UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Dampak Integrasi PLTB terhadap Stabilitas Sinyal Kecil
Made Abel Noelanza, Dr. Ir. Avrin Nur Widiastuti, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN Eng.; Ir. Roni Irnawan, , S.T., M.Sc., P
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
HALAMAN PERSEMBAHAN iv
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR SINGKATAN xvii
INTISARI xviii
ABSTRACT xix
BAB I Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori 6
2.1 Tinjauan Pustaka 6
2.2 Dasar Teori 9
2.2.1 Stabilitas Sistem Tenaga 9
2.2.2 Stabilitas Sinyal Kecil 11
2.2.3 Persamaan Ayunan 13
2.2.4 Representasi *State Space* 15
2.2.5 Linearisasi 15
2.2.6 Analisis Stabilitas 17
2.2.6.1 *Eigenvalue* dan Stabilitas 18
2.2.6.2 *Damping Ratio* 20
2.2.6.3 *Participation Factor* 21
2.2.7 Generator Sinkron 21
2.2.7.1 Variabel Fluks Subtransien pada Model Mesin Sinkron . 23
2.2.8 Perbandingan Prinsip Kerja Generator Sinkron, DFIG-WT, dan PMSG-WT 26
2.2.9 Dinamika DFIG-WT 28
2.2.9.1 Model Elektris Mesin Induksi 31

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Dampak Integrasi PLTB terhadap Stabilitas Sinyal Kecil
Made Abel Noelanza, Dr. Ir. Avrin Nur Widiastuti, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN Eng.; Ir. Roni Irnawan, , S.T., M.Sc., P
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.9.2 Persamaan Tegangan Rotor DFIG dan Kerangka Referensi Sinkron 32
2.2.9.3 Variabel Keadaan DFIG pada Analisis Modal 33
2.2.10 Dinamika PMSG-WT 34
2.2.10.1 *Static Generator* sebagai Antarmuka *Fully-Rated Converter* 38
2.2.10.2 Variabel Keadaan pada Analisis Modal 38
2.2.10.3 Dukungan Daya Reaktif dan Karakteristik *Grid Code* 38
2.2.11 Sistem Uji IEEE *Nine-Bus* 39
BAB III Metode Penelitian 41
3.1 Alat dan Bahan Penelitian 41
3.1.1 Alat Penelitian 41
3.1.2 Bahan Penelitian 41
3.2 Pemodelan Sistem *IEEE Nine Bus* 42
3.3 Pemodelan Integrasi PLTB 43
3.3.1 Pemodelan PLTB Berbasis DFIG-WT 43
3.3.2 Pemodelan PLTB Berbasis PMSG-WT 47
3.4 Skenario Penelitian 49
3.5 Alur Penelitian 52
3.6 Metode Peningkatan Beban 53
3.7 Metode Analisis Kestabilan Sinyal Kecil 55
3.8 Linearisasi Persamaan Model Komponen 56
3.8.1 Linearisasi Model Generator Sinkron 56
3.8.2 Linearisasi Model DFIG-WT 57
3.8.3 Linearisasi Model PMSG-WT 58
3.8.4 Pembentukan Matriks Sistem Gabungan 59
3.9 Klasifikasi Mode Osilasi 60
3.10 Metode Analisis Trajektori *Eigenvalue* 60
3.11 Metode Simulasi Domain Waktu (*RMS Simulation*) 61
3.11.1 Prinsip Simulasi RMS 61
3.11.2 Pengaturan Simulasi 62
3.11.3 Variabel yang Dipantau 63
3.11.4 Kriteria Interpretasi 63
3.12 Metode Perbandingan Hasil 64
BAB IV Hasil dan Pembahasan 65
4.1 Ilustrasi Pembuka: Validasi Respons terhadap Gangguan Kecil 65
4.2 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 1.1 67
4.2.1 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 1.1 67
4.2.2 Perhitungan Analitis Nilai Kestabilan pada Skenario 1.1 68

