



ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

λ	<i>Eigen value</i> digunakan untuk menganalisis stabilitas sistem
σ	<i>Damping ratio</i> untuk menunjukkan tingkat redaman dari <i>mode</i> osilasi
ω	Frekuensi osilasi (rad/s), bagian imajiner dari <i>eigen value</i>
s	Variabel kompleks dalam <i>domain Laplace</i>
x	Vektor keadaan (<i>state vector</i>)
u	Vektor input (<i>input vector</i>)
Δx	Deviasi vektor keadaan dari titik operasi
Δu	Deviasi vektor input dari titik operasi
A	Matriks sistem (<i>state matrix</i>), hasil linearisasi dari <i>model</i> sistem tenaga
B	Matriks <i>input</i> , menunjukkan pengaruh <i>input</i> terhadap dinamika sistem
C	Nilai kapasitansi (<i>farad</i>)
i	Arus listrik (<i>ampere</i>)
v	Tegangan listrik (<i>volt</i>)
X_L	Reaktansi induktif saluran transmisi (<i>ohm</i>)
X_C	Reaktansi kapasitif dari kapasitor seri (<i>ohm</i>)
X_{eq}	Reaktansi total ekivalen saluran setelah kompensasi
P_{max}	Daya aktif maksimum yang dapat ditransfer oleh saluran transmisi
V_s	Tegangan sisi pengirim (<i>sending end voltage</i>)
V_r	Tegangan sisi penerima (<i>receiving end voltage</i>)
δ	Sudut fasa antara tegangan sisi pengirim dan penerima
f	Frekuensi sistem (Hz)
ζ	Rasio redaman
θ	Sudut rotor mesin sinkron (derajat atau radian)
Δf	Deviasi frekuensi dari nilai nominal
ΔV	Deviasi tegangan dari nilai nominal
φ	Sudut antara arus dan tegangan (<i>power factor angle</i>)
AC	<i>Alternating Current</i>



AGC	<i>Automatic Generation Control</i>
AVR	<i>Automatic Voltage Regulator</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DMT	Data Mampu Terpasang
DMP	Data Mampu Pasok
DMN	Data Mampu Netto
FACTS	<i>Flexible AC Transmission System</i>
GA	<i>Genetic Algorithm</i>
GI	Gardu Induk
GITET	Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi
HVAC	<i>High Voltage Alternating Current</i>
HVDC	<i>High Voltage Direct Current</i>
IBT	<i>Inter Bus Transformer</i>
LCC	<i>Line Commutated Converter</i>
LDC	<i>Load Duration Curve</i>
LFO	<i>Low Frequency Oscillation</i>
MVA	<i>Mega Volt Ampere</i>
MW	<i>Mega Watt</i>
MVar	<i>Mega Volt Ampere Reactive</i>
PHT	Penghantar/Transmisi
PID	<i>Proportional Integral Derivative</i>
PLTMG	Pembangkit Listrik Tenaga Minyak dan Gas
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PSS	<i>Power System Stabilizer</i>
Q	Daya Reaktif
R	Hambatan (<i>Resistance</i>)
S	Daya Semu (<i>Apparent Power</i>)
SDGs	<i>Sustainable Development Goals</i>
SVC	<i>Static VAR Compensator</i>
TSC	<i>Thyristor Switched Capacitor</i>
TCR	<i>Thyristor Controlled Reactor</i>



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Pengendalian Redaman Osilasi Elektromekanik Pada Sistem Tenaga Wilayah Aceh

Farid Choirul Akbar, Husni Rois Ali, S.T., M.Eng., Ph.D., DIC., SMIEEE.; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng, Ph.D.

Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

V	Tegangan (<i>Voltage</i>)
VSC	<i>Voltage Source Converter</i>
Z	Impedansi (<i>Impedance</i>)



DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
ABSTRACT.....	ix
INTISARI.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BABI PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan masalah.....	4
1.3 Batasan Penelitian.....	5
1.4 Keaslian penelitian.....	5
1.5 Tujuan Penelitian	7
1.6 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Tinjauan Pustaka	9
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Stabilitas Sistem Tenaga Listrik.....	10
2.2.2 Metode Peningkatan Stabilitas Sistem Tenaga.....	19
2.3 Hipotesis	26
BAB III METODOLOGI.....	28
3.1 Alat dan Bahan.....	28
3.1.1 Alat.....	28
3.1.2 Bahan.....	28
3.2 Alur Penelitian	29
3.3 Pemodelan Sistem Kelistrikan Aceh.....	30
3.4 Gangguan Sistem Aceh.....	39
3.5 Analisis Data.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Pembatasan Transfer Pada Jalur 150 kV dan 275 kV	44
4.1.1 Gangguan pada PHT 150 kV.....	47
4.1.2 Gangguan pada PHT 275 kV	49
4.2 Rekonfigurasi Jalur Transmisi menjadi Dua <i>Line</i> 275 kV.....	50
4.2.1 Gangguan pada Satu <i>Line</i> PHT 275 kV.....	53
4.3 Penambahan Kapasitor Seri	54
4.3.1 Gangguan pada PHT 150 kV	57
4.4 <i>Tuning</i> AVR dan PSS Eksisting	59
4.4.1 Gangguan pada PHT 150 kV	62



4.5	Penambahan SVC	63
4.5.1	Gangguan pada PHT 150 kV	66
4.6	Penambahan HVDC	68
4.6.1	Gangguan pada PHT 150 kV	69
4.7	Perbandingan Setiap Metode	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN.....		79
1.	Pembatasan Transfer pada Jalur 150 kV & 275 kV	79
2.	Rekonfigurasi Jalur Transmisi menjadi Dua <i>Line</i> 275 kV	91
3.	Kapasitor Seri	97
4.	<i>Tuning</i> AVR & PSS Eksisting.....	105
5.	SVC	108
6.	HVDC.....	117



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi <i>Power System Stability</i> [19].....	11
Gambar 2. 2 <i>Low Frequency Oscillation</i> (LFO).....	16
Gambar 2. 3 <i>Eigen Value Analysis</i>	18
Gambar 2. 4 Blok Diagram PSS dan AVR.....	20
Gambar 2. 5 Pemasangan Kapasitor Seri.....	22
Gambar 2. 6 Rangkaian SVC	24
Gambar 2. 7 Konfigurasi HVDC VSC.....	26
Gambar 3. 1 <i>Flow Chart</i> Penelitian	29
Gambar 3. 2 <i>Single Line Diagram</i> Sistem Kelistrikan Aceh	30
Gambar 3. 3 Respon Sistem Aceh pada tanggal 6 September 2024	40
Gambar 3. 4 Respon <i>Eigen Value</i> Sistem Aceh pada tanggal 6 September 2024 ..	40
Gambar 3. 5 <i>Mode Participant</i> Sistem Aceh pada tanggal 6 September 2024.....	41
Gambar 4. 1 Respon Kondisi Normal dengan Pembatasan Transfer	45
Gambar 4. 2 Respon Sistem Kondisi Gangguan PHT 150 kV	47
Gambar 4. 3 Respon Kondisi Gangguan PHT 275 kV	49
Gambar 4. 4 Respon Transfer Daya Nagan – Sigli Rekonfigurasi PHT 275kV ...	52
Gambar 4. 5 Respon Kondisi Gangguan Rekonfigurasi PHT 275kV.....	53
Gambar 4. 6 Respon Sistem Menggunakan Kapasitor Seri	55
Gambar 4. 7 Respon Gangguan 150 kV Ketika Menggunakan Kapasitor Seri ..	58
Gambar 4. 8 Respon Sistem dengan <i>Tuning</i> Kontrol PLTU	61
Gambar 4. 9 Respon Gangguan 150 kV dengan <i>Tuning</i> Kontrol PLTU.....	62
Gambar 4. 10 Respon Sistem dengan Penambahan SVC	64
Gambar 4. 11 Respon Gangguan 150 kV dengan Penambahan SVC	66
Gambar 4. 12 Respon Sistem dengan Penambahan HVDC.....	68
Gambar 4. 13 Respon Gangguan 275 kV dengan Penambahan HVDC	70
Gambar L- 1 <i>Eigen Value</i> Transfer 332 MW	79
Gambar L- 2 <i>Participation Mode</i> Transfer 332 MW.....	79
Gambar L- 3 <i>Eigen Value</i> Transfer 293 MW	80
Gambar L- 4 <i>Participation Mode</i> Transfer 293 MW	80
Gambar L- 5 <i>Eigen Value</i> Transfer 255 MW	81
Gambar L- 6 <i>Participation Mode</i> Transfer 255 MW	81
Gambar L- 7 <i>Eigen Value</i> Transfer 216 MW	82
Gambar L- 8 <i>Participation Mode</i> Transfer 216 MW	82
Gambar L- 9 <i>Eigen Value</i> Transfer 177 MW	83
Gambar L- 10 <i>Participation Mode</i> Transfer 177 MW	83
Gambar L- 11 <i>Eigen Value</i> Gangguan 150 kV Transfer 255 MW	84
Gambar L- 12 <i>Participation Mode</i> Gangguan 150 kV Transfer 255 MW.....	84
Gambar L- 13 <i>Eigen Value</i> Gangguan 150 kV Transfer 216 MW.....	85
Gambar L- 14 <i>Participation Mode</i> Gangguan 150 kV Transfer 255 MW.....	85
Gambar L- 15 <i>Eigen Value</i> Gangguan 150 kV Transfer 177 MW.....	86
Gambar L- 16 <i>Participation Mode</i> Gangguan 150 kV Transfer 177 MW.....	86
Gambar L- 17 <i>Eigen Value</i> Gangguan 275 kV Transfer 255 MW	87



