

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. <i>Literature Review</i> .....	6
2.2. Teori Pendukung.....	9
2.2.1. Transmisi Tenaga Listrik .....	9
2.2.2. Representasi Saluran Transmisi .....	11
2.2.3. Parameter Saluran Transmisi .....	13
2.3. Transformator .....	16
2.3.1. Konstruksi Transformator .....	16
2.3.2. Kurva Histerisis.....	17
2.4. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) .....	18
2.4.1. Tower Saluran Transmisi Listrik 150 kV .....	20
2.4.2. Konduktor Pada Saluran Transmisi .....	22
2.4.3. Isolator Saluran Transmisi Listrik.....	24

2.5. <i>Switching</i> .....	25
2.5.1. Surja Hubung .....	26
2.6. <i>Transient</i> .....	30
2.7. Feroresonansi .....	33
2.7.1. Resonansi .....	33
2.7.2. Perbedaan Feroresonansi dan Resonansi .....	36
2.7.3. Munculnya Gejala Feroresonansi.....	37
2.7.4. Karakteristik Feroresonansi .....	38
2.7.5. Tegangan Sinusoida .....	41
2.8. ATPDraw .....	42
<b>BAB III METODOLOGI TUGAS AKHIR</b> .....	<b>45</b>
3.1. Diagram Alir .....	45
3.2. Studi Literatur .....	46
3.3. Studi Lapangan .....	46
3.4. Data Penelitian .....	47
3.5. Pemodelan Rangkaian Pengganti Saluran Transmisi pada ATPDraw .....	51
3.6. Pengolahan Data .....	52
3.6.1. Tegangan dan Arus Pada Saluran .....	52
3.6.2. Resistansi Saluran .....	53
3.6.3. Kapasitansi Saluran.....	53
3.6.4. Induktansi Saluran.....	54
3.6.5. Frekuensi Resonansi .....	54
3.6.6. Impedansi Transformator .....	55
3.6.7. Arus Transformator .....	55
3.6.8. Kapasitansi Transformator.....	56
3.6.9. Induktansi Transformator.....	56
3.6.10. Reaktansi Transformator.....	56
3.7. Pemodelan Rangkaian Feroresonansi Terhadap Kurva Histerisis ...	57
3.8. ATPDraw .....	59
3.9. Analisis .....	65

BAB IV DATA DAN ANALISIS.....	66
4.1. Data dari PT. PLN (Gardu Induk Dago Pakar).....	67
4.2. Pengolahan Data .....	67
4.3. Simulasi Pemodelan.....	69
4.4. Feroresonansi Akibat <i>Switching</i> .....	71
4.4.1. Feroresonansi Akibat Variasi <i>Grading Capacitance (Cg)</i> .....	71
4.4.2. Pengaruh Jarak Terhadap <i>Over Voltage</i> dan <i>Over Current</i> .	84
4.5. Kurva Histerisis pada Transformator.....	88
4.6. Mitigasi Feroresonansi Dengan Memasang Damping Resistor.....	91
4.7. Pengaruh Ketinggian Konduktor Terhadap Kapasitansi .....	95
4.8. Pengaruh <i>Over Voltage</i> dan <i>Over Current</i> Akibat Feroresonansi Terhadap Peralatan Listrik.....	101
4.9. Analisis .....	104
BAB V KESIMPULAN.....	107
5.1. Kesimpulan .....	107
5.2. Saran .....	110
DAFTAR PUSTAKA .....	A
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1. Data Spesifikasi Menara Transmisi 150 kV.....	21
Tabel 2.2. Data Struktur Menara Transmisi 150 kV .....	22
Tabel 2.3. Komponen pada ATPDraw beserta Identitasnya .....	44
Tabel 3.1. Data Saluran Transmisi .....	47
Tabel 3.2. Data Tower Transmisi Tegangan Tinggi 150kV.....	48
Tabel 3.3. Jarak Antar Tower GI Dago Pakar – Bandung Utara.....	49
Tabel 3.4. Parameter Rangkaian Pemodelan Feroresonansi .....	57
Tabel 3.5. Parameter Kurva Magnetisasi pada fasa A dan fasa C.....	58
Tabel 3.6. Parameter Kurva Magnetisasi pada fasa B.....	59
Tabel 4.1. Data Trafo GITET New Ujung Berung IBT 1 .....	67
Tabel 4.2. Data Saluran Transmisi Sisi Primer Trafo GITET New Ujung Berung .....	67
Tabel 4.3. Perbandingan Hasil Deteksi Feroresonansi Pada Respon Tegangan .	82
Tabel 4.4. Perbandingan Hasil Deteksi Feroresonansi Pada Respon Arus .....	82
Tabel 4.5. Nilai Kapasitansi Tower Transmisi.....	83