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Dampak Integrasi PLTB terhadap Stabilitas Sinyal Kecil
Made Abel Noelanza, Dr. Ir. Avrin Nur Widiastuti, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN Eng.; Ir. Roni Irnawan, , S.T., M.Sc., P
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.2.1 Pembentukan Matriks Persamaan Ayunan 68
4.2.2.2 Verifikasi Perhitungan *Eigenvalue* 69
4.2.2.3 Perhitungan *Damping Ratio* dan Frekuensi Osilasi 70
4.2.2.4 Analisis *Participation Factor* 70
4.2.3 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 1.1 70
4.3 Analisis SSS pada Skenario 1.2 dan 1.3 71
4.3.1 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 1.2 71
4.3.2 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 1.2 72
4.3.3 Perhitungan Analitis pada Skenario 1.2 74
4.3.4 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 1.2 74
4.3.5 Simulasi Domain Waktu pada Skenario 1.2 75
4.3.6 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 1.3 76
4.3.7 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 1.3 77
4.3.8 Perhitungan Analitis pada Skenario 1.3 79
4.3.9 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 1.3 79
4.3.10 Simulasi Domain Waktu pada Skenario 1.3 80
4.4 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 2 81
4.4.1 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 2.1 82
4.4.2 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 2.1 82
4.4.3 Perhitungan Analitis pada Skenario 2.1 83
4.4.4 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 2.1 83
4.4.5 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 2.2 84
4.4.6 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 2.2 84
4.4.7 Perhitungan Analitis pada Skenario 2.2 85
4.4.8 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 2.2 86
4.5 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 3 86
4.5.1 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 3.1 87
4.5.2 Perhitungan Analitis pada Skenario 3.1 88
4.5.3 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 3.1 88
4.5.4 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 3.2 89
4.5.5 Perhitungan Analitis pada Skenario 3.2 90
4.5.6 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 3.2 91
4.6 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 4 92
4.6.1 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 4.1 92
4.6.2 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 4.1 92
4.6.3 Perhitungan Analitis pada Skenario 4.1 94
4.6.4 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 4.1 94
4.6.5 Simulasi Domain Waktu pada Skenario 4.1 95
4.6.6 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 4.2 96

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Dampak Integrasi PLTB terhadap Stabilitas Sinyal Kecil
Made Abel Noelanza, Dr. Ir. Avrin Nur Widiastuti, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN Eng.; Ir. Roni Irnawan, , S.T., M.Sc., P
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.6.7 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 4.2 97
4.6.8 Perhitungan Analitis pada Skenario 4.2 99
4.6.9 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 4.2 99
4.6.10 Simulasi Domain Waktu pada Skenario 4.2 101
4.7 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 5 102
4.7.1 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 5.1 102
4.7.2 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 5.1 102
4.7.3 Perhitungan Analitis pada Skenario 5.1 105
4.7.4 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 5.1 105
4.7.5 Simulasi Domain Waktu pada Skenario 5.1 106
4.7.6 Analisis *Small Signal Stability* pada Skenario 5.2 108
4.7.7 Analisis *Eigenvalue* dan *Damping Ratio* pada Skenario 5.2 108
4.7.8 Perhitungan Analitis pada Skenario 5.2 110
4.7.9 Analisis *Participation Factor* pada Skenario 5.2 111
4.7.10 Simulasi Domain Waktu pada Skenario 5.2 112
4.8 Analisis Mode Osilasi dan Perbandingan Antar Skenario 114
4.8.1 Klasifikasi dan Perbandingan Mode Osilasi Antar Skenario 114
4.8.2 Tren Pergeseran *Eigenvalue* terhadap Kenaikan Beban 116
4.8.3 Pengaruh Integrasi PLTB terhadap Margin Kestabilan Beban 117
4.9 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu 118
BAB V Kesimpulan dan Saran 122
5.1 Kesimpulan 122
5.2 Saran 123
DAFTAR PUSTAKA 124
LAMPIRAN L-1
L.1 Data *Eigenvalue* Skenario 1 ..... L-1
L.2 Data *Participation Factor* Skenario 1 ..... L-1
L.3 Data *Eigenvalue* Skenario 1.2 ..... L-2
L.4 Data *Participation Factor* Skenario 1.2 ..... L-2
L.5 Data *Eigenvalue* Skenario 1.3 ..... L-3
L.6 Data *Participation Factor* Skenario 1.3 ..... L-4
L.7 Data *Eigenvalue* Skenario 2.1 ..... L-4
L.8 Data *Participation Factor* Skenario 2.1 ..... L-5
L.9 Data *Eigenvalue* Skenario 2.2 ..... L-7
L.10 Data *Participation Factor* Skenario 2.2 ..... L-8
L.11 Data *Eigenvalue* Skenario 2.3 ..... L-10
L.12 Data *Eigenvalue* Skenario 3.1 ..... L-11
L.13 Data *Participation Factor* Skenario 3.1 ..... L-12
L.14 Data *Eigenvalue* Skenario 3.2 ..... L-12

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Dampak Integrasi PLTB terhadap Stabilitas Sinyal Kecil
Made Abel Noelanza, Dr. Ir. Avrin Nur Widiastuti, S.T., M. Eng., IPM., ASEAN Eng.; Ir. Roni Irnawan, , S.T., M.Sc., P
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

L.15 Data *Participation Factor* Skenario 3.2 ..... L-13
L.16 Data *Eigenvalue* Skenario 4.1 ..... L-14
L.17 Data *Participation Factor* Skenario 4.1 ..... L-15
L.18 Data *Eigenvalue* Skenario 4.2 ..... L-17
L.19 Data *Participation Factor* Skenario 4.2 ..... L-18
L.20 Data *Eigenvalue* Skenario 5.1 ..... L-19
L.21 Data *Participation Factor* Skenario 5.1 ..... L-20
L.22 Data *Eigenvalue* Skenario 5.2 ..... L-21
L.23 Data *Participation Factor* Skenario 5.2 ..... L-21