



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS KOORDINASI RELE ARUS LEBIH DAN RELE  
GANGGUAN TANAH SEBAGAI PENGAMAN MOTOR  
INDUKSI, KABEL DAN TRAFU PADA PLANT XI DI PT  
INDOCEMENT**

**SKRIPSI**

**Nanda Febriadi  
04 04 03 0644**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
DESEMBER 2008**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS KOORDINASI RELE ARUS LEBIH DAN RELE  
GANGGUAN TANAH SEBAGAI PENGAMAN MOTOR  
INDUKSI, KABEL DAN TRAFU PADA PLANT XI DI PT  
INDOCEMENT**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar**

**Sarjana Teknik**

**Nanda Febriadi  
04 04 03 0644**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**DEPOK**

**DESEMBER 2008**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS**

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Nanda Febriadi**

**NPM : 04 04 03 0644**

**Tanda tangan :**

**Tanggal : 5 Januari 2008**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Nanda Febriadi  
NPM : 04 04 03 0644  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Sebagai Pengaman Motor Induksi, Kabel dan Trafo pada Plant XI di PT Indocement

**Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof . Ir. Rudy Setiabudy M.Sc, Ph.D ( )

Penguji 1 : Ir. Amien Rahardjo MT. ( )

Penguji 2 : Budi Sudiarto, ST, MT ( )

Ditetapkan di : Kampus UI Depok

Tanggal : 31 Desember 2008

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan anugerah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Saya menyadari, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof . Ir. Rudy Setiabudy M.Sc, Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Pihak PT Indocement Plant XI yang telah membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. Sahabat-sahabat yang telah banyak membantu dukungan moral saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 5 Januari 2008

Nanda Febriadi

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nanda Febriadi  
NPM : 04 04 03 0644  
Program Studi : Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Sebagai  
Pengaman Motor Induksi, Kabel dan Trafo pada Plant XI di PT Indocement**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : Desember 2008  
Yang menyatakan

(Nanda Febriadi)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2. DASAR TEORI</b> .....	<b>4</b>
2.1 Start Motor Induksi.....	4
2.2 Peralihan Motor Induksi.....	6
2.3 Gangguan Hubung Singkat.....	8
2.3.1 Berdasarkan Tipe Gangguan.....	8
2.3.1.1 Gangguan Simetris.....	8
2.3.1.2 Gangguan Asimetris.....	10
2.3.2 Berdasarkan Metode Perhitungan.....	
2.3.2.1 ANSI/IEEE.....	21
2.3.2.2 IEC.....	22
2.4 Pengaman Sistem Tenaga Listrik.....	24
2.4.1 Pengertian dasar dan persyaratan peralatan pengaman.....	24
2.4.2 Jenis - jenis Pengaman.....	29
2.4.3 Macam Rele.....	30
2.4.4 Rele Arus Lebih.....	32
2.4.4.1 Penentuan Setting Rele Arus Lebih.....	36
2.4.4.2 Koordinasi Rele Arus Lebih dengan diskriminasi.....	38
Waktu	
2.4.4.3 Koordinasi Rele Arus Lebih dengan diskriminasi.....	39
Arus	
2.4.4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih dengan diskriminasi.....	40
Arus dan waktu	
2.4.4.5 Rele Gangguan Tanah.....	42
2.4.5 Prosedur Koordinasi Pengaman.....	44
2.4.6 Pengaman Motor Induksi.....	46
2.4.6.1 Pengaman Beban Lebih.....	47
2.4.6.2 Pengaman Rotor Terkunci.....	47

