

**ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI RELAI ARUS LEBIH PADA
SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DI PT. PERTAMINA
(PERSERO) *REFINERY UNIT IV CILACAP***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1
Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun Oleh:

MUHAMMAD IKHFAN SYAFI'I

20130120045

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2016

SURAT PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 21 Desember 2016

Penulis,



Muhammad Ikhfan Syafi'i

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah –Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik di PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit IV Cilacap*”.

Penulisan Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam jenjang perkuliahan Strata 1 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari hambatan dan kesulitan, namun berkat bimbingan, bantuan, saran dan kerjasama dari berbagai pihak, khususnya pembimbing, maka segala hambatan tersebut dapat diatasi dengan baik.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari kekurangan. Semua ini didasarkan pada keterbatasan yang ada pada penulis. Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kemajuan pendidikan dimasa yang akan datang.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus hati mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga segala usaha penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir dapat berjalan dengan baik.
2. Ibunda dan Ayahanda tercinta, yang tak pernah henti dalam memberikan dukungan baik berupa moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Studi Strata 1 dengan tanpa ada kendala yang berarti.
3. Kakak dan semua saudara yang selalu memberi dorongan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu.
4. Bapak Dr. Ramadani Syahputra selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Karisma Trinanda P., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dengan sangat sabar dan penuh perhatian sehingga

penulis dapat menyelesaikan berbagai macam kendala yang penulis hadapi selama proses pembuatan Tugas Akhir.

5. PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit IV* Cilacap yang telah memberikan kesempatan penulis untuk dapat melakukan penelitian di unit *utilities*, sehingga penulis dapat mengolah data hasil penelitian menjadi bahan analisis pada Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen dan staff laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan banyak sekali ilmu yang bermanfaat dan juga telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu.
7. Seluruh Kader Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Komisariat Fakultas Teknik, seluruh teman-teman dari Teknik Elektro 2013 pada umumnya dan seluruh teman-teman dari Teknik Elektro 2013 kelas A pada khususnya yang telah memberikan dorongan semangat dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh percaya diri.
8. Berbagai pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan serta berbagi pengalaman pada proses penyusunan skripsi ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan dapat menjadi amal sholeh serta senantiasa mendapat ridho Allah SWT. Sehingga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pendidikan khususnya di bidang Teknik Elektro.

Yogyakarta, 21 Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
BAB I	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	5
BAB II	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	7
2.2.2 Sistem Proteksi Tenaga Listrik	7
2.2.3 Hubung Singkat.....	22
2.2.4 Sumber Arus Gangguan	30
2.2.5 Relai Arus Lebih (OCR)	33
BAB III	39
3.1 Metode Penelitian	39
3.2 Perangkat Penelitian.....	40
3.3 Langkah – Langkah Kerja Peneltian	40
BAB IV	50
4.1 Unjuk Kerja Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 150SS1 Pembangkitan Generator 152-G-501A Kilang RFCC	50
4.1.2 <i>Single Line</i> Diagram Proteksi Relai Arus Lebih Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 150SS1 Pembangkitan Generator 152-G-501A Kilang RFCC	50

4.1.3	Data Setting Relai Arus Lebih	52
4.1.4	Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Berdasarkan Data Lapangan	57
4.2	<i>Resetting</i> Koordinasi Relai Arus Lebih Menggunakan Perhitungan Manual	75
4.2.1	Perhitungan Impedansi.....	75
4.2.2	Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	84
4.2.3	Perhitungan Arus Beban Penuh (FLA)	112
4.2.4	Perhitungan <i>Resetting</i> Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih berdasarkan perhitungan manual.....	113
4.2.5	Unjuk Kerja Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Hasil <i>Resetting</i> Menggunakan Perhitungan Manual	128
4.3	<i>Resetting</i> Koordinasi Relai Arus Lebih Menggunakan Data Arus Hubung Singkat Hasil dari Simulasi Software ETAP.....	134
4.3.1	Data Arus Hubung Singkat Hasil Simulasi <i>Software</i> ETAP.....	135
4.3.2	Selisih Antara Arus Hubung Singkat Hasil Perhitungan Manual Dengan Arus Hubung Singkat Hasil Simulasi Software ETAP.....	136
4.3.3	Perhitungan <i>Resetting</i> Koordinasi Relai Arus Lebih Berdasarkan Data Arus Hubung Singkat Hasil Simulasi <i>Software</i> ETAP.....	138
4.3.4	Unjuk Kerja Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Hasil <i>Resetting</i> Menggunakan Perhitungan Manual	153
4.4	Analisis Perbandingan dari Masing-Masing Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih.....	158
4.4.1	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 1	163
4.4.2	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 2	166
4.4.3	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 3	169
4.4.4	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 4	171
4.4.5	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 5	174
4.4.6	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 6	177
4.4.7	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 7	180
4.4.8	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 8	183

