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

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

λ	*Eigen value* digunakan untuk menganalisis stabilitas sistem
σ	*Damping ratio* untuk menunjukkan tingkat redaman dari *mode* osilasi
ω	Frekuensi osilasi (rad/s), bagian imajiner dari *eigen value*
s	Variabel kompleks dalam *domain Laplace*
x	Vektor keadaan (*state vector*)
u	Vektor input (*input vector*)
Δx	Deviasi vektor keadaan dari titik operasi
Δu	Deviasi vektor input dari titik operasi
A	Matriks sistem (*state matrix*), hasil linearisasi dari *mode*l sistem tenaga
B	Matriks *input*, menunjukkan pengaruh *input* terhadap dinamika sistem
C	Nilai kapasitansi (*farad*)
i	Arus listrik (*ampere*)
v	Tegangan listrik (*volt*)
X_L	Reaktansi induktif saluran transmisi (*ohm*)
X_C	Reaktansi kapasitif dari kapasitor seri (*ohm*)
X_eq	Reaktansi total ekivalen saluran setelah kompensasi
P_max	Daya aktif maksimum yang dapat ditransfer oleh saluran transmisi
V_s	Tegangan sisi pengirim (*sending end voltage*)
V_r	Tegangan sisi penerima (*receiving end voltage*)
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 (*power factor angle*)
AC	*Alternating Current*

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

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

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

V	Tegangan (*Voltage*)
VSC	*Voltage Source Converter*
Z	Impedansi (*Impedance*)

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

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 *Line* 275 kV 50
4.2.1 Gangguan pada Satu *Line* PHT 275 kV 53
4.3 Penambahan Kapasitor Seri 54
4.3.1 Gangguan pada PHT 150 kV 57
4.4 *Tuning* AVR dan PSS Eksisting 59
4.4.1 Gangguan pada PHT 150 kV 62

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

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 *Line* 275 kV 91
3. Kapasitor Seri 97
4. *Tuning* AVR & PSS Eksisting 105
5. SVC 108
6. HVDC 117

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi *Power System Stability* [19] 11
Gambar 2. 2 *Low Frequency Oscillation* (LFO). 16
Gambar 2. 3 *Eigen Value Analysis* 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 *Flow Chart* Penelitian 29
Gambar 3. 2 *Single Line Diagram* Sistem Kelistrikan Aceh 30
Gambar 3. 3 Respon Sistem Aceh pada tanggal 6 September 2024 40
Gambar 3. 4 Respon *Eigen Value* Sistem Aceh pada tanggal 6 September 2024 . 40
Gambar 3. 5 *Mode Participant* 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 Kapasiotor Seri .. 58
Gambar 4. 8 Respon Sistem dengan *Tuning* Kontrol PLTU 61
Gambar 4. 9 Respon Gangguan 150 kV dengan *Tuning* 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 *Eigen Value* Transfer 332 MW 79
Gambar L- 2 *Participation Mode* Transfer 332 MW 79
Gambar L- 3 *Eigen Value* Transfer 293 MW 80
Gambar L- 4 *Participation Mode* Transfer 293 MW 80
Gambar L- 5 *Eigen Value* Transfer 255 MW 81
Gambar L- 6 *Participation Mode* Transfer 255 MW 81
Gambar L- 7 *Eigen Value* Transfer 216 MW 82
Gambar L- 8 *Participation Mode* Transfer 216 MW 82
Gambar L- 9 *Eigen Value* Transfer 177 MW 83
Gambar L- 10 *Participation Mode* Transfer 177 MW 83
Gambar L- 11 *Eigen Value* Gangguan 150 kV Transfer 255 MW 84
Gambar L- 12 *Participation Mode* Gangguan 150 kV Transfer 255 MW 84
Gambar L- 13 *Eigen Value* Gangguan 150 kV Transfer 216 MW 85
Gambar L- 14 *Participation Mode* Gangguan 150 kV Transfer 255 MW 85
Gambar L- 15 *Eigen Value* Gangguan 150 kV Transfer 177 MW 86
Gambar L- 16 *Participation Mode* Gangguan 150 kV Transfer 177 MW 86
Gambar L- 17 *Eigen Value* Gangguan 275 kV Transfer 255 MW 87

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

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

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

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

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

DAFTAR TABEL

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