2.4.6.3	Pengaman Arus Lebih.....	48
2.4.7	Pengaman Trafo.....	48
2.4.7.1	Pengaman Arus Lebih.....	50
2.4.8	Pengaman Kabel.....	53
2.4.8.1	Pengaman Arus Hubung Singkat.....	53
2.4.8.2	Prosedur Koordinasi.....	54
<b>BAB 3</b>	<b>SKEMA DAN SIMULASI KOORDINASI RELE ARUS.....</b>	<b>55</b>
	<b>LEBIH DAN RELE GANGGUAN TANAH SEBAGAI</b>	
	<b>PENGAMAN MOTOR INDUKSI, KABEL DAN TRAF0</b>	
	<b>PADA PLANT XI PT INDOCEMENT</b>	
3.1	Umum.....	55
3.2	Perhitungan arus hubung singkat maksimum.....	56
3.3	Perhitungan setting arus dan waktu kerja rele arus lebih dan rele gangguan tanah	62
3.4	Gambar kurva karakteristik rele arus lebih dan rele..... gangguan tanah	66
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISIS KOORDINASI RELE ARUS LEBIH DAN.....</b>	<b>71</b>
	<b>RELE GANGGUAN TANAH SEBAGAI PENGAMAN</b>	
	<b>MOTOR INDUKSI, KABEL DAN TRAF0 PADA</b>	
	<b>PLANT XI DI PT INDOCEMENT</b>	
4.1	Rele Arus Lebih.....	71
4.1.1	Setting dan Koordinasi Rele Arus Lebih.....	71
4.2	Rele Gangguan Tanah.....	92
4.2.1	Setting dan Koordinasi Rele Arus Lebih.....	92
	<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>106</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>107</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>108</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rangkaian rotor ketika motor berputar.....	4
Gambar 2.2. Rangkaian ekivalen peralihan motor induksi.....	7
Gambar 2.3. Rangkaian pada keadaan gangguan.....	9
Gambar 2.4. Diagram garis tunggal sederhana.....	9
Gambar 2.5. Komponen urutan positif.....	10
Gambar 2.6. Komponen urutan negatif.....	11
Gambar 2.7. Komponen urutan nol.....	11
Gambar 2.8. Konstanta $\alpha$ .....	17
Gambar 2.9. Gangguan satu fasa ke tanah.....	18
Gambar 2.10. Gangguan dua fasa.....	21
Gambar 2.11. Gangguan dua fasa ke tanah.....	22
Gambar 2.12. Diagram pencari factor $\lambda_{maks}$ untuk $I_{kmaks}$ .....	24
Gambar 2.13. Diagram pencari factor $\lambda_{min}$ untuk $I_{kmin}$ .....	25
Gambar 2.14. Skema proteksi sederhana.....	26
Gambar 2.15. Diagram garis tunggal dengan skema proteksi.....	27
Gambar 2.16. Diagram satu garis dari sistem yang menggambarkan..... selektivitas daerah proteksi	28
Gambar 2.17. Diagram garis tunggal dengan skema proteksi rele tingkatan waktu	29
Gambar 2.18. Kurva karakteristik rele arus lebih inverse (standar IEC).....	30
Gambar 2.19. Kurva karakteristik rele arus lebih inverse (standar IEEE)...	30
Gambar 2.20. Kurva jenis - jenis rele arus lebih.....	31
Gambar 2.21. Diagram garis tunggal dengan skema proteksi rele tingkatan waktu	33
Gambar 2.22. Diagram garis tunggal dengan skema proteksi rele arus lebih tingkatan arus	34
Gambar 2.23. Diagram garis tunggal untuk tingkat arus gangguan tertentu	35
Gambar 2.24. Kurva arus – waktu untuk masing-masing seksi.....	35
Gambar 2.25. Contoh skema proteksi untuk semua gangguan hubung..... singkat	36
Gambar 2.26. Suatu bentuk skema proteksi dengan dilengkapi dengan.. sebuah rele urutan nol agar lebih sensitif terhadap gangguan satu fasa dan 2 fasa ke tanah	36
Gambar 2.27. Metode untuk mengukur arus residu.....	37
Gambar 2.28. Daerah pengaman trafo.....	38
Gambar 2.29. Trafo kategori 1.....	38
Gambar 2.30. Trafo kategori 2.....	39
Gambar 2.31. Trafo kategori 3.....	39
Gambar 2.32. Trafo kategori 4.....	39
Gambar 2.33. Arus hubung singkat maksimum untuk isolasi tembaga.....	41
Gambar 2.34. Arus hubung singkat maksimum untuk isolasi alumunium....	41
Gambar 3.1. Diagram alir proses koordinasi rele.....	56
Gambar 3.2. Diagram satu garis PT Indocement.....	57
Gambar 3.3. Diagram satu garis pada penyulang motor dengan kapasitas total arus hubung singkat terbesar dan kapasitas daya motor induksi terbesar	65

