

NASKAH PUBLIKASI

**ANALISIS KINERJA *OVER CURRENT RELAY* PADA PT.PLN (PERSERO)
GARDU INDUK BANTUL MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP***

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Pada Program Strata-1 Pada Program Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik



Disusun Oleh:

Kholil Fadli Aziz

20170120011

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2018

ABSTRAK

Pada perkembangan zaman listrik sangatlah dibutuhkan bagi kehidupan. PT.PLN (Persero) berusaha untuk menyuplai energi listrik seoptimal mungkin seiring dengan semakin meningkatnya konsumen energi listrik. Dalam proses penyaluran energi listrik mulai dari pembangkit sampai ke konsumen terdapat banyak gangguan – gangguan. Meningkatnya jumlah beban dalam suatu sistem tenaga listrik tentu akan menyebabkan naiknya presentasi terjadinya gangguan. Salah satu bentuk gangguan yang dapat terjadi pada sistem tenaga listrik adalah hubung singkat (*short circuit*), yang menyebabkan lonjakan arus yang disebut arus hubung singkat. Sehingga hal tersebut yang tidak dapat dihindari, hanya saja hal tersebut dapat diminimalisir dengan menggunakan sistem proteksi yang handal. Sistem proteksi bertujuan untuk mendeteksi terjadinya suatu gangguan dan secepat mungkin mengisolir bagian sistem yang terdapat gangguan – gangguan tersebut agar tidak mempengaruhi kerusakan yang ada di dalam keseluruhan sistem. Maka dari itu didalam kinerja jaringan listrik yang baik diperlukan sistem proteksi yang dapat meminimalisir gangguan arus hubung singkat dengan menggunakan pengaman *Over Current Relay* (OCR). Sehingga *over curent relay* jika merasakan arus lebih akibat gangguan hubung singkat (*over load*) kemudian memberikan perintah ke pemutus tenaga (PMT) untuk melakukan trip sesuai dengan karakteristik waktunya.

Kata kunci : Proteksi, *Over Current Relay*

ABSTRACT

In the development of the era of electricity, it was needed for life. PT. PLN (Persero) strives to supply electrical energy as optimally as possible with the increase in electricity consumers. In the process of distributing electrical energy from the generator to the consumer there are many disturbances. Increasing the amount of load in a power system will certainly cause an increase in the presentation of disturbances. One form of interference that can occur in an electric power system is a short circuit, which causes a surge in current called short circuit current. So that this is unavoidable, except that it can be minimized by using a reliable protection system. The protection system aims to detect the occurrence of a disturbance and as soon as possible isolate parts of the system that have disturbances so as not to affect the damage that is inside the entire system. Therefore in a good electrical network performance a protection system is needed that can minimize short circuit currents by using the Over Current Relay (OCR). So that over the current relay if you feel more current due to short circuit interference (over load) then give an order to the power breaker (PMT) to travel according to the characteristics of the time.

Keyword : Protection, Over Current Relay

A. PENDAHULUAN

Perkembangan listrik di Indonesia dalam kenyataan sangatlah pesat. Dahulu listrik belum dapat dinikmati oleh semua orang dan sesuai dengan perkembangan zaman, sekarang listrik merupakan kebutuhan pokok atau kebutuhan yang vital bagi semua orang. Tidak hanya untuk rumah tangga saja, listrik juga sangat diperlukan untuk kegiatan produksi industri dan pabrik. Apabila penyaluran tenaga listrik terganggu maka semua kegiatan akan terganggu karena semua peralatan yang ada di rumah maupun di industri menggunakan tenaga listrik. PT. PLN (Persero) sekarang dituntut untuk profesional dalam melayani kebutuhan masyarakat, dalam hal penyaluran tenaga listrik.

Proses penyaluran energi listrik mulai dari pembangkit sampai ke konsumen tidak selalu berjalan sesuai harapan terkadang ada gangguan – gangguan yang tidak dapat dihindari, tetapi hal ini dapat diantisipasi seminimal mungkin dengan sistem proteksi. Gangguan – gangguan tersebut biasanya berupa gangguan internal ataupun eksternal, salah satunya gangguan eksternal adalah beban lebih. Gangguan – gangguan tersebut menimbulkan arus yang sangat besar yang dapat merusak peralatan – peralatan listrik sehingga perlu adanya sistem proteksi yang dapat melindungi peralatan listrik dari kerusakan akibat arus berlebih. Rendahnya kualitas energi listrik menyebabkan kinerja jaringan sangatlah kurang, akibatnya sering terjadi pemadaman jaringan listrik pada konsumen.

