Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
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 xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR SINGKATAN xvii
INTISARI xviii
ABSTRACT xix
BAB I Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
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 8
2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik 8
2.2.2 Analisis Aliran Daya 9
2.2.2.1 Metode Newton–Raphson 10
2.2.3 Impedansi Ekuivalen 11
2.2.3.1 Impedansi Sumber 12
2.2.3.2 Impedansi Transformator 13
2.2.3.3 Impedansi Saluran 14
2.2.4 Impedansi Gangguan 15
2.2.5 Gangguan Hubung Singkat Simetris 15
2.2.5.1 Gangguan Simetris Tiga Phasa 16
2.2.6 Gangguan Hubung Singkat Asimetris 17
2.2.6.1 Analisis Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah 18
2.2.6.2 Gangguan Asimetris Double Line-to-Ground 20
2.2.7 Sistem Pentanahan Netral 22
2.2.7.1 Sistem Netral Tidak Diketanahkan (*Ungrounded System*) 22
2.2.7.2 Pentanahan Netral Langsung (*Solid Grounding*) 22

Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.7.3 Pentanahan Titik Netral dengan Tahanan (*Resistance Grounding*) 23
2.2.8 Current Transformer dan Potential Transformer 24
2.2.9 Relay Proteksi 24
2.2.10 Directional Overcurrent Relay 24
2.2.11 Pickup Current dan Time Multiplier Setting 25
2.2.12 Koordinasi Sistem Proteksi 26
2.2.13 Kurva IDMT 26
2.2.14 Algoritma *Particle Swarm Optimization* 27
2.2.15 Distributed Generation dan Inverter-Based Distributed Generation 29
2.2.16 Pengaruh *Distributed Generation* pada Proteksi Jaringan Distribusi 29
2.2.16.1 Aliran Daya Dua Arah (*Bidirectional Power Flow*) 29
2.2.16.2 Kapasitas Arus Hubung Singkat 30
2.2.16.3 *Sympathetic Tripping* 30
2.2.16.4 *Protection Blinding* (*Underreach* dan *Overreach*) 33
2.2.16.5 Kehilangan Sumber Utama (*Loss of Mains*) 34
2.2.17 Skema *Interlocking* dan *Blocking* pada Sistem Proteksi 35
2.2.17.1 Konsep *Zone Selective Interlocking* (ZSI) 35
2.2.17.2 Logika *Tripping* dan *Blocking* 35
BAB III Metode Penelitian 37
3.1 Alat dan Bahan Tugas akhir 37
3.1.1 Alat Tugas akhir 37
3.1.2 Bahan Tugas akhir 37
3.1.3 Single Line Diagram IEEE 9 Canadian Urban Benchmark 38
3.1.4 Kapasitas dan Parameter Power Grid dan Trafo Distribusi 38
3.1.5 Data Penghantar pada Penyulang 39
3.1.6 Parameter Beban 39
3.1.7 Kapasitas PV 40
3.1.8 Parameter Algoritma PSO (Particle Swarm Optimization) 41
3.1.9 Pasangan *Primary Relay* dan *Backup Relay* Kondisi Baseline 42
3.1.10 Pasangan *Primary Relay* dan *Backup Relay* Kondisi Penetrasi IB-DG 43
3.2 Metode yang Digunakan 44
3.3 Alur Tugas Akhir 44
3.3.1 Alur Penelitian 44
3.3.2 Perhitungan TMS Manual 47
3.3.3 Pseudocode Algoritma PSO 48
BAB IV Hasil dan Pembahasan 52
4.1 Kondisi Baseline 52

Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.1.1 Analisis Aliran Daya Kondisi Baseline 52
4.1.2 Pengujian Arus Hubung Singkat 3 Phase 53
4.1.3 Pengujian Arus Hubung Singkat *Single Line to Ground* 55
4.1.4 Setting CT dan *Pickup Relay* OCR dan GFR 57
4.1.5 Setting Nilai TMS Menggunakan Perhitungan Manual 58
4.1.6 Pengujian Koordinasi Perhitungan Manual 59
4.1.7 Setting TMS OCR dan GFR Menggunakan Algoritma PSO 61
4.1.7.1 Hasil Optimasi TMS OCR *Phase* 62
4.1.7.2 Hasil Optimasi TMS GFR 63
4.1.8 Evaluasi Pengujian Optimasi Koordinasi Relai Baseline 64
4.1.8.1 Pengujian Koordinasi Optimasi Relay Terhadap Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Phasa 66
4.1.8.2 Pengujian Optimasi Koordinasi Relay Terhadap Arus Gangguan Hubung Singkat Single Line to Ground 68
4.1.9 Perbandingan Total Operating Time Perhitungan Manual 72
4.2 Kondisi Pasca Penetrasi PV 74
4.2.1 Analisis Aliran Daya Kondisi Pasca Penetrasi PV 74
4.2.2 Pengujian Arus Hubung Singkat 3 Phase Pasca Penetrasi PV 75
4.2.3 Pengujian Arus Hubung Singkat *Single Line to Ground* Pasca Penetrasi PV 77
4.2.4 Uji Anomali Koordinasi Proteksi Pasca Penetrasi PV 78
4.2.4.1 Pengujian Gangguan Arus Hubung Singkat 3 Phase 78
4.2.4.2 Pengujian Gangguan Single Line to Ground 80
4.2.5 Resetting Perangkat Proteksi 83
4.2.5.1 Setting Relay DOCR dan DGFR serta *Setting Pickup* .. 83
4.2.6 Setting TMS Relay Menggunakan Algoritma PSO 84
4.2.6.1 Hasil Optimasi TMS DOCR *Phase* 84
4.2.6.2 Hasil Optimasi TMS DGFR Relay 85
4.2.7 Evaluasi Koordinasi Resetting Pasca Penetrasi PV 86
4.2.7.1 Pengujian Koordinasi Relay Setelah Resetting Terhadap Gangguan Hubung Singkat 3 Phasa Pasca Penetrasi PV 90
4.2.7.2 Pengujian Koordinasi Relay setelah Resetting terhadap gangguan hubung singkat *single line to ground* pasca penetrasi PV 94
4.2.7.3 Skema *Interlocking* dan *Blocking* untuk Mitigasi *Sympathetic Tripping* Pada Lokasi Gangguan F4 dan F8 100
4.2.7.4 Penambahan Relai *Differential* untuk Proteksi Jaringan PV pada *Feeder* 1 dan *Feeder* 2 104

Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.8 Evaluasi Koordinasi *Resetting* Proteksi Tanpa PV 107
4.2.8.1 Pengujian Koordinasi Relay Setelah *Resetting* Terhadap Gangguan Hubung Singkat 3 Phase Tanpa Penetrasi PV 108
4.2.8.2 Pengujian Koordinasi Relay Setelah *Resetting* terhadap Gangguan Hubung Singkat *Single Line to Ground* Tanpa Penetrasi PV 110
BAB V Kesimpulan dan Saran 113
5.1 Kesimpulan 113
5.2 Saran 114
DAFTAR PUSTAKA 115
LAMPIRAN L-1
L.1 Hasil Optimasi Parameter PSO OCR *Phase* Kondisi baseline L-1
L.2 Hasil Optimasi Parameter PSO GFR Kondisi baseline L-2
L.3 Hasil Simulasi Gangguan Tiga Fasa Kondisi Baseline L-3
L.4 Hasil Simulasi Pengujian Deteksi Anomali Koordinasi Proteksi SLG Pasca Penetrasi PV L-4
L.5 Hasil Optimasi Parameter PSO OCR *Phase* Kondisi Pasca Penetrasi PV .. L-5
L.6 Hasil Optimasi Parameter PSO GFR Kondisi Pasca Penetrasi PV L-6
L.7 Hasil Simulasi Gangguan Tiga Fasa Kondisi Penetrasi PV L-7
L.8 Hasil Simulasi Gangguan Satu Fasa ke Tanah Kondisi Penetrasi PV L-8
L.9 Lampiran *Load Flow* Kondisi Baseline L-9
L.10 Lampiran *Load Flow* Kondisi Pasca Penetrasi PV L-11
L.11 Lampiran Ringkasan Gangguan Kondisi Baseline L-13
L.12 Lampiran Ringkasan Gangguan Kondisi Pasca Penetrasi PV L-16

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi Microgrid Tegangan Menengah
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Kurva IDMT (IEC 60255) 27

Tabel 3.1 Data Parameter *Power Grid* 38
Tabel 3.2 Parameter Transformator T1, T2, dan T3 39
Tabel 3.3 Data Parameter Penyulang (Kabel) 39
Tabel 3.4 Parameter *Lumped Load* (Lump2) 40
Tabel 3.5 Spesifikasi Sistem PV (*Proposed DG System*) 41
Tabel 3.6 Parameter Algoritma PSO untuk Pengaturan TMS OCR dan GFR Relay 42
Tabel 3.7 Pasangan *primary relay* dan *backup relay* kondisi baseline 42
Tabel 3.8 Pasangan *primary relay* dan *backup relay* kondisi penetrasi IBDG ... 43

