

**PERBAIKAN *FAULT CLEARING TIME* PADA PENYULANG GARDU
INDUK KEBONAGUNG MENGGUNAKAN PENGAMAN RELE
ARUS LEBIH POLA NON KASKADE**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana teknik



MUH. ARDIANSYAH A. P.
NIM. 125060307111001

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN
PERBAIKAN *FAULT CLEARING TIME* PADA PENYULANG GARDU
INDUK KEBONAGUNG MENGGUNAKAN PENGAMAN RELE
ARUS LEBIH POLA NON KASKADE

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUH. ARDIANSYAH A. P.
NIM. 125060300111040

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 17 Januari 2018

Dosen Pembimbing I

Ir. Nery Purnomo, M. T.
NIP. 19550708 1982121001

Dosen Pembimbing II

Ir. Wijono, M.T., Ph.D.
NIP. 19621111 1989031003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Hadi Suwono, S.T., M.T., Ph.D., IPM.
NIP. 19730520 200801 1 013

JUDUL SKRIPSI:

**PERBAIKAN *FAULT CLEARING TIME* PADA PENYULANG GARDU INDUK
KEBONAGUNG MENGGUNAKAN PENGAMAN RELE ARUS LEBIH POLA NON
KASKADE**

Nama Mahasiswa : Muh. Ardiansyah. A.P.
NIM : 125060307111001
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Elektrik

KOMISI PEMBIMBING:


Ketua : Ir. Hery Purnomo, M.T.



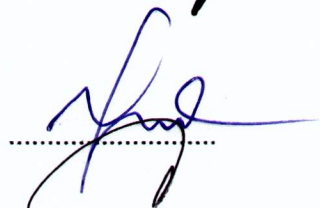
Anggota : Ir. Wijono, M.T., Ph. D.

TIM DOSEN PENGUJI:

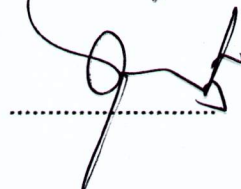
Dosen Penguji I : Ir. Moch. Dhofir, Drs., M.T.



Dosen Penguji II : Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.



Dosen Penguji III : Ir. Soeprapto, M.T.



Tanggal Ujian : 12 Januari 2018

SK Penguji : 020 /UN10.F07/ SK/ 2018

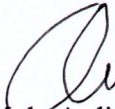
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi/Tesis/Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 18 Januari 2018

Mahasiswa,



Muh. Ardiansyah A. P.
NIM. 125060307111001



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Muh. Ardiansyah A. P.
Tempat, Tanggal Lahir : Makassar, 21 Oktober 1994
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Kewarganegaraan : Indonesia
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jl. Toddopuli 6 Komp. Puri
Taman Sari A5/15
No. Handphone : +6285704704540
E-mail : cocingescape@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

1. SDN Bawakaraeng I Makassar : 2000-2006
2. SMP Islam Athirah Makassar : 2006-2009
3. SMA Kartika XX-1 Makassar : 2009-2012
4. S1 Teknik Elektro Universitas Brawijaya : 2012-2018

Demikian riwayat hidup ini saya buat dengan sebenarnya.

Malang, 2 Februari 2018



Muh. Ardiansyah A. P.

*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Ayahanda dan Ibunda tercinta*

RINGKASAN

Muh. Ardiansyah A. P., Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2017, *Perbaikan Fault Clearing Time pada Penyulang Gardu Induk Kebonagung menggunakan Pengaman Rele Arus Lebih Pola Non Kaskade*, Dosen Pembimbing : Hery Purnomo, Wijono.

Rele arus lebih memegang peranan penting dalam melindungi peralatan Gardu Induk Kebonagung dari gangguan hubung singkat, khususnya pada gangguan hubung singkat tiga fasa dan antar fasa. Kurang baiknya pola pengaman kaskade yang saat ini digunakan pada Gardu Induk Kebonagung membuat waktu pemutusan gangguan relatif lama. Oleh sebab itu adanya penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kinerja pengaman pada Gardu Induk Kebonagung dengan menggunakan pola pengaman non kaskade. Pada pola ini rele arus lebih disisi penyulang Klayatan dapat dikomunikasikan dengan rele disisi masukan 20 kV.