Pemadaman diakibatkan karena adanya gangguan – gangguan eksternal pada sistem tak bisa dihindari, tetapi hal ini dapat diantisipasi seminimal mungkin dengan sistem proteksi yang handal. Sistem proteksi bertujuan untuk mendeteksi terjadinya suatu gangguan dan secepat mungkin mengisolir bagian sistem yang terganggu tersebut agar tidak mempengaruhi keseluruhan sistem.

Sistem proteksi diharapkan dapat bekerja optimal dalam mengalokasikan gangguan maupun menjaga agar sistem dapat bekerja dengan baik. Sehingga dalam hal ini sistem proteksi memegang peran penting dalam keberlangsungan penyaluran energi listrik. Sistem proteksi berfungsi untuk

mengamankan peralatan listrik dari kemungkinan terjadinya akibat dari berbagai gangguan yang terjadi, mengalokasikan gangguan – gangguan dengan waktu yang minimal, sehingga stabilitas dalam penyaluran energi listrik tetap terjaga. Dengan adanya sistem proteksi, keamanan manusia juga dapat terjaga dari bahaya yang ditimbulkan oleh gangguan energi listrik sehingga dapat meminimalisir resiko kecelakaan kerja.

Kinerja jaringan listrik yang baik diperlukan juga sistem proteksi yang baik salah satunya adalah *Over Current Relay* (OCR) yang digunakan sebagai proteksi sistem jaringan, relay ini bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya. Oleh karena itu dengan latar belakang tersebut, peneliti ingin menganalisis untuk tugas akhir dengan judul “Analisis Kinerja *Over Current Relay* pada Gardu Induk Bantul menggunakan *Software* ETAP”.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Berikut ini adalah beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk menjadikan sebagai bahan penulisan skripsi antara berikut:

Rezky Fajrian (2015) melakukan penelitian mengenai Analisa Koordinasi Proteksi *Overcurrent Relay* Pada Jaringan Distribusi SUTM 20 kV dengan Menggunakan *Software* ETAP. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa prinsip kerja dari relay arus lebih tersebut akan bekerja jika relay arus tersebut mendeteksi adanya besar arus yang melebihi setting arus dari relay tersebut, oleh karena itu relay tersebut akan bekerja dengan memberikan perintah ke pemutus tenaga (PMT) untuk melakukan trip.

Amien Harist Hardiansyah (2016) melakukan penelitian mengenai Analisis Koordinasi Proteksi Pada Jaringan Distribusi Radial. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa setelah melakukan simulasi dari hasil perhitungan manual pada *Over Current Relay* maka hasilnya menunjukkan koordinasi yang baik, dimana apabila diberikan suatu gangguan pada jaringan, relay tersebut yang bekerja terlebih dahulu adalah relay jaringan dan langsung