Gambar 3.4.	Koordinasi rele arus lebih dari bagian hilir/penyulang motor sampai ke bagian hulu/penyulang keluaran(outgoing) trafo	66
Gambar 3.5	Karakteristik start motor.....	67
Gambar 3.6	Karakteristik kabel.....	67
Gambar 3.7	Karakteristik rele.....	68
Gambar 3.8	Karakteristik bus.....	68
Gambar 3.9	Karakteristik trafo.....	69
Gambar 3.10	Kurva koordinasi arus dan waktu dari rele arus lebih, ..... pengaman kabel, pengaman motor induksi, dan pengaman trafo	70
Gambar 4.1	Diagram satu garis penyulang 3P11S1 dan 3P11S2 di ..... keluaran (outgoing) trafo jala-jala listrik 2 pada Plant XI PT Indocement Tunggal Prakarsa	72
Gambar 4.2	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P1T1H dan ..... 3P11S1	81
Gambar 4.3	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P1T2H dan ..... 3P11S2	82
Gambar 4.4	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P1T3H dan..... 3P11S2	83
Gambar 4.5	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P1T4H dan..... 3P11S1	84
Gambar 4.6	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele E1128N dan..... 3P11S1	85
Gambar 4.7	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele E1135N dan ..... 3P11S2	86
Gambar 4.8	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P11S1, ..... E1128N, 3P1T1H, 3P1T4H	88
Gambar 4.9	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P11S2, ..... E1135N, 3P1T2H, 3P1T3H	90
Gambar 4.10	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele E21152, ..... 3P11S1, 3P11S2	91
Gambar 4.11	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P1T1H dan ..... 3P11S1	94
Gambar 4.12	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P1T2H dan ..... 3P11S2	95
Gambar 4.13	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P1T3H dan..... 3P11S2	96
Gambar 4.14	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P1T4H dan..... 3P11S1	97
Gambar 4.15	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele E1128N dan..... 3P11S1	98
Gambar 4.16	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele E1135N dan ..... 3P11S2	99
Gambar 4.17	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P11S1, ..... E1128N, 3P1T1H, 3P1T4H	101
Gambar 4.18	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele 3P11S2, ..... E1135N, 3P1T2H, 3P1T3H	103
Gambar 4.19	Kurva koordinasi arus terhadap waktu rele E21152, ..... 3P11S1, 3P11S2	104

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konstanta karakteristik rele arus lebih waktu terbalik menurut... 35 standard IEC	35
Tabel 2.2 Konstanta karakteristik rele arus lebih waktu terbalik menurut... 35 standard ANSI	35
Tabel 2.3 Jenis gangguan dengan pembagian fungsi pengaman..... 49	49
Tabel 2.4 Kapabilitas ketahanan gangguan hubung singkat pada trafo..... 52	52
Tabel 3.1 Hasil perhitungan arus hubung singkat dari sumber jala-jala..... 58 listrik 1 dengan waktu gangguan 0.5 cycle	58
Tabel 3.2 Hasil perhitungan arus hubung singkat dari sumber jala-jala..... 59 listrik 2 dengan waktu gangguan 0.5 cycle	59
Tabel 3.3 Hasil perhitungan arus hubung singkat dari sumber jala-jala..... 60 listrik 1 dengan waktu gangguan 30 cycle	60
Tabel 3.4 Hasil perhitungan arus hubung singkat dari sumber jala-jala..... 61 listrik 2 dengan waktu gangguan 30 cycle	61
Tabel 3.5 Konstanta karakteristik rele arus lebih menurut standard IEEE... 64	64
Tabel 3.6 Data termal konduktor untuk batas kekuatan pada kondisi..... 64 gangguan	64
Tabel 4.1 Hasil perhitungan arus hubung singkat dari bus penyulang motor71	71
Tabel 4.2 Hasil perhitungan arus hubung singkat dari bus penyulang motor72	72
Tabel 4.3 Perbandingan trafo arus pada masing-masing rele..... 73	73
Tabel 4.4 Konstanta karakteristik rele menurut standar IEEE..... 75	75
Tabel 4.5 Arus beban penuh penyulang keluaran trafo jala-jala listrik 2..... 78	78
Tabel 4.6 Arus setting dengan jangkauan arus batas bawah dan batas atas.. 79	79
Tabel 4.7 Hasil perhitungan arus hubung singkat ke tanah ..... 92	92
Tabel 4.8 Arus setting rele gangguan tanah ..... 93	93

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Spesifikasi Motor E1135 .....	108
Lampiran 2 Spesifikasi Motor E1128 .....	109
Lampiran 3 Spesifikasi Kabel .....	110
Lampiran 4 Spesifikasi Trafo.....	111
Lampiran 5 Data Impedansi Kabel .....	112
Lampiran 6 Data Impedansi Kabel .....	113
Lampiran 7 Data Impedansi Kabel .....	114
Lampiran 8 Diagram Satu Garis .....	115