Pada proteksi pola kaskade memiliki selisih waktu pemutusan gangguan rele arus lebih antara sisi penyulang dan sisi masukan 20 kV yang tidak sesuai ketentuan PLN yaitu tidak melebihi 0,3 – 0,8 detik. Pada lokasi gangguan 13% - 32% panjang penyulang dengan arus gangguan hubung singkat tiga fasa sebesar 4915,03 – 2007,23 ampere memiliki selisih waktu kerja selama 1,5 – 387,45 detik, dan lokasi gangguan 7% - 16% panjang penyulang dengan arus gangguan hubung singkat antar fasa sebesar 4528,27 – 2000,07 ampere memiliki selisih waktu kerja selama 1,66 – 38130,6 detik, bahkan rele arus lebih pada sisi masukan 20 kV tidak bekerja untuk lokasi gangguan 33% - 100% dengan arus gangguan hubung singkat tiga fasa sebesar 1946,61 – 745,30 ampere dan pada lokasi gangguan 17% - 100% panjang penyulang dengan arus gangguan hubung singkat antar fasa sebesar 1883,22 - 372,65 ampere. Jadi dengan menggunakan proteksi pola non kaskade pada gardu induk, maka saat terjadi gangguan arus hubung singkat di sisi penyulang maka rele arus lebih akan memberikan perintah ke PMT penyulang untuk trip, jika PMT penyulang gagal terbuka maka tCBF akan mengirim sinyal trip ke rele arus lebih sisi masukan 20 kV untuk segera bekerja dengan waktu tunda 0,3 detik.

Kata kunci : *rele arus lebih, kaskade, non kaskade, arus gangguan hubung singkat, penyulang.*

SUMMARY

Muhammad Ardiansyah Asmara Putra, *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, December 2017, Improvement of Fault Clearing Time on Substation of Kebonagung Using Overcurrent Relay with Non Cascade Pattern, Academic Supervisor : Hery Purnomo, Wijono.*

Overcurrent Relay has an important in keep equipment ini Kebonagung Substation of short-circuit fault, especially caused by 3 phase and phase to phase short-circuit fault. Poor protection of Cascade Pattern that currently used on substation kebonagung make fault clearing time work long enough. Therefore, the goals of this study to improve safety performance on Kebonagung substation using non cascade protection pattern. In this pattern, overcurrent relay on Klayatan feeder can communicated with overcurrent relay on upstream or incoming 20 kV system.

on cascade pattern protection has a difference of fault clearing time between overcurrent relay on feeder dan incoming 20 kV which Is not in accordance with PLN standard that is not exceed 0,3 – 0,8 second. On location of fault on feeder with 13% - 32% from feeder's distance with value of three phase fault current is 4915,03 – 2007,23 ampere which has a difference of fault clearing time for 1,5 – 387,45 second, and Location of fault on feeder with 7% - 16% from feeder's distance with value of phase to phase fault current is 4528,27 – 2000,07 ampere which has a difference of fault clearing time for 1,66 – 38130,6 second. Even overcurrent relays are not working on location of fault 33% - 100% with value of three phase fault current is 1946,61 – 745,30 ampere and on location of fault 17% - 100% with value of phase to phase fault current is 1883,22 - 372,65 ampere. Therefore, using the non-cascade protection pattern on Kebonagung Substation, So when there are short-circuit fault current at feeder then overcurrent relay will given instruction to feeder PMT for trip, but if PMT fail to open, tCBF will send signal trip to overcurrent relay at incoming 20 kV for trip with pick up time 0,3 second.

Keyword : overcurrent relay, cascade, non cascade, short-circuit fault current, feeder.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta salawat dan salam semoga tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW atas suritauladan beliau, sehingga dapat menyelesaikan Penelitian dengan judul “*PERBAIKAN FAULT CLEARING TIME PADA PENYULANG GARDU INDUK KEBONAGUNG MENGGUNAKAN PENGAMAN RELE ARUS LEBIH POLA NON KASKADE*” yang diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik, di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Dengan keterbatasan ilmu yang dimiliki. Akhirnya Tuhan yang Maha Esa memberi petunjuk dan kemudahan dalam pengerjaan Penelitian ini.