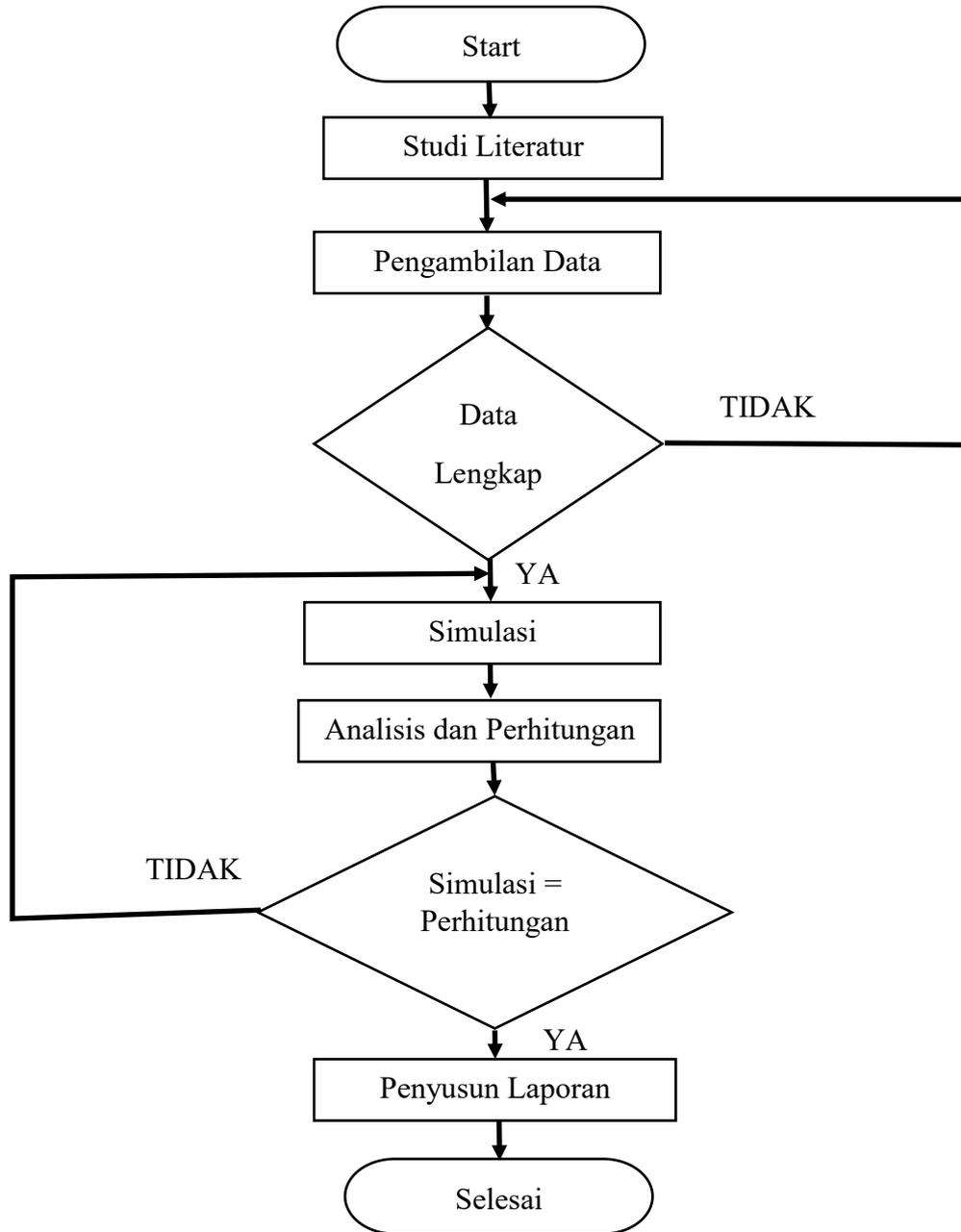
memberikan perintah kepada pemutus tenaga (PMT) sehingga pemutus tenaga (PMT) tersebut akan melakukan trip kemudian disusul oleh relay *outgoing* dan relay *incoming* untuk *meback-up*.

Yugi Supanggih (2017) melakukan penelitian mengenai Analisis Koordinasi Proteksi Rele OCR Pada Sistem Kelistrikan Plant 8 PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada plant 8 mempunyai 2 penyulang yang masing – masing penyulang menggunakan pengamanan proteksi relay arus lebih atau OCR (*Over Current Relay*) yang berfungsi untuk mengamankan beberapa penyulang yang sebagian besar dari bebannya adalah motor induksi. Dari hasil simulasi yang dilakukan oleh Yugi, menunjukkan bahwa koordinasi proteksi yang baik adalah relay yang terletak paling dekat dengan gangguan maka relay akan bekerja terlebih dahulu dan relay *incoming*nya menjadi *back-up* atau cadangan.

Aji Setiyawan (2017) melakukan penelitian mengenai Analisis Koordinasi Proteksi Pada PT. PLN (PERSERO) Gardu Induk Wonosobo Menggunakan Software Aplikasi ETAP. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada arus hubung singkat, panjangnya jarak akan berpengaruh terhadap nilai arus hubung singkat tersebut. Jadi apabila semakin panjang jarak maka akan semakin kecil pula nilai arus hubung singkat yang terjadi pada titik tersebut dan juga sebaliknya.

C. METODOLOGI

Berikut ini adalah *flow chart* penelitian *over current relay* yang dilakukan untuk penulisan skripsi :



Flowchart Penelitian

D. HASIL PEMBAHASAN

1. Gardu Induk Bantul 150 kV

Gardu Induk Bantul 150 kV terletak di Jalan Parangtritis Km 7, Sewon, Druwo, Bangunharjo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Gardu induk Bantul 150 kV bergabung dengan PLN BaseCamp Yogyakarta. Gardu induk ini berdasarkan letak pemasangannya merupakan gardu induk jenis pemasangan luar karena sebagian peralatannya diletakkan di luar gedung hanya saja sistem kontrol dan proteksi diletakkan dibagian dalam gedung, dengan tegangan 150/20 kV dimana tegangan disisi primer 150 kV sedangkan tegangan disisi sekunder 20 kV. Tegangan sekunder 20 kV disalurkan ke beban atau pelanggan.

Di gardu induk Bantul 150 kV terdapat 3 buah transformator daya yaitu transformator I, transformator II, dan transformator III dengan tegangan dari ketiga transformator tersebut sebesar 150 kV dan kapasitas dari ketiga transformator tersebut sebesar 60 MVA yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi listrik ke daerah – daerah yang membutuhkan. Transformator – transformator tersebut akan mentransformasikan tegangan dan arus ke transformator lain ke gardu induk 150 kV lainnya atau diturunkan tegangan menjadi 20 kV ke setiap penyulang – penyulang yang disalurkan lewat distribusi kemudian disalurkan ke pelanggan atau konsumen.

Di bagian transformator II di gardu induk Bantul 150 kV mempunyai 6 penyulang, dimana 5 penyulang tersebut disalurkan ke distribusi sedangkan 1 penyulang yang lainnya hanya sebagai cadangan. Ketika penyulang – penyulang tersebut dioperasikan maka memiliki sebuah koordinasi sistem proteksi atau pengaman terhadap relay yang digunakan. Terdapat relay – relay yang terpasang disetiap penyulang – penyulang tersebut. Untuk mengamankan ketika terjadi sebuah gangguan atau terjadi arus lebih maka dipasanglah relay arus lebih atau *over current relay* (OCR). Didalam gardu induk fungsi dari relay *over current relay* yaitu hanya sebagai *back up* atau cadangan.

2. Transformator Daya

Pada Gardu Induk Bantul 150 kV mempunyai 3 transformator dengan spesifikasi yang hampir sama. Terdapat transformator I, II, dan III. Dari salah satu transformator merupakan transformator yang akan dibahas didalam penulisan laporan. Transformator yang diteliti yaitu transformator II. Dan spesifikasi transformator II yang digunakan di Gardu Induk Bantul 150 kV yaitu:

Tabel Spesifikasi Transformator II

Transformator II – 60 MVA	
Merk	Pauwels Trafo
Serial Number	3011120090
Tahun	2013
Nominal Rating	36/60 MVA
Frekuensi	50 Hz
Short Circuit 150 kV	31,5 kA
Short Circuit 20 kV	16 kV
Impedansi	12,73 %
Tegangan Primer	150 kV / 230,9 A
Tegangan Sekunder	20 kV / 1732 A
Vector Grup	YNyn0 (d)
Nilai Rn	0,3

3. Over Current Relay di Gardu Induk

Over Current Relay (OCR) atau relay arus lebih mempunyai fungsi sebagai pengaman peralatan atau sebagai cadangan dan juga sebagai pemutus suatu jaringan apabila terjadi gangguan hubung singkat atau arus berlebih dimana nilai arus melebihi nilai yang *disetting* pada peralatan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tabel Spesifikasi Proteksi *Over Current Relay*

No	Proteksi	Merk	Type	Rasio CT
1	OCR <i>incoming</i> 20 kV	ALSTOM	P142	2000/5
2	OCR Penyulang	GE MULTILIN	SR350	400/5

4. Perhitungan dan Analisis

Perhitungan Arus Hubung Singkat

penyulang BNL 4 dengan jarak yaitu 6,13 km dan penyulang BNL 16 dengan jarak yaitu 10,45 km, maka didapat hasil dari perhitungan arus gangguan hubung singkat dari 3 fasa, arus gangguan hubung singkat 2 fasa, dan arus gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Kemudian dapat dibuat perbandingan antara ketiga gangguan hubung singkat yang besar nilai arus gangguan hubung singkat sesuai dengan titik lokasi dari gangguan yang terjadi pada bagian penyulang didalam tabel sebagai berikut :

