60	32
		4	16:20	17:21	27	61	27,4
20	Ketapang	1	16:20	17:32	19	72	22,8
		3	16:20	17:15	30	55	27,5
TOTAL :					1278		1.714,3

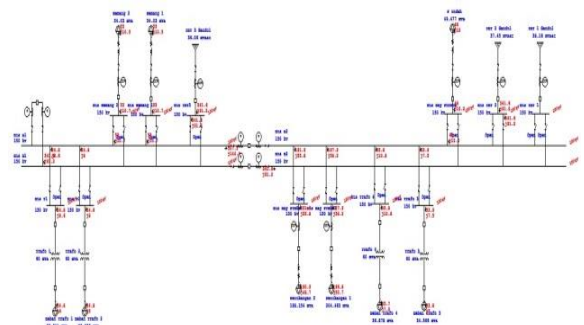
Tabel diatas menjelaskan bahwa gangguan tersebut mengakibatkan bekerjanya relay dan beban yang lepas seperti di GI Gandul beban yang lepas dikarenakan gangguan adalah sebesar 74 MW, GI Pondok Indah beban yang dilepas sebesar 49 MW, GI Petekungan beban yang dilepas sebesar 104 MW, GI Serpong beban yang dilepas sebesar 47 MW, GI Bintaro beban yang dilepas sebesar 132 MW, GI Senayan beban yang dilepas sebesar 73 MW, GI Danayasa beban yang dilepas sebesar 58 MW, GI Abdi Guna Papan beban yang dilepas sebesar 36 MW, GI Durikosambi beban yang dilepas sebesar 114 MW, GI Kembangan beban yang dilepas sebesar 34 MW, GI NSYAN beban yang dilepas sebesar 57 MW, GI Cengkareng beban yang dilepas sebesar 86 MW, GI Grogol beban yang dilepas sebesar 83 MW, GI Kebonjeruk beban yang dilepas sebesar 85 MW, GI Karet Baru beban yang

dilepas sebesar 17 MW, GI Muarakarang Baru beban yang dilepas sebesar 120 MW, GI Budi Kemuliaan beban yang dilepas sebesar 41 MW, GI Kebonsirih beban yang dilepas sebesar 28 MW, GI Angke beban yang dilepas sebesar 88 MW, GI Ketapang beban yang dilepas sebesar 49 MW dengan total beban padam sebesar 1.278 MW dengan perkiraan energi tak tersalurkan sekitar 1.714,3 Mwh.

4.2 Penormalan Gangguan Bus B 150 KV Gandul

Pada gangguan ini untuk penanggulangan dan penormalan dilakukan dengan cara mengoperasikan kembali PMT 150 kV Seksi-1 pada pukul 20:00 setelah dilakukan setting ulang GFR PMT 150 kV Seksi-1 oleh APP Cawang Base Camp Gandul pada pukul 17:40.

4.3 Analisis Aliran Daya Dengan Kondisi Saat Gangguan



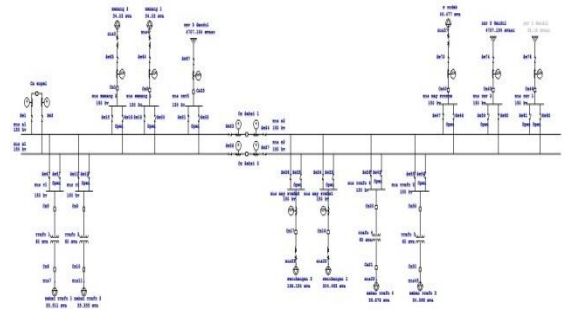
Gambar 5. Simulasi Loadflow setelah run

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa dalam keadaan normal Bus A Gandul teraliri daya sebesar 443,61 MW dan arus yang mengalir sebesar 1753,70 Ampere. Bus B Gandul teraliri daya sebesar 458,46 MW dan arus sebesar 1809,30 Ampere, Kemang 1 dan 2 teraliri daya sebesar 106,04 MW dan arus sebesar 416,2 Ampere, Bus Trafo 1

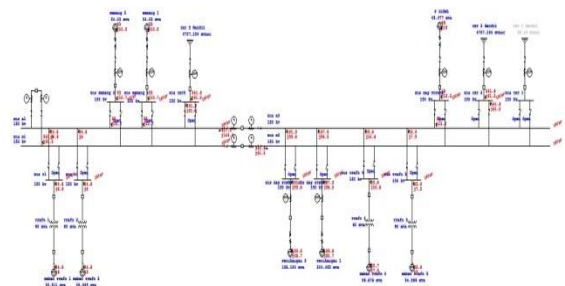
teraliri daya sebesar 34,83 MW dan arus sebesar 138,10 Ampere, Bus Trafo 2 teraliri daya sebesar 34,84 MW dan arus sebesar 137,60 Ampere, Bus Trafo 3 teraliri daya sebesar 33,87 MW dan arus sebesar 133,50 Ampere, Bus Trafo 4 teraliri daya sebesar 35,77 MW dan arus sebesar 143,80 Ampere, Pondok Indah teraliri daya sebesar 96,06 MW dan arus sebesar 369,80 Ampere, Petukangan 1 dan 2 teraliri daya sebesar 389,87 MW dan arus sebesar 1563,40 Ampere.