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1. Diagram Sistem Tenaga Listrik.....	10
Gambar 2.2. Rangkaia Ekuivalen Saluran Transmisi Pendek.....	11
Gambar 2.3. Rangkaian Ekuivalen Saluran Tranmisi Menengah .....	12
Gambar 2.4. Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi Panjang.....	13
Gambar 2.5. Jarak Antar Konduktor ACSR.....	16
Gambar 2.6. Kontruksi Transformator .....	17
Gambar 2.7. Kurva Magnetisasi Transformator.....	17
Gambar 2.8. Menara Saluran Transmisi Tipe Lattice .....	20
Gambar 2.9. Jenis-jenis Kawat Transmisi Listrik .....	24
Gambar 2.10. Isolator Long Rod (a) Isolator Pos (b) Isolator Piring (c) .....	25
Gambar 2.11. Standar Tegangan Impuls <i>Switching</i> .....	28
Gambar 2.12. Bentuk Tegangan Impuls.....	29
Gambar 2.13. Rangkaian Ekuivalen R-L .....	31
Gambar 2.14. Bentuk Gelombang Arus untuk Rangkaian R-L .....	31
Gambar 2.15. Transien Osilasi pada Kondisi Pensaklaran .....	33
Gambar 2.16. Rangkaian Feroresonansi Sederhana.....	36
Gambar 2.17. <i>Fundamental Ferroresonance</i> (a) Sinyal Periodik (b) Spektrum Sinyal.....	39
Gambar 2.18. <i>Subharmonic Ferroresonance</i> (a) Sinyal Periodik (b) Spektrum Sinyal.....	39
Gambar 2.19. <i>Quasi-Periodic Ferroresonance</i> (a) Sinyal Periodik (b) Spektrum Sinyal.....	40
Gambar 2.20. <i>Chaotic Ferroresonance</i> (a) Sinyal Periodik (b) Spektrum Sinyal.....	40
Gambar 2.21. Bentuk Gelombang Sinusoida Fungsi Sinus .....	41
Gambar 2.22. Tampilan Layar pada Aplikasi ATPDraw .....	43
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 3.2. Titik Lokasi Tower SUTT 150 kV Dago Pakar – Bandung Utara	50
Gambar 3.3. Rangkaian Pengganti Saluran Transmisi 150 kV.....	52
Gambar 3.4. Rangkaian Pemodelan .....	58

Gambar 3.5.	Tampilan Awal setelah <i>Software</i> ATPDraw di Buka.....	60
Gambar 3.6.	Memilih Peralatan Listrik yaitu Sumber Tegangan ( <i>AC Source</i> ) .	60
Gambar 3.7.	Memilih Peralatan Listrik yaitu Transformator.....	60
Gambar 3.8.	Memilih Peralatan Listrik yaitu Saklar.....	61
Gambar 3.9.	Memilih Peralatan Listrik yaitu Tower Listrik.....	61
Gambar 3.10.	Memilih Peralatan Listrik yaitu Kapasitor .....	61
Gambar 3.11.	Memilih Peralatan Listrik yaitu Resistor.....	62
Gambar 3.12.	Memilih Peralatan Listrik yaitu <i>Voltmeter</i> .....	62
Gambar 3.13.	Memilih Peralatan Listrik yaitu <i>Ampere</i> .....	62
Gambar 3.14.	Memilih Peralatan Listrik yaitu <i>Ground</i> .....	63
Gambar 3.15.	Rangkaian Pemodelan Saluran Transmisi .....	63
Gambar 3.16.	Proses <i>Running</i> Simulasi Rangkaian Pemodelan .....	63
Gambar 3.17.	<i>Main Windows</i> saat <i>Plotting</i> Sinyal .....	64
Gambar 4.1.	Rangkaian Pemodelan Feroresonansi pada Saluran Transmisi 150 kV GI Dago .....	66
Gambar 4.2.	Respon Tegangan pada saat Kondisi Normal.....	70
Gambar 4.3.	Respon Arus pada saat Kondisi Normal.....	71
Gambar 4.4.	Rangkaian Simulasi Feroresonansi Variasi <i>Grading Capacitance</i>	72
Gambar 4.5.	Respon Tegangan Dengan Cg 0,009 $\mu\text{F}$ (a) Respon Tegangan Dengan Cg 0,09 $\mu\text{F}$ (b) Respon Tegangan Dengan Cg 0,9 $\mu\text{F}$ (c) Respon Tegangan Dengan Cg 9 $\mu\text{F}$ (d) Pada Fasa A .....	73
Gambar 4.6.	Respon Tegangan Dengan Cg 0,009 $\mu\text{F}$ (a) Respon Tegangan Dengan Cg 0,09 $\mu\text{F}$ (b) Respon Tegangan Dengan Cg 0,9 $\mu\text{F}$ (c) Respon Tegangan Dengan Cg 9 $\mu\text{F}$ (d) Pada Fasa B .....	74
Gambar 4.7.	Respon tegangan dengan Cg 0,009 $\mu\text{F}$ (a) Respon tegangan dengan Cg 0,09 $\mu\text{F}$ (b) Respon tegangan dengan Cg 0,9 $\mu\text{F}$ (c) Respon tegangan dengan Cg 9 $\mu\text{F}$ (d) pada fasa C.....	76
Gambar 4.8.	Respon Arus Dengan Cg 0,009 $\mu\text{F}$ (a) Respon Arus Dengan Cg 0,09 $\mu\text{F}$ (b) Respon Arus Dengan Cg 0,9 $\mu\text{F}$ (c) Respon Arus Dengan Cg 9 $\mu\text{F}$ (d) Pada Fasa A .....	77