Tabel Nilai Arus Hubung Singkat Semua Fasa pada Penyulang BNT 4

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Arus Gangguan 3 fasa (A)	Arus Gangguan 2 fasa (A)	Arus Gangguan fasa ke tanah (A)
0%	0	12206,13	10570,82	3321,42
25%	1,5325	7992,32	6921,56	2489,02
50%	3,065	5898,18	5107,98	1986,8
75%	4,5975	4663,13	4038,39	1652,27
100%	6,13	3852,39	3336,27	1413,83

Tabel Nilai Arus Hubung Singkat Semua Fasa pada Penyulang BNT 16

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Arus Gangguan 3 fasa (A)	Arus Gangguan 2 fasa (A)	Arus Gangguan fasa ke tanah (A)
0%	0	12206,13	10570,82	3321,42
25%	2,613	6395,5	5538,67	2112,77
50%	5,225	4293,69	3718,45	1545,59
75%	7,838	3225,86	2793,68	1217,81
100%	10,45	2581,91	2236	1004,61

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa besar nilai arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak jaringan atau titik – titik lokasi dari gangguan yang terjadi. Jarak penyulang BNL 4 yaitu 6,13 km dan penyulang BNL 16 yaitu 10,45 km kemudian dibagi menjadi titik – titik lokasi dari 0% sampai 100% yang dapat dilihat arus gangguan dari 0% sampai 100% lebih besar menuju arus gangguan yang besar nilainya lebih kecil. Jadi semakin panjang jarak maka akan semakin sedikit nilai arus hubung singkatnya. Dan dengan kata lain arus gangguan 3 fasa lebih besar dari arus gangguan 2 fasa dan arus gangguan fasa ke tanah.

Perhitungan Selisih Waktu Kerja Relay OCR

Tabel Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa di BNT4

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,68	0,29	0,39
2	1,5325	0,9	0,33	0,57
3	3,065	1,2	0,37	0,83
4	4,5975	1,54	0,40	1,14
5	6,13	2,05	0,43	1,62

Tabel Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa di BNT 16

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,68	0,29	0,39
2	2,613	1,1	0,39	0,71
3	5,225	1,73	0,45	1,28
4	7,838	2,97	0,51	2,46
5	10,45	6,75	0,57	6,18

Tabel Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2 Fasa di BNT 4

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,74	0,3	0,44
2	1,5325	1,01	0,35	0,66
3	3,065	1,37	0,38	0,99
4	4,5975	1,9	0,42	1,48
5	6,13	2,74	0,45	2,29

Tabel Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2 Fasa di BNT 16

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,74	0,33	0,41
2	2,613	1,25	0,41	0,84
3	5,225	2,19	0,48	1,71
4	7,838	4,66	0,55	4,11
5	10,45	36,8	0,62	36,18

Tabel Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan Fasa ke Tanah di BNT 4

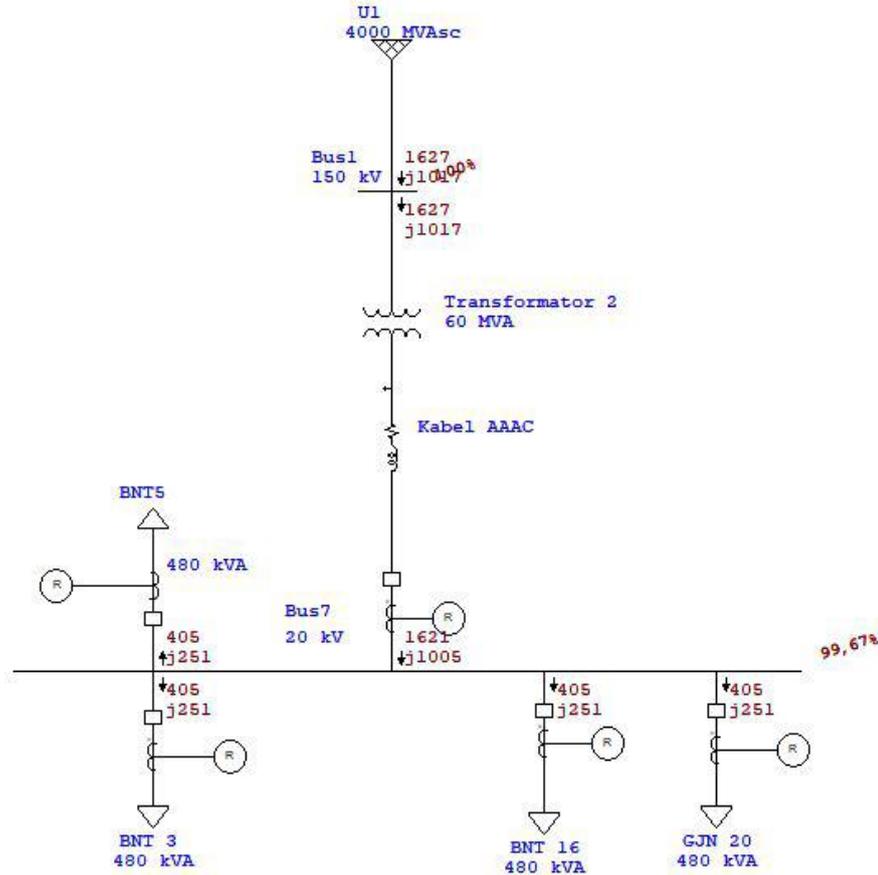
No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,45	0,23	0,22
2	1,5325	0,51	0,5	0,01
3	3,065	0,6	0,58	0,02
4	4,5975	0,63	0,6	0,03
5	6,13	0,76	0,71	0,05

Tabel Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan Fasa ke Tanah di BNT 16

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,55	0,50	0,05
2	2,613	0,79	0,64	0,15
3	5,225	0,89	0,79	0,1
4	7,838	0,96	0,95	0,01
5	10,45	1,04	1,03	0,01

Simulasi Etap

1. Simulasi *over current relay* terpasang di penyulang BNT 4



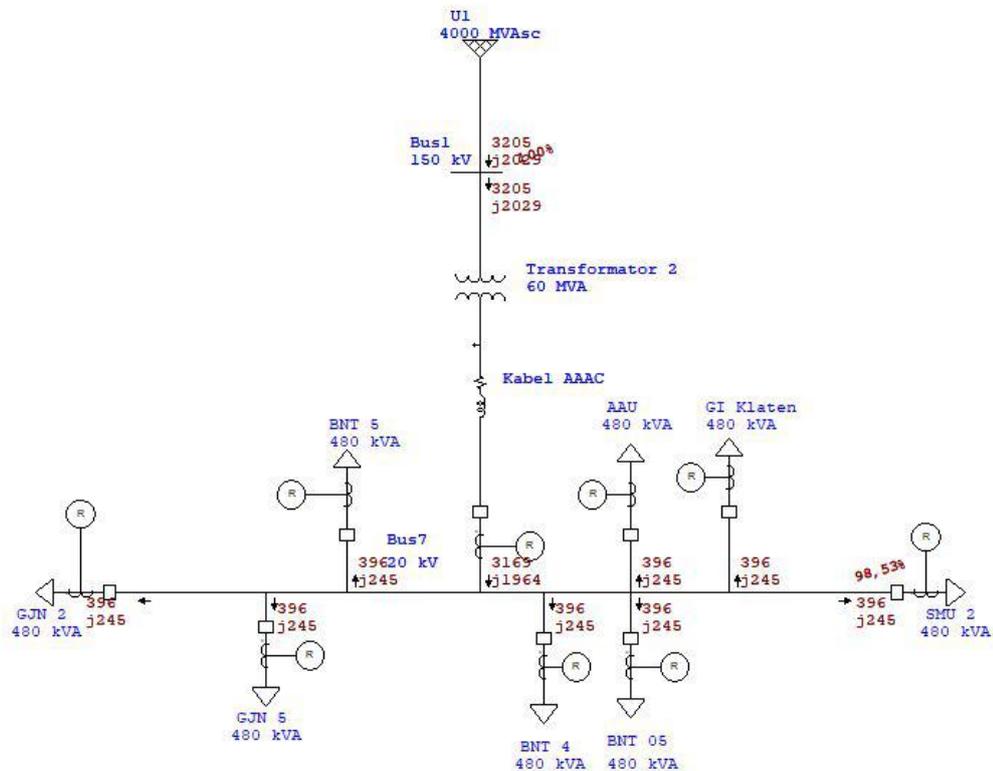
Gambar Rangkaian Simulasi *over current relay* terpasang di penyulang