Tabel 4.1 Load flow analysis pada bus kondisi baseline 52
Tabel 4.2 Parameter Relay 57
Tabel 4.3 Hasil setting TMS OCR menggunakan perhitungan manual 58
Tabel 4.4 Koordinasi Relay OCR Hasil Perhitungan Manual pada Gangguan LLL 61
Tabel 4.5 Hasil TMS PSO OCR *phase* Kondisi *Kondisi baseline* 63
Tabel 4.6 Hasil TMS PSO GFR (OCR *ground*) Kondisi *Kondisi baseline* 64
Tabel 4.7 Ringkasan koordinasi OCR pada gangguan hubung singkat tiga phasa kondisi baseline 67
Tabel 4.8 Pengujian Relay GFR terhadap gangguan SLG kondisi baseline 69
Tabel 4.9 Pengujian Relay OCR *Phase* terhadap gangguan SLG kondisi baseline 70
Tabel 4.10 Load flow analysis pada bus kondisi pasca penetrasi 74
Tabel 4.11 Ringkasan koordinasi OCR pada gangguan hubung singkat tiga phasa kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline 79
Tabel 4.12 Pengujian Relay GFR (*Ground Fault Relay*) pada gangguan SLG kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline 80
Tabel 4.13 Pengujian Relay OCR fasa pada gangguan SLG kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline 81
Tabel 4.14 Parameter relai direksional pasca penetrasi PV 83
Tabel 4.15 Hasil TMS PSO DOCR *phase* Pasca Penetrasi PV 84
Tabel 4.16 Hasil TMS PSO DGFR Dengan IBDG 86
Tabel 4.17 Pengujian Relay OCR (*Phase*) pada gangguan tiga fasa setelah *resetting* pasca penetrasi PV 91
Tabel 4.18 Pengujian Relay GFR (*Ground Fault Relay*) pada gangguan SLG setelah *resetting* pasca penetrasi PV 95
Tabel 4.19 Pengujian Relay OCR (*Overcurrent Relay Phase*) pada gangguan SLG setelah *resetting* pasca penetrasi PV 98
Tabel 4.20 Parameter relai tambahan untuk skema *Interlocking* dan *Blocking* ... 101
Tabel 4.21 Koordinasi relai OCR terhadap gangguan 3 phase pada gangguan F4 dan F8 dengan skema *Interlock Blocking Logic Relay* 103
Tabel 4.22 Koordinasi relai GFR terhadap gangguan SLG pada gangguan F4 dan F8 dengan skema *Interlock Blocking Logic Relay* 104

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah**
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.23 Koordinasi relai OCR terhadap gangguan SLG pada gangguan F4 dan F8 dengan skema *Interlock Blocking Logic Relay* 104
Tabel 4.24 Setting relai *differential* pada transformator *step-up* PV 105
Tabel 4.25 Hasil Pengujian Koordinasi Relai *Differential* pada Gangguan 3-Phase 106
Tabel 4.26 Hasil Pengujian Relay Koordinasi Relai *Differential* pada Gangguan SLG 107
Tabel 4.27 Data Pengujian Relay DOCR Setelah Resetting pada Gangguan 3-Phase Symmetrical Tanpa Penetrasi PV 109
Tabel 4.28 Data Pengujian Relay DGFR Setelah Resetting pada Gangguan Line-to-Ground Tanpa Penetrasi PV 110
Tabel 4.29 Data Pengujian Relay DOCR (*Phase*) Setelah Resetting pada Gangguan Line-to-Ground Tanpa Penetrasi PV 112

Tabel L.1 Hasil optimasi *setting* TMS OCR *phase* menggunakan algoritma PSO Kondisi baseline L-1
Tabel L.2 Hasil optimasi *setting* TMS GFR (OCR *ground*) menggunakan algoritma PSO Kondisi baseline L-2
Tabel L.3 Hasil optimasi *setting* TMS OCR *phase* menggunakan algoritma PSO Kondisi Pasca Pentrasi PV L-5
Tabel L.4 Hasil optimasi *setting* TMS GFR (OCR *ground*) menggunakan algoritma PSO Mode 2 ..... L-6