Gambar L- 18 <i>Participation Mode</i> Gangguan 275 Transfer 255 MW	87
Gambar L- 19 <i>Eigen Value</i> Gangguan 275 kV Transfer 216 MW	88
Gambar L- 20 <i>Participation Mode</i> Gangguan 275 Transfer 216 MW	88
Gambar L- 21 <i>Eigen Value</i> Gangguan 275 kV Transfer 177 MW	89
Gambar L- 22 <i>Participation Mode</i> Gangguan 275 Transfer 177 MW	89
Gambar L- 23 <i>Eigen Value</i> Gangguan 275 kV Transfer 123 MW	90
Gambar L- 24 <i>Participation Mode</i> Gangguan 275 Transfer 123 MW	90
Gambar L- 25 <i>Eigen Value</i> Transfer 370 MW Rekonfigurasi PHT	91
Gambar L- 26 <i>Participation Mode</i> Transfer 370 MW Rekonfigurasi PHT	91
Gambar L- 27 <i>Eigen Value</i> Transfer 293 MW Rekonfigurasi PHT	92
Gambar L- 28 <i>Participation Mode</i> Transfer 293 MW Rekonfigurasi PHT	92
Gambar L- 29 <i>Eigen Value</i> Transfer 216 MW Rekonfigurasi PHT	93
Gambar L- 30 <i>Participation Mode</i> Transfer 216 MW Rekonfigurasi PHT	93
Gambar L- 31 <i>Eigen Value</i> Transfer 177 MW Rekonfigurasi PHT	94
Gambar L- 32 <i>Participation Mode</i> Transfer 177 MW Rekonfigurasi PHT	94
Gambar L- 33 <i>Eigen Value</i> Trf 216 MW Rekonfigurasi & Gangguan	95
Gambar L- 34 <i>Participation Mode</i> Trf 216 MW Rekonfigurasi & Gangguan	95
Gambar L- 35 <i>Eigen Value</i> Trf 177 MW Rekonfigurasi & Gangguan	96
Gambar L- 36 <i>Participation Mode</i> Trf 177 MW Rekonfigurasi & Gangguan	96
Gambar L- 37 <i>Eigen Value</i> Kapasitor Seri Reaktansi 5 Ohm	97
Gambar L- 38 <i>Participation Mode</i> Kapasitor Seri Reaktansi 5 Ohm	97
Gambar L- 39 <i>Eigen Value</i> Kapasitor Seri Reaktansi 10 Ohm	98
Gambar L- 40 <i>Participation Mode</i> Kapasitor Seri Reaktansi 10 Ohm	98
Gambar L- 41 <i>Eigen Value</i> Kapasitor Seri Reaktansi 15 Ohm	99
Gambar L- 42 <i>Participation Mode</i> Kapasitor Seri Reaktansi 15 Ohm	99
Gambar L- 43 <i>Eigen Value</i> Kapasitor Seri Reaktansi 20 Ohm	100
Gambar L- 44 <i>Participation Mode</i> Kapasitor Seri Reaktansi 20 Ohm	100
Gambar L- 45 <i>Eigen Value</i> Kapasitor Seri Reaktansi 25 Ohm	101
Gambar L- 46 <i>Participation Mode</i> Kapasitor Seri Reaktansi 25 Ohm	101
Gambar L- 47 <i>Eigen Value</i> Kapasitor Seri Reaktansi 30 Ohm	102
Gambar L- 48 <i>Participation Mode</i> Kapasitor Seri Reaktansi 30 Ohm	102
Gambar L- 49 <i>Eigen Value</i> Kapasitor Seri Reaktansi 20 Ohm	103
Gambar L- 50 <i>Participation Mode</i> Kapasitor Seri Reaktansi 20 Ohm	103
Gambar L- 51 <i>Eigen Value</i> Kapasitor Seri Reaktansi 25 Ohm	104
Gambar L- 52 <i>Participation Mode</i> Kapasitor Seri Reaktansi 25 Ohm	104
Gambar L- 53 <i>Model AVR_IVOEX</i>	105
Gambar L- 54 <i>Model PSS_IVOST</i>	105
Gambar L- 55 <i>Eigen Value Tuning</i> Kontrol PLTU	106
Gambar L- 56 <i>Participation Mode Tuning</i> Kontrol PLTU	106
Gambar L- 57 <i>Eigen Value Tuning</i> Kontrol PLTU & Ggn PHT 150 kV	107
Gambar L- 58 <i>Participation Mode Tuning</i> Kontrol PLTU & Ggn PHT 150 kV	107
Gambar L- 59 <i>Eigen Value</i> SVC 50 MVar	108
Gambar L- 60 <i>Participation Mode</i> SVC 50 MVar	108
Gambar L- 61 <i>Eigen Value</i> SVC 100 MVar	109
Gambar L- 62 <i>Participation Mode</i> SVC 100 MVar	109
Gambar L- 63 <i>Eigen Value</i> SVC 150 MVar	110



Gambar L- 64 <i>Participation Mode</i> SVC 150 MVar.....	110
Gambar L- 65 <i>Eigen Value</i> SVC 200 MVar.....	111
Gambar L- 66 <i>Participation Mode</i> SVC 200 MVar.....	111
Gambar L- 67 <i>Eigen Value</i> SVC 250 MVar.....	112
Gambar L- 68 <i>Participation Mode</i> SVC 250 MVar.....	112
Gambar L- 69 <i>Eigen Value</i> SVC 100 MVar & Gangguan PHT 150 kV.....	113
Gambar L- 70 <i>Participation Mode</i> SVC 100 MVar & Gangguan PHT 150 kV..	113
Gambar L- 71 <i>Eigen Value</i> SVC 150 MVar & Gangguan PHT 150 kV	114
Gambar L- 72 <i>Participation Mode</i> SVC 150 MVar & Gangguan PHT 150 kV..	114
Gambar L- 73 <i>Eigen Value</i> SVC 200 MVar & Gangguan PHT 150 kV	115
Gambar L- 74 <i>Participation Mode</i> SVC 200 MVar & Gangguan PHT 150 kV..	115
Gambar L- 75 <i>Eigen Value</i> SVC 250 MVar & Gangguan PHT 150 kV	116
Gambar L- 76 <i>Participation Mode</i> SVC 250 MVar & Gangguan PHT 150 kV..	116
Gambar L- 77 <i>Eigen Value</i> HVDC	117
Gambar L- 78 <i>Participation Mode</i> HVDC	117
Gambar L- 79 <i>Eigen Value</i> HVDC & Gangguan PHT 275 kV.....	118
Gambar L- 80 <i>Participation Mode</i> HVDC & Gangguan PHT 275 kV	118