BNT 4

Dari simulasi di sisi penyulang BNT 4 terpasang dengan menggunakan data – data dari gardu induk Bantul 150 kV. Yang membedakan yaitu data masukan dari *over current relay* dengan data dari *over current relay* yang terpasang dengan *over current relay* yang terhitung. Nilai relay yang terpasang disisi *incoming* dengan TMS 0,36 detik, $t = 0,7$ detik, dengan rasio CT 2000/5 dan relay yang terpasang disisi penyulang BNT 4 dengan TMS 0,25 detik, $t = 0,3$ detik, dengan rasio CT

400/5. Kemudian disimulasikan menggunakan *software* ETAP dengan kesimpulan *over current relay* telah disetting dengan baik dan dapat bekerja dan mengamankan komponen – komponen. Oleh karena itu, relay OCR disisi *incoming* hanya bekerja sebagai cadangan atau *back – up* sedangkan relay OCR disisi penyulang bekerja memberikan perintah ke PMT untuk melakukan trip.

2. Simulasi *over current relay* terpasang di penyulang BNT 16



Gambar Rangkaian Simulasi *over curent relay* terpasang di penyulang BNT 16

Dari simulasi di sisi penyulang BNT 16 terpasang dengan menggunakan data – data dari gardu induk Bantul 150 kV. Yang membedakan yaitu data masukan dari *over current relay* dengan data dari *over current relay* yang terpasang dengan *over current relay* yang

terhitung. Nilai dari yang terpasang relay OCR disisi *incoming* dan disisi penyulang BNT 16 sama dengan relay OCR di penyulang BNT 4. Nilai relay yang terpasang disisi *incoming* dengan TMS 0,36 detik, $t = 0,7$ detik, dengan rasio CT 2000/5 dan relay yang terpasang disisi penyulang BNT 16 dengan TMS 0,25 detik, $t = 0,3$ detik, dengan rasio CT 400/5. Kemudian disimulasikan menggunakan *software* ETAP dengan kesimpulan *over current relay* telah disetting dengan baik dan dapat bekerja dan mengamankan komponen – komponen. Oleh karena itu, relay OCR disisi *incoming* hanya bekerja sebagai cadangan atau *back – up* sedangkan relay OCR disisi penyulang bekerja memberikan perintah ke PMT untuk melakukan trip.

Perbandingan Nilai Setting OCR Terpasang dan Terhitung

Tabel Perbandingan Nilai Setting OCR Terpasang dan Terhitung disisi

Incoming

Relay		Sisi <i>Incoming</i>	
		Relay Terpasang	Relay Terhitung
OCR	TMS	0,36	0,17
	t	0,7	0,68
	Rasio CT	2000/5	2000/5

Tabel Perbandingan Nilai Setting OCR Terpasang dan Terhitung disisi

Penyulang

Relay		Sisi Penyulang	
		Relay Terpasang	Relay Terhitung
OCR	TMS	0,25	0,16
	t	0,3	0,29
	Rasio CT	400/5	400/5

E. PENUTUP

1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dari penelitian kinerja *over current relay* dengan menyimulasikan menggunakan *software* ETAP di gardu induk Bantul maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari nilai perhitungan arus hubung singkat yang paling besar yaitu terjadi pada bagian 3 fasa kemudian 2 fasa dan selanjutnya fasa ke tanah. Besar gangguan hubung singkat di lokasi titik 0% yang terjadi di sisi penyulang dibagian 3 fasa yaitu 12206,13 A, gangguan hubung singkat dibagian 2 fasa yaitu 10570,82 A dan gangguan hubung singkat dibagian fasa ke tanah yaitu 3321,42 A.
2. Dari hasil perhitungan nilai arus hubung singkat pada jarak sebuah jaringan akan mempengaruhi terjadinya sebuah gangguan – gangguan, sehingga semakin dekat panjang jarak jaringan maka semakin besar arus gangguan hubung singkat begitu pula sebaliknya
3. Dari hasil perhitungan *setting* relay antara sisi *incoming* dengan sisi penyulang dapat dibandingkan bahwa waktu kerja relay OCR disisi penyulang lebih cepat dibandingkan waktu kerja relay OCR disisi. Dikarenakan relay OCR disisi *incoming* hanya sebagai *back up* atau cadangan dan relay OCR disisi penyulang sebagai pengaman.