4.4.9	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 9	186
4.4.10	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 10	189
4.4.11	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 11	192
4.4.12	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 12	195
4.4.13	Perbandingan Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus Lebih Zona Proteksi 13	198
4.4.14	Perbandingan Selisih Waktu Kerja Relai Pada Setiap Zona Proteksi Ketika Terjadi Gangguan Hubung Singkat.....	201
BAB V		204
5.1	Kesimpulan	204
5.2	Saran.....	205
DAFTAR PUSTAKA		206

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Trafo Arus	13
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Trafo Tegangan	14
Gambar 2.3 Model Air Circuit	17
Gambar 2.4 Model Vacum Circuit Breaker.....	18
Gambar 2.5 Model Gas Circuit Breaker.....	18
Gambar 2.6 Model Oil Circuit Breaker.....	19
Gambar 2.7 Model Sekring	20
Gambar 2.8 Rangkaian Ekuivalen Hubung Singkat Tiga Fasa	24
Gambar 2.9 Hubungan Jala-Jala Urutan untuk Hubung Singkat Tiga Fasa.....	24
Gambar 2.10 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa.....	25
Gambar 2.11 Hubungan Jala-Jala Urutan untuk Hubung Singkat Dua Fasa.....	25
Gambar 2.12 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	26
Gambar 2.13 Hubungan Jala-Jala Urutan untuk Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	26
Gambar 2.14 Kontribusi Arus Hubung Singkat	30
Gambar 2.15 Karakteristik Relai Arus Lebih Sesaat.....	33
Gambar 2.16 Karakteristik Relai Arus Lebih Waktu Tertentu.....	34
Gambar 2.17 Karakteristik Relai Arus Lebih Waktu Terbalik.....	34
Gambar 2.18 Rangkaian Pengawatan Relai Arus Lebih (OCR)	35
Gambar 3.1 Flow Chart Langkah Kerja Penelitian	41
Gambar 3. 2 Flow Chart Alur Pembahasan.....	42
Gambar 3.3 Single Line Diagram 150SS1 Pembangkitan Generator 152-G-501A	44
Gambar 3.4 Single Line Diagram 150SS1 Pembangkitan Generator 152-G-501A Pada ETAP Versi 12.6	46
Gambar 3.5 Toolbar Menu Protective Device Coordination.....	47
Gambar 3. 6 Fungsi Fault Insertion.....	47

Gambar 3.7 Fungsi Star View	48
Gambar 4. 1 Single Line Diagram Proteksi Relai Arus Lebih	51
Gambar 4.2 Single Line Zona Proteksi 1	57
Gambar 4.3 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 1	57
Gambar 4.4 Single Line Zona Proteksi 2	58
Gambar 4.5 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 2	59
Gambar 4.6 Single Line Zona Proteksi 3	60
Gambar 4.7 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi	60
Gambar 4.8 Single Line Zona Proteksi 4	61
Gambar 4.9 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 4	61
Gambar 4.10 Single Line Zona Proteksi 5	62
Gambar 4.11 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 5	62
Gambar 4.12 Single Line Zona Proteksi 6	63
Gambar 4.13 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 6	64
Gambar 4.14 Single Line Zona Proteksi 7	65
Gambar 4.15 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 7	65
Gambar 4. 16 Single Line Zona Proteksi 8	66
Gambar 4. 17 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 8	67
Gambar 4. 18 Single Line Zona Proteksi 9	68
Gambar 4. 19 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 9	68
Gambar 4. 20 Single Line Zona Proteksi 10	69
Gambar 4. 21 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 10	69
Gambar 4. 22 Single Line Zona Proteksi 11	70
Gambar 4. 23 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 11	71
Gambar 4. 24 Single Line Zona Proteksi 12	72
Gambar 4. 25 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 12	72
Gambar 4. 26 Single Line Zona Proteksi 13	74
Gambar 4. 27 Simulasi Koordinasi Zona Proteksi 13	74
Gambar 4. 28 Single Line Diagram Sederhana	84

Gambar 4. 29 Single Line Diagram Impedansi Gangguan Hubung Singkat di level tegangan 13,8 kV	85
Gambar 4. 30 Single Line Diagram Impedansi Gangguan Hubung Singkat di level tegangan 3,45 kV	85
Gambar 4. 31 Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat 1	86
Gambar 4. 32 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	87
Gambar 4. 33 Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat 2.....	88
Gambar 4. 34 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	88
Gambar 4. 35 Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat 3.....	90
Gambar 4. 36 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	90
Gambar 4. 37 Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat 4.....	92
Gambar 4. 38 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	92
Gambar 4. 39 Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat 5.....	94
Gambar 4. 40 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	94
Gambar 4. 41 Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat 6.....	96
Gambar 4. 42 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	96
Gambar 4. 43 Ilustrasi gangguan hubung singkat 7	98
Gambar 4. 44 Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	98
Gambar 4. 45 Ilustrasi gangguan hubung singkat 8	100
Gambar 4. 46 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	100
Gambar 4. 47 Ilustrasi gangguan hubung singkat 9	102
Gambar 4. 48 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	102

Gambar 4. 49 Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat 10.....	104
Gambar 4. 50 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	104
Gambar 4. 51 Ilustrasi gangguan hubung singkat 11	106
Gambar 4. 52 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	106
Gambar 4. 53 Ilustrasi gangguan hubung singkat 12	108
Gambar 4. 54 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	108
Gambar 4. 55 Ilustrasi gangguan hubung singkat 13	110
Gambar 4. 56 (a) Rangkaian Ekivalen Satu Fasa (b) Rangkaian yang Sudah Disederhanakan.....	110
Gambar 4. 57 Skema Perhitungan FLA	112
Gambar 4. 58 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 1	129
Gambar 4. 59 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 2	129
Gambar 4. 60 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 3	130
Gambar 4. 61 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 4	130
Gambar 4. 62 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 5	130
Gambar 4. 63 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 6	131
Gambar 4. 64 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 7	131
Gambar 4. 65 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 8	131
Gambar 4. 66 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 9	132
Gambar 4. 67 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 10	132
Gambar 4. 68 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 11	132
Gambar 4. 69 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 12	133
Gambar 4. 70 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 13	133
Gambar 4. 71 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 1	153
Gambar 4. 72 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 2	153
Gambar 4. 73 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 3	154
Gambar 4. 74 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 4	154
Gambar 4. 75 Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 5	154

Gambar 4. 76	Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 6	155
Gambar 4. 77	Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 7	155
Gambar 4. 78	Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 8	155
Gambar 4. 79	Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 9	156
Gambar 4. 80	Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 10	156
Gambar 4. 81	Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 11	156
Gambar 4. 82	Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 12	157
Gambar 4. 83	Simulasi Resetting Koordinasi Zona Proteksi 13	157
Gambar 4. 84	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	163
Gambar 4. 85	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	164
Gambar 4. 86	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	164
Gambar 4. 87	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	166
Gambar 4. 88	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	167
Gambar 4. 89	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	167
Gambar 4. 90	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	169
Gambar 4. 91	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	170
Gambar 4. 92	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	170
Gambar 4. 93	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	172
Gambar 4. 94	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	172
Gambar 4. 95	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	173
Gambar 4. 96	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	174
Gambar 4. 97	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	175
Gambar 4. 98	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	175
Gambar 4. 99	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	177
Gambar 4. 100	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	178
Gambar 4. 101	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	178
Gambar 4. 102	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	180
Gambar 4. 103	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	181
Gambar 4. 104	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	181
Gambar 4. 105	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	184
Gambar 4. 106	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	184

Gambar 4. 107	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	185
Gambar 4. 108	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	186
Gambar 4. 109	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	187
Gambar 4. 110	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	187
Gambar 4. 111	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	189
Gambar 4. 112	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	190
Gambar 4. 113	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	190
Gambar 4. 114	Grafik TCC Setting di Lapangan.....	192
Gambar 4. 115	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	193
Gambar 4. 116	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	193
Gambar 4. 117	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	195
Gambar 4. 118	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	196
Gambar 4. 119	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	196
Gambar 4. 120	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	198
Gambar 4. 121	Grafik TCC Resetting Perhitungan Manual	199
Gambar 4. 122	Grafik TCC Resetting Data Hasil Simulasi ETAP	199

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Gangguan Hubung Singkat (Sidabutar, 2010)	22
Tabel 2.2 Karakteristik Relai sesuai standar ANSI/IEEE dan IEC	38
Tabel 4. 1 Data Arus Gangguan Hubung Singkat Hasil Simulasi Software ETAP	135
Tabel 4. 2 Selisih Antara Arus Hubung Singkat 3 Fasa ½ Cycle Hasil Perhitungan Manual dan Arus Hubung Singkat 3 ½ Cycle Fasa Hasil Simulasi Software ETAP	136
Tabel 4. 3 Selisih Antara Arus Hubung Singkat 2 Fasa 30 Cycle Hasil Perhitungan Manual dan Arus Hubung Singkat 2 Fasa 30 Cycle Hasil Simulasi Software ETAP	137
Tabel 4.4 Settingan Masing-Masing Koordinasi Relai Arus Lebih	159
Tabel 4.5 Perbandingan Selisih Waktu Kerja Relai Antar Settingan Koordinasi Proteksi Relai Arus lebih	202