Dalam Penelitian ini, tak lepas dari bantuan dan dorongan dari beberapa pihak baik material dan spiritual. Dengan ini, mengucapkan terima kasih yang sebanyak- banyaknya kepada:

1. Ir. Hadi Suyono, S.T, M.T., Ph.D., IPM. selaku ketua jurusan teknik elektro yang selalu mendukung dalam bidang akademik untuk menyelesaikan Penelitian.
2. Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.sc. selaku KKDK Teknik Energi elektrik yang selalu memberikan motivasi dan pengarahan dalam penelitian.
3. Ir Hery Purnomo, M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran dan memberi pengarahan dalam penelitian.
4. Ir. Wijono, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran dan memberi pengarahan dalam penelitian.
5. Bapak Mansyur Thahir dan Ibu Marfuah Marzuki selaku orang tua yang memberikan dukungan dan semangat dalam penelitian.
6. Muhammad Andhika Asmara Putra, Muhammad Andryanto Asmara Putra, Ikha Erika Andrianti Asmara Putri selaku saudara/i kandung yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam penelitian.
7. Teman Voltage 2012 yang selalu membantu memberikan motivasi dalam penelitian ini.
8. Teman PM Squad yang selalu menghibur dan memberikan motivasi dalam penelitian ini.
9. Teman PIMNAS 2016, yang sering memberikan masukan dan saran dalam menghadapi kesulitan dalam penelitian ini

10. Teman kos GAIB yang selalu memberikan masukan dan nasehat untuk terus kedepan dan lebih maju.
11. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Dalam penyusunan penelitian masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu sebagai manusia yang penuh keterbatasan, mohon dimaafkan. Semoga Penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkannya.

Malang, 18 Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR SIMBOL	ix
RINGKASAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematik Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Distribusi	5
2.2 Jaringan Distribusi Primer	5
2.2.1 Jaringan Distribusi Primer Radial	5
2.3 Tujuan Sistem Proteksi	6
2.4 Fungsi Pengaman	7
2.5 Macam-Macam Pengaman Jaringan Distribusi	7
2.5.1 <i>Circuit Breaker</i> (Pemutus Tenaga)	7
2.5.2 <i>LBS (Load Breaker Switch)</i>	8
2.6 Rele Arus Lebih	8
2.6.1 Prinsip Kerja Rele Arus Lebih	9
2.6.2 Setting Rele Arus Lebih	9
2.6.3 Karakteristik Rele Arus Lebih	10
2.7 Gangguan Hubung Singkat	16
2.7.1 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa	17
2.7.2 Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa	18
2.7.3 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah	20
2.8 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat	21
2.9 Perhitungan Impedansi	22
2.10 Trafo Arus	26
2.11 Fungsi dan Syarat Rele Proteksi	27
2.12 Sistem Proteksi Pola Kaskade	29
2.13 Sistem Proteksi Pola Non Kaskade	30
2.14 Rele Arus Lebih Pola Non Kaskade	33
BAB III METODOLOGI	36
3.1 Pengambilan Data	36
3.2 Proses Perhitungan dan Analisis	37
3.3 Penutup	37

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Gardu Induk Kebonagung Malang	42
4.2 Perhitungan Impedansi	42
4.2.1 Menghitung Impedansi Dasar	42
4.2.2 Menghitung Impedansi Sumber	42
4.2.3 Menghitung Impedansi Transformator Daya	43
4.2.4 Menghitung Impedansi Penyulang	44
4.2.5 Menghitung Impedansi Total	46
4.3 Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa dan Antar Fasa ...	47
4.3.1 Menghitung Arus Dasar	48
4.3.2 Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	48
4.3.3 Arus Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa	49
4.4 Perhitungan Penyetelan Rele Arus Lebih	51
4.4.1 Penyetelan Sisi Penyulang	51
4.4.1.1 Penyetelan Arus	51
4.4.1.2 Penyetelan Arus Instan	42
4.4.1.3 Penyetelan Waktu	53
4.4.2 Penyetelan Sisi Masukan 20 kV	54
4.4.2.1 Penyetelan Arus	54
4.4.2.2 Penyetelan Arus Instan	55
4.4.2.3 Penyetelan Waktu	56
4.5 Analisis Hasil Perhitungan Koordinasi Rele Arus Lebih	57
4.6 Analisis Perbandingan Penyetelan Rele Arus Lebih Hasil Perhitungan dengan Penyetelan yang Diterapkan di Lapangan	59
4.7 Analisis Perbedaan Setting Rele Antara Pola Pengaman Kaskade dan Non Kaskade	52
BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	67