2. Saran

Relay arus lebih yang terpasang pada gardu induk Bantul masih aman dalam penggunaannya yang terutama dibagian *over current relay* di transformator II disisi *incoming* 20 kV. Hanya saja lebih baik perlu dilakukan pengaturan ulang, supaya nilai penyetingannya akan lebih efisien ketika terjadi gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fajrian, R. 2015. *Analisa Koordinasi Proteksi Overcurrent Relay Pada Jaringan Distribusi SUTM 20 kV dengan Menggunakan Software ETAP*. Tugas Akhir Pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Hardiansyah, A. 2016. *Analisis Koordinasi Proteksi Pada Jaringan Distribusi Radial*.
- Hazairin, Samaulan. 2004. *Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Polsri: Padang.
- Jamal, A., Syahputra, R. 2016. *Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 11(16), pp. 9063-9069.
- Pandjaitan, Bonar.2012. *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Penarbit ANDI.
- Setiyawan, A. 2017. *Analisis Koordinasi Proteksi Pada PT. PLN (PERSERO) Gardu Induk Wonosobo Menggunakan Software Aplikasi ETAP*. Tugas Akhir Pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Supanggah, Y. 2017. *Analisis Koordinasi Proteksi Rele OCR Pada Sistem Kelistrikan Plant 8 PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk*. Tugas Akhir Pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Supriyadi, Edy. 2000. *Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Adi Cita.
- Syahputra, R. 2010. *Fault Distance Estimation of Two-Terminal Transmission Lines. Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (2nd APTECS)*, Surabaya, 21-22 Dec. 2010, pp. 419-423.

- Syahputra, R. 2012. “*Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik*”. LP3M UMY, Yogyakarta.
- Syahputra, R. 2012. “Fuzzy Multi-Objective Approach for the Improvement of Distribution Network Efficiency by Considering DG”. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 4, No. 2, pp. 57-68.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. 2012. “Reconfiguration of Distribution Network with DG Using Fuzzy Multi-objective Method”. *International Conference on Innovation, Management and Technology Research (ICIMTR)*, May 21-22, 2012, Melacca, Malaysia.
- Syahputra, R. 2013. “A Neuro-Fuzzy Approach For the Fault Location Estimation of Unsynchronized Two-Terminal Transmission Lines”. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 5, No. 1, pp. 23-37.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. 2013. “Distribution Network Efficiency Improvement Based on Fuzzy Multi-objective Method”. *International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS)*. 2013; pp. 224-229.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. 2014. Optimization of Distribution Network Configuration with Integration of Distributed Energy Resources Using Extended Fuzzy Multi-objective Method. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 9(3), pp. 629-639.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. 2014. Performance Analysis of Wind Turbine as a Distributed Generation Unit in Distribution System. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 6, No. 3, pp. 39-56.

- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. 2014. "Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of Distributed Energy Resources". *Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014*. UNDIP Semarang, pp. 388 - 393.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. 2015. Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. 2015. Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm. *TELKOMNIKA*, 13(3). pp. 759-766.
- Syahputra, R. 2015. "Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik". LP3M UMY, Yogyakarta.
- Syahputra, R., Soesanti, I. 2015. "Control of Synchronous Generator in Wind Power Systems Using Neuro-Fuzzy Approach". *Proceeding of International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE) 2015*, UNESA Surabaya, pp. 187-193.
- Syahputra, R., Soesanti, I. 2015. Power System Stabilizer model based on Fuzzy-PSO for improving power system stability. *2015 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA)*, Surabaya, 15-17 Oct. 2015 pp. 121 - 126.
- Syahputra, R. 2016. "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik". LP3M UMY, Yogyakarta.
- Syahputra, R., Soesanti, I. 2016. Power System Stabilizer Model Using Artificial Immune System for Power System Controlling. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 11(18), pp. 9269-9278.