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi Microgrid Tegangan Menengah
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem pendistribusian tenaga listrik [1] 9
Gambar 2.2 Gangguan simetris tiga phasa 16
Gambar 2.3 Komponen simetris urutan positif, negatif, dan nol [2] 18
Gambar 2.4 Rangkaian ekuivalen urutan untuk gangguan *single line-to-ground* 19
Gambar 2.5 Representasi gangguan asimetris *double line-to-ground* 21
Gambar 2.6 Sistem *solid grounding* [1] 23
Gambar 2.7 Pengaruh penempatan DG terhadap arus gangguan pada jaringan distribusi radial [3] 31
Gambar 2.8 Jaringan distribusi paralel yang terhubung dengan DG [4] 32
Gambar 2.9 (a) *Underreach relay*; (b) *Overreach relay* [5] 34
Gambar 3.1 Konfigurasi Sistem Jaringan Microgrid IEEE 9 Bus 38
Gambar 3.2 Flowchart Alur Tugas Akhir 45
Gambar 3.3 Alur perhitungan manual TMS relai OCR pada jaringan radial ... 47
Gambar 4.1 Hasil Simulasi Aliran Daya Konfigurasi Kondisi baseline 53
Gambar 4.2 Pengujian arus hubung singkat 3 phase kondisi baseline pada setiap lokasi gangguan 54
Gambar 4.3 Arus hubung singkat LLL pada kondisi baseline 55
Gambar 4.4 Pengujian arus hubung singkat SLG kondisi baseline pada setiap lokasi gangguan 55
Gambar 4.5 Arus hubung singkat SLG pada kondisi baseline 56
Gambar 4.7 Kurva koordinasi relai OCR feeder 1 kondisi baseline 65
Gambar 4.8 Kurva koordinasi relai OCR feeder 2 kondisi baseline 65
Gambar 4.9 Kurva koordinasi relai GFR feeder 1 kondisi baseline 66
Gambar 4.10 Kurva koordinasi relai GFR feeder 2 kondisi baseline 66
Gambar 4.11 Koordinasi proteksi OCR terhadap gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F1 kondisi baseline 68
Gambar 4.12 Koordinasi proteksi OCR terhadap gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F4 kondisi baseline 68
Gambar 4.13 Kurva respons *ground fault relay* terhadap gangguan SLG pada lokasi gangguan F1 kondisi baseline 71
Gambar 4.14 Kurva respons *ground fault relay* terhadap gangguan SLG pada lokasi gangguan F4 kondisi baseline 71
Gambar 4.15 Kurva respons *overcurrent relay* terhadap gangguan SLG pada lokasi gangguan F1 kondisi baseline 72
Gambar 4.16 Kurva respons *overcurrent relay* terhadap gangguan SLG pada lokasi gangguan F4 kondisi baseline 72
Gambar 4.17 Perbandingan *total operating time* hasil perhitungan manual pada pengujian gangguan hubung singkat tiga phasa 73
Gambar 4.18 Hasil Simulasi Aliran Daya Konfigurasi Penetrasi PV 75
Gambar 4.19 Gangguan 3 phasa kondisi Penetrasi PV 76
Gambar 4.20 Perbandingan arus hubung singkat LLL pada kondisi penetrasi PV 77
Gambar 4.21 Pengujian arus hubung singkat SLG kondisi penetrasi PV pada setiap lokasi gangguan 77
Gambar 4.22 Arus hubung singkat SLG pada kondisi penetrasi PV 78

Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.23 Kurva koordinasi relai OCR feeder 1 arah *forward* pasca penetrasi PV 87
Gambar 4.24 Kurva koordinasi relai OCR feeder 1 arah *reverse* pasca penetrasi PV 87
Gambar 4.25 Kurva koordinasi relai OCR feeder 2 arah *forward* pasca penetrasi PV 87
Gambar 4.26 Kurva koordinasi relai OCR feeder 2 arah *reverse* pasca penetrasi PV 87
Gambar 4.27 Kurva koordinasi relai GFR feeder 1 arah *forward* pasca penetrasi PV 89
Gambar 4.28 Kurva koordinasi relai GFR feeder 1 arah *reverse* pasca penetrasi PV 89
Gambar 4.29 Kurva koordinasi relai GFR feeder 2 arah *forward* pasca penetrasi PV 89
Gambar 4.30 Kurva koordinasi relai GFR feeder 2 arah *reverse* pasca penetrasi PV 89
Gambar 4.31 Kurva TCC respons OCR pada gangguan tiga fasa lokasi F2 pasca *resetting* 92
Gambar 4.32 Kurva TCC respons OCR pada gangguan tiga fasa lokasi F4 pasca *resetting* 92
Gambar 4.33 Kurva TCC respons OCR pada gangguan tiga fasa lokasi F5 pasca *resetting* 92
Gambar 4.34 Kurva TCC respons OCR pada gangguan tiga fasa lokasi F8 pasca *resetting* 92
Gambar 4.35 Kurva TCC respons GFR pada gangguan SLG lokasi F2 pasca *resetting* 96
Gambar 4.36 Kurva TCC respons GFR pada gangguan SLG lokasi F4 pasca *resetting* 96
Gambar 4.37 Kurva TCC respons GFR pada gangguan SLG lokasi F5 pasca *resetting* 97
Gambar 4.38 Kurva TCC respons GFR pada gangguan SLG lokasi F8 pasca *resetting* 97
Gambar 4.39 Kurva TCC respons OCR pada gangguan SLG lokasi F2 pasca *resetting* 99
Gambar 4.40 Kurva TCC respons OCR pada gangguan SLG lokasi F4 pasca *resetting* 99
Gambar 4.41 Kurva TCC respons OCR pada gangguan SLG lokasi F5 pasca *resetting* 99
Gambar 4.42 Kurva TCC respons OCR pada gangguan SLG lokasi F8 pasca *resetting* 99
Gambar 4.43 Posisi Relay OC16 dan OC17 pada skema *Interlock Blocking Logic Relay* 101
Gambar 4.44 Penambahan relai *differential* pada transformator *step-up* PV *Feeder* 1 dan *Feeder* 2 105
Gambar 4.45 Skema evaluasi *resetting* pasca PV tanpa kontribusi PV pada sistem 108
Gambar L.1 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F1 kondisi baseline L-3