4.4 Analisis Penormalan Berdasarkan Kronologis Gangguan

Setelah terjadinya gangguan hubung singkat maka segera dilakukan tindak lanjut perbaikan peralatan penyebab dari gangguan hubung singkat dan dilakukan skenario penormalan gangguan agar kontinuitas penyaluran tenaga listrik tetap terjaga. Maka dalam simulasi dibuat skenario yaitu ketika IBT-1 Gandul out of service yang dalam keadaan asli sedang mengalami pekerjaan dan PMT 150kV Kopel GI Gandul keadaan *closed*. Setelah IBT-1 disetting untuk *out of service* dan PMT 150kV Kopel GI Gandul maka PMT 150kV seksi-1 GI Gandul disetting untuk *closed*. Dan setelah membuat circuit breaker dalam keadaan *closed* lalu akan disimulasikan dengan kondisi IBT-1 Gandul *Out of service* dan hasil dalam simulasi dibawah ini.



Gambar 6. Simulasi Saat Penormalan Gangguan Sebelum Run



Gambar 7. Simulasi Saat Penormalan Gangguan Setelah Run

Setelah melakukan simulasi sesuai penormalan gangguan dengan kondisi IBT-1 Gandul *out of service* dan hasil dalam simulasi seperti tabel dibawah ini

Tabel 2. Hasil Loadflow Saat Penormalan

Nama Bus	P	Q	I
	(MW)	(MVAR)	(AMP.)
Bus Bay PTKGN1	197.933	58.196	794.1
Bus Bay PTKGN2	191.942	55.758	769.3
Bus Bay PDINDH	48.019	12.192	190.7
Bus Trafo 3	33.870	7.459	133.5
Bus Trafo 4	35.775	10.812	143.8

Dalam tabel diatas dapat diketahui setelah Petukangan bertegangan loadflow yang mengalir adalah 389,875 MW dan arus sebesar 794,1 A, dan pada Pondok Indah 48,019 MW dan arus yang mengalir 190,7 A, Trafo 3 33,87 MW dan arus yang mengalir 133,5 A, Trafo 4 35,775 MW dan arus yang mengalir 143,8 A.

5. KESIMPULAN

- a. Pengaruh gangguan hubung singkat yang terjadi di gardu induk Gandul subsistem 150 kV Region 1 DKI Jakarta dan Banten adalah bekerjanya pengaman back up saluran yaitu ground fault relay yang membuat trip PMT 150kV Seksi-1 untuk mengamankan peralatan listrik yang dapat mengganggu jalannya penyaluran tenaga listrik di GI Gandul.
- b. Kondisi gardu induk gandul sebelum gangguan dapat mengalirkan di GI Petukangan daya sebesar 389,87 MW dan arus sebesar 794,1 A, Pondok Indah 48,02 MW dan arus yang mengalir 190,7 A, Trafo 3 Gandul 33,87 MW dan arus yang mengalir 133,5 A, dan Trafo 4 Gandul 35,78 MW dan arus yang mengalir 143,8 A. Pada waktu gangguan sudah tidak adanya aliran daya dikarenakan bekerjanya proteksi untuk mengamankan bus. Dan pada saat gangguan GI Gandul tidak dapat menyalurkan energi listrik dikarenakan adanya gangguan. Kondisi setelah terjadinya gangguan GI Gandul beroperasi dengan satu bus saja.
- c. Untuk skema penormalan GI Gandul hanya beroperasi dengan satu busbar saja agar kontinuitas penyaluran energi listrik tetap berlangsung dengan loadflow yang mengalir di GI Kemang daya sebesar 105,94 MW dan arus sebesar 416,2 A, Trafo 1 Gandul 34,76 MW dan arus sebesar 98,66 A dan Trafo 1 Gandul 34,75 MW dan arus sebesar 98,99 A.
- d. Gangguan di GI gandul dapat dilokalisir dengan bekerjanya ground

fault relay pada PMT 150kV Seksi-1 GI Gandul dengan setting arus sebesar 1600 A dan Tms 0,62

Daftar Pustaka

- [1] Anonymous. 2006. Buku Pelatihan Operation & Maintenance Relai Proteksi Jaringan. Jakarta: PT. PLN (Persero) P3B.
- [2] Marsudi, D. 2006. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] Stevenson, W. D. 1984. Power System Analysis. New York: Mc Graw Hill.
- [4] Diklat Kursus Rele Proteksi" Semarang: PT. PLN (Persero) P3B. 2007
- [5] Buku Pintar APB DKI Jakarta dan Banten. Jakarta: PT. PLN (Persero) APB DKI Jakarta dan Banten. 2016.
- [6] Pengenalan Sistem Tenaga Listrik. Semarang: PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan. 2010.
- [7] Modul Diklat. Strategi Operasi, Panduan: PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan. 2008.
- [8] Learning Guide. Pengoperasian Pembangkit Listrik, Jakarta: PT. Indonesia Power Udiklat Suralaya. 2011.
- [9] Pengenalan Instalasi Penyaluran. Semarang: PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan. 2010.
- [10] http://www.elektro.undip.ac.id/el_kpta/wpcontent/uploads/2012/05/L2F307040_MTA.pdf
- [11] <http://dunia-listrik.blogspot.com>