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Karakteristik operasi waktu jenis rele <i>invers time</i>	13
Tabel 2.2	Nilai standar CT	27
Tabel 4.1	Data spesifikasi transformator daya IV gardu induk Kebonagung Malang	41
Tabel 4.2	Data rele arus lebih masukan 20 kV	41
Tabel 4.3	Data arus lebih sisi penyulang Klayatan	41
Tabel 4.4	Penyetelan rele arus lebih hasil perhitungan	57
Tabel 4.5	Perbandingan penyetelan rele arus lebih menggunakan pola non kaskade dengan penyetelan yang diterapkan di lapangan	59
Tabel 4.6	Perbandingan lama waktu kerja pola kaskade dan pola non kaskade 3 fasa ...	62
Tabel 4.7	Perbandingan lama waktu kerja pola kaskade dan pola non kaskade antar fasa	63

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Skema saluran jaringan distribusi radial	6
Gambar 2.2	Rangkaian pengawatan rele arus lebih	9
Gambar 2.3	Karakteristik rele arus lebih waktu seketika	10
Gambar 2.4	Rangkaian rele arus lebih waktu seketika	11
Gambar 2.5	Rangkaian rele arus lebih waktu terbalik	13
Gambar 2.6	Rangkaian rele arus lebih waktu tertentu	15
Gambar 2.7	Karakteristik rele arus lebih waktu tertentu	16
Gambar 2.8	Gangguan hubung singkat tiga fasa	17
Gambar 2.9	Rangkaian pengganti hubung singkat tiga fasa	17
Gambar 2.10	Gangguan hubung singkat antar fasa	18
Gambar 2.11	Rangkaian pengganti hubung singkat antar fasa	19
Gambar 2.12	Sketsa penyulang tegangan tinggi	22
Gambar 2.13	Tripping logic pola kaskade	29
Gambar 2.14	Skema pola kaskade	30
Gambar 2.15	Proses urutan <i>circuit breaker fault</i> dalam memutuskan gangguan	31
Gambar 2.16	Skema pola non kaskade	33
Gambar 2.17	Logika pemutusan pola non kaskade	34
Gambar 2.18	Pemutusan balik pengisolasian gangguan	34
Gambar 3.1	Diagram alir metodologi	36
Gambar 4.1	Diagram satu garis transformator daya IV gardu induk Kebonagung Malang	39
Gambar 4.2	Diagram satu garis penyulang Klayatan	40
Gambar 4.3	Diagram satu garis penyulang Klayatan dengan berbagai titik lokasi Gangguan	42
Gambar 4.4	Grafik perbandingan arus gangguan hubung singkat tiga fasa dan antar fasa menurut titik lokasi terjadinya gangguan	50
Gambar 4.5	Grafik koordinasi waktu kerja rele arus lebih menggunakan pola non kaskade pada sisi masukan dan penyulang 20 kV saat terjadi arus gangguan hubung singkat tiga fasa	57
Gambar 4.6	Grafik koordinasi waktu kerja rele arus lebih menggunakan pola non kaskade pada sisi masukan 20 kV dan penyulang saat terjadi arus gangguan hubung singkat antar fasa	59
Gambar 4.7	Grafik perbandingan koordinasi waktu kerja rele arus lebih sisi masukan 20 kV dan penyulang hasil perhitungan dengan yang diterapkan di lapangan saat terjadi arus gangguan hubung singkat tiga fasa	61
Gambar 4.8	Grafik perbandingan koordinasi waktu kerja rele arus lebih sisi masukan 20 kV dan penyulang hasil perhitungan dengan yang diterapkan di lapangan saat terjadi arus gangguan hubung singkat antar fasa	62
Gambar 4.9	Grafik perbandingan lama waktu kerja sisi masukan 20 kV sebagai pengaman cadangan saat PMT penyulang gagal terbuka	63
Gambar 4.10	Grafik perbandingan waktu kerja rele arus lebih sisi masukan 20 kV dan penyulang hasil perhitungan menggunakan pola non kaskade dengan yang diterapkan di lapangan menggunakan pola kaskade saat terjadi arus gangguan hubung singkat tiga fasa	64
Gambar 4.11	Grafik perbandingan waktu kerja rele arus lebih sisi masukan	

	20 kV dan penyulang hasil perhitungan menggunakan pola non kaskade dengan yang diterapkan di lapangan menggunakan pola kaskade saat terjadi arus gangguan hubung singkat antar fasa	64
Gambar 4.12	Grafik perbandingan selisih waktu kerja antara proteksi pola kaskade dengan proteksi pola non kaskade untuk arus gangguan hubung singkat antar fasa	65