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Trafo Daya dan <i>Load</i> pada sistem Aceh.....	31
Tabel 3. 2 IBT 275 kV pada Sistem Aceh	32
Tabel 3. 3 Transmisi pada Sistem Aceh	32
Tabel 3. 4 Kompensator pada Sistem Aceh.....	33
Tabel 3. 5 Pembangkit pada Sistem Aceh	34
Tabel 3. 6 <i>State</i> pada Generator, AVR, dan PSS PLTU Nagan Raya	35
Tabel 3. 7 Parameter <i>Model</i> Generator PLTU Nagan Raya	35
Tabel 3. 8 Parameter <i>Model</i> AVR <i>IEEE1</i> PLTU Nagan Raya #1,2.....	36
Tabel 3. 9 Parameter <i>Model</i> AVR <i>IVOEX</i> PLTU Nagan Raya #3,4.....	37
Tabel 3. 10 Parameter <i>Model</i> PSS <i>IVOST</i> PLTU Nagan Raya #3,4.....	37
Tabel 3. 11 Parameter <i>Model</i> Generator PLTMG Arun	38
Tabel 3. 12 Parameter <i>Model</i> Generator PLTMG Arun Ekspansi.....	39
Tabel 4. 1 Skenario Batasan Transfer.....	44
Tabel 4. 2 <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, <i>Damping Ratio</i>	46
Tabel 4. 3 <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, <i>Damping Ratio</i> Gangguan 150 kV	48
Tabel 4. 4 <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, <i>Damping Ratio</i> Gangguan 275 kV	50
Tabel 4. 5 Skenario Transfer Daya Rekonfigurasi Dua <i>Line</i> 275 kV.....	51
Tabel 4. 6 <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, dan <i>Damping Ratio</i> Rekonfigurasi 275 kV ...	51
Tabel 4. 7 <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, dan <i>Damping Ratio</i> Gangguan 275 kV	54
Tabel 4. 8 Variasi Reaktansi, <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, dan <i>Damping Ratio</i>	56
Tabel 4. 9 Variasi Reaktansi, <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, dan <i>Damping Ratio</i>	58
Tabel 4. 10 Konfigurasi Sistem Kontrol PLTU Nagan Raya	59
Tabel 4. 11 Parameter <i>AVR_IVOEX</i>	60
Tabel 4. 12 Parameter <i>PSS_IVOST</i>	60
Tabel 4. 13 <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, dan <i>Damping Ratio</i> Hasil <i>Tuning</i>	61
Tabel 4. 14 <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, dan <i>Damping</i> Hasil <i>Tuning</i>	63
Tabel 4. 15 Variasi kapasitas TCR (MVar).....	65
Tabel 4. 16 Variasi kapasitas TCR (MVar).....	67
Tabel 4. 17 <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, dan <i>Damping Ratio</i> HVDC	69
Tabel 4. 18 <i>Eigen Value</i> , Frekuensi, dan <i>Damping</i> HVDC.....	70
Tabel 4. 19 Perbandingan Metode Peningkatan Stabilitas Sistem Aceh.....	71