Gambar 4.9. Respon Arus Dengan Cg 0,009 $\mu\text{F}$ (a) Respon Arus Dengan Cg 0,09 $\mu\text{F}$ (b) Respon Arus Dengan Cg 0,9 $\mu\text{F}$ (c) Respon Arus Dengan Cg 9 $\mu\text{F}$ (d) Pada Fasa B .....	79
Gambar 4.10. Respon Arus Dengan Cg 0,009 $\mu\text{F}$ (a) Respon Arus Dengan Cg 0,09 $\mu\text{F}$ (b) Respon Arus Dengan Cg 0,9 $\mu\text{F}$ (c) Respon Arus Dengan Cg 9 $\mu\text{F}$ (d) Pada Fasa C .....	80
Gambar 4.11. Hasil Simulasi Jarak Saluran Transmisi 25% Terhadap <i>over Voltage</i> .....	84
Gambar 4.12. Hasil Simulasi Jarak Saluran Transmisi 50% Terhadap <i>overVoltage</i> .....	85
Gambar 4.13. Hasil Simulasi Jarak Saluran Transmisi 75% Terhadap <i>overVoltage</i> .....	85
Gambar 4.14. Hasil Simulasi Jarak Saluran Transmisi 100% Terhadap <i>overVoltage</i> .....	86
Gambar 4.15. Hasil Simulasi Jarak Saluran 25% Terhadap <i>overcurrent</i> .....	86
Gambar 4.16. Hasil Simulasi Jarak Saluran 50% Terhadap <i>overcurrent</i> .....	87
Gambar 4.17. Hasil Simulasi Jarak Saluran 75% Terhadap <i>overcurrent</i> .....	87
Gambar 4.18. Hasil Simulasi Jarak 100% Terhadap <i>overcurrent</i> .....	88
Gambar 4.19. Rangkaian Pemodelan Ferroresonansi Transformator Tiga Fasa ...	89
Gambar 4.20. Kurva Magnetisasi Pada Fasa A dan Fasa C .....	89
Gambar 4.21. Kurva Magnetisasi Pada Fasa B .....	90
Gambar 4.22. Rangkaian Pemodelan Mitigasi Ferroresonansi Dengan Pemasangan Resistor .....	91
Gambar 4.23. Hasil Mitigasi Respon Tegangan Fasa a (a), Respon Tegangan Fasa b (b), Respon Tegangan Fasa c (c) .....	92
Gambar 4.24. Hasil Mitigasi Respon Tegangan Fasa a (a), Respon Tegangan Fasa b (b), Respon Tegangan Fasa c (c) .....	93
Gambar 4.25. Hasil Mitigasi Respon Tegangan Fasa a (a), Respon Tegangan Fasa b (b), Respon Tegangan Fasa c (c) .....	94
Gambar 4.26. Hasil Mitigasi Respon Tegangan Fasa a (a), Respon Tegangan Fasa b (b), Respon Tegangan Fasa c (c) .....	95

Gambar 4.27. Tabel Data LCC Pada ATPDraw .....	96
Gambar 4.28. Bentuk Gelombang Respon Tegangan .....	97
Gambar 4.29. Data Tabel LCC Pada ATPDraw .....	97
Gambar 4.30. Bentuk Gelombang Respon Tegangan .....	98
Gambar 4.31. Data Tabel LCC Pada ATPDraw .....	99
Gambar 4.32. Bentuk Gelombang Respon Tegangan .....	100