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah**
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar L.2 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F2 kondisi baseline L-3
Gambar L.3 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F3 kondisi baseline L-3
Gambar L.4 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F4 kondisi baseline L-3
Gambar L.5 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F5 kondisi baseline L-3
Gambar L.6 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F6 kondisi baseline L-3
Gambar L.7 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F7 kondisi baseline L-3
Gambar L.8 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F8 kondisi baseline L-3
Gambar L.9 Uji anomali koordinasi proteksi gangguan LG pada lokasi F1 kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline..... L-4
Gambar L.10 Uji anomali koordinasi proteksi gangguan LG pada lokasi F2 kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline..... L-4
Gambar L.11 Uji anomali koordinasi proteksi gangguan LG pada lokasi F3 kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline..... L-4
Gambar L.12 Uji anomali koordinasi proteksi gangguan LG pada lokasi F4 kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline..... L-4
Gambar L.13 Uji anomali koordinasi proteksi gangguan LG pada lokasi F5 kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline..... L-4
Gambar L.14 Uji anomali koordinasi proteksi gangguan LG pada lokasi F6 kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline..... L-4
Gambar L.15 Uji anomali koordinasi proteksi gangguan LG pada lokasi F7 kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline..... L-4
Gambar L.16 Uji anomali koordinasi proteksi gangguan LG pada lokasi F8 kondisi penetrasi PV menggunakan setelan baseline..... L-4
Gambar L.17 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F1 kondisi penetrasi PV L-7
Gambar L.18 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F2 kondisi penetrasi PV L-7
Gambar L.19 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F3 kondisi penetrasi PV L-7
Gambar L.20 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F4 kondisi penetrasi PV L-7
Gambar L.21 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F5 kondisi penetrasi PV L-7
Gambar L.22 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F6 kondisi penetrasi PV L-7
Gambar L.23 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F7 kondisi penetrasi PV L-7
Gambar L.24 Hasil simulasi gangguan tiga fasa pada lokasi gangguan F8 kondisi penetrasi PV L-7
Gambar L.25 Hasil simulasi gangguan satu fasa ke tanah pada lokasi gangguan F1 kondisi penetrasi PV L-8

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Koordinasi Perangkat Proteksi Bidirectional Power Flow Pasca Penetrasi PV Pada Jaringan Distribusi
Microgrid Tegangan Menengah**
Faris Zulfan Firdaus, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T. ; Dr. Wijaya Yudha Atmaja, S.T., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar L.26 Hasil simulasi gangguan satu fasa ke tanah pada lokasi gangguan F2 kondisi penetrasi PV L-8
Gambar L.27 Hasil simulasi gangguan satu fasa ke tanah pada lokasi gangguan F3 kondisi penetrasi PV L-8
Gambar L.28 Hasil simulasi gangguan satu fasa ke tanah pada lokasi gangguan F4 kondisi penetrasi PV L-8
Gambar L.29 Hasil simulasi gangguan satu fasa ke tanah pada lokasi gangguan F5 kondisi penetrasi PV L-8
Gambar L.30 Hasil simulasi gangguan satu fasa ke tanah pada lokasi gangguan F6 kondisi penetrasi PV L-8
Gambar L.31 Hasil simulasi gangguan satu fasa ke tanah pada lokasi gangguan F7 kondisi penetrasi PV L-8
Gambar L.32 Hasil simulasi gangguan satu fasa ke tanah pada lokasi gangguan F8 kondisi penetrasi PV L-8