

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI..... | iii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iv |
| PRAKATA..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN..... | x |
| ABSTRAK..... | xii |
| <i>ABSTRACT</i> | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.5 Keaslian Penelitian..... | 5 |
| 1.6 Manfaat Penelitian | 6 |
| 1.7 Sistematika Penelitian..... | 7 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... | 9 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka..... | 9 |
| 2.2 Dasar Teori..... | 11 |
| 2.3 Pertanyaan Penelitian..... | 21 |
| 2.4 Hipotesis | 21 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 22 |
| 3.1 Alat Penelitian..... | 22 |
| 3.2 Bahan Penelitian | 22 |
| 3.3 Pengolahan Data Beban dan Jaringan..... | 22 |
| 3.4 Data Penelitian | 23 |
| 3.5 Pemodelan Jaringan | 41 |



Optimasi Kapasitas dan Lokasi Penetrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Sistem Tenaga Listrik 150 kV di Bali

Alam Hardik Dewantara, Prof. Ir. Sarjiya, S.T., M.T., Ph.D., IPU.; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

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

| | | |
|-----------------------------------|---|----|
| 3.6 | Pemodelan PVF | 42 |
| 3.7 | Optimasi Penetrasi PVF pada 150 kV Bali dengan PSO | 42 |
| 3.8 | Simulasi DigSilent dengan Phyton | 43 |
| 3.9 | Simulasi Penetrasi PSO pada Semua <i>Bus</i> | 43 |
| 3.10 | Hasil Optimasi PSO | 44 |
| 3.11 | Evaluasi Hasil Optimasi PVF dengan Strategi Curtailment | 44 |
| 3.12 | Alur Penelitian | 46 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 49 |
| 4.1 | Penetrasi PVF pada saat Beban Normal | 49 |
| 4.2 | Penetrasi PVF pada saat Hari Raya Nyepi..... | 57 |
| 4.3 | Penetrasi PVF pada saat Hari Raya Idul Fitri | 61 |
| 4.4 | Penetrasi PVF pada saat Musim Liburan di Bali | 69 |
| 4.5 | Evaluasi Strategi Penetrasi PVF dengan Skema Curtailment..... | 73 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 78 |
| 5.1 | Kesimpulan | 78 |
| 5.2 | Saran | 78 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 80 |
| LAMPIRAN..... | | 83 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Daftar bus, beban dan generator pada jaringan 150 kV Bali | 13 |
| Tabel 2.2. Standar PLN untuk Parameter Jaringan 150 kV | 15 |
| Tabel 4.1. Tiga data terbaik hasil optimasi PSO untuk skenario beban normal | 53 |
| Tabel 4.2. Lokasi dan kapasitas PVF optimal skenario beban normal data pertama..... | 54 |
| Tabel 4.3. Tiga data terbaik hasil optimasi PSO untuk skenario beban Nyepi..... | 57 |
| Tabel 4.4. Lokasi dan kapasitas PVF optimal skenario saat Nyepi | 60 |
| Tabel 4.5. Tiga data terbaik hasil optimasi PSO skenario Idul Fitri hari pertama..... | 61 |
| Tabel 4.6. Lokasi dan kapasitas PVF optimal skenario saat Idul Fitri hari pertama | 65 |
| Tabel 4.7. Tiga data terbaik hasil optimasi PSO skenario Idul Fitri hari kedua | 66 |
| Tabel 4.8. Lokasi dan kapasitas PVF optimal skenario saat Idul Fitri hari kedua..... | 69 |
| Tabel 4.9. Tiga data terbaik hasil optimasi PSO skenario saat musim liburan di Bali..... | 70 |
| Tabel 4.10. Lokasi dan kapasitas PVF optimal skenario saat musim liburan di Bali..... | 73 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. Peta kelistrikan Bali 2017 – 2028 | 11 |
| Gambar 3.1. Profil beban 150 kV Bali pada berbagai tanggal..... | 24 |
| Gambar 3.2. Kurva beban Bali pada 16 Januari 2024..... | 25 |
| Gambar 3.3. Tegangan bus sebelum Penetrasi PVF pada beban normal..... | 26 |
| Gambar 3.4. Kurva beban Bali pada 11 Maret 2024..... | 27 |
| Gambar 3.5. Output daya aktif 150 kV Bali saat Nyepi tanpa PVF | 27 |
| Gambar 3.6. Profil tegangan bus 150 kV Bali saat Nyepi tanpa PVF | 28 |
| Gambar 3.7. Kurva beban Bali pada 9 April 2024..... | 29 |
| Gambar 3.8. Kurva beban Bali pada 10 April 2024..... | 30 |
| Gambar 3.9. Output daya aktif 150 kV Bali saat Idul Fitri hari pertama tanpa PVF | 31 |
| Gambar 3.10. Profil Tegangan Bus 150 kV Bali saat Idul Fitri Hari Pertama tanpa PVF..... | 31 |
| Gambar 3. 11 Output daya aktif 150 kV Bali saat Idul Fitri hari kedua tanpa PVF | 33 |
| Gambar 3.12. Profil tegangan bus 150 kV Bali saat Idul Fitri hari kedua tanpa PVF | 33 |
| Gambar 3.13. Kurva beban Bali pada 15 Oktober 2024 | 35 |
| Gambar 3.14. Output daya aktif 150 kV Bali saat musim liburan di Bali tanpa PVF | 36 |
| Gambar 3.15. Profil tegangan bus 150 kV Bali saat musim liburan di Bali tanpa PVF | 36 |
| Gambar 3.16. Profil irradiance area Bali | 38 |
| Gambar 3.17. Diagram Alir Penelitian | 46 |
| Gambar 4.1. Pergerakan partikel PSO optimasi beban normal PVF satu bus | 50 |
| Gambar 4.2. Rata-rata tegangan setiap bus pada penetrasi PVF satu bus..... | 51 |
| Gambar 4.3. Rata-rata tegangan setiap bus pada penetrasi PVF dua bus | 52 |
| Gambar 4.4. Tegangan bus setelah penetrasi PVF semua bus..... | 55 |
| Gambar 4.5. Rata-rata tegangan setiap bus pada penetrasi PVF semua bus..... | 55 |
| Gambar 4.6. Profil tegangan bus 150 kV Bali saat Nyepi dengan PVF | 59 |
| Gambar 4.7. Output daya aktif 150 kV Bali saat Nyepi dengan PVF | 59 |
| Gambar 4. 8 Rata-rata tegangan bus saat Nyepi | 60 |
| Gambar 4.9. Profil tegangan bus 150 kV Bali saat Idul Fitri hari pertama dengan PVF | 63 |
| Gambar 4.10. Output daya aktif 150 kV Bali saat Idul Fitri hari pertama dengan PVF | 63 |
| Gambar 4.11. Rata-rata tegangan bus saat Idul Fitri hari pertama..... | 64 |
| Gambar 4.12. Profil tegangan bus 150 kV Bali saat Idul Fitri hari kedua dengan PVF | 67 |
| Gambar 4.13. Output daya aktif 150 kV Bali saat Idul Fitri hari kedua dengan PVF | 68 |
| Gambar 4.14. Rata-rata tegangan bus saat Idul Fitri hari kedua | 68 |
| Gambar 4.15. Profil tegangan bus 150 kV Bali saat musim liburan di Bali dengan PVF | 71 |
| Gambar 4.16. Output daya aktif 150 kV Bali saat musim liburan di Bali dengan PVF | 72 |
| Gambar 4.17. Rata-rata tegangan bus saat musim liburan di Bali | 72 |

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

| | |
|------------------|---|
| OCGT | : <i>Open Cycle Gas Turbines</i> |
| GDPP | : <i>Gas Diesel Power Plant</i> |
| PVF | : <i>utility-scale photovoltaic farms</i> |
| MW | : <i>Mega Watt</i> |
| DG | : <i>distributed generator</i> |
| kV | : <i>Kilo Volt</i> |
| PSO | : <i>Particle Swarm Optimization</i> |
| RUPTL | : Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik |
| PLN | : Perusahaan Listrik Negara |
| p.u. | : per unit |
| HV | : <i>High Voltage</i> |
| MV | : <i>Medium Voltage</i> |
| AC | : <i>Alternating Current</i> |
| DC | : <i>Direct Current</i> |
| PV | : <i>Photovoltaic</i> |
| SUTT | : Saluran Udara Tegangan Tinggi |
| ACSR | : <i>Aluminium Conductor Steel Reinforced</i> |
| GI | : Gardu Induk |
| GIS | : <i>Gas Insulated Substation</i> |
| PLTU | : Pembangkit Listrik Tenaga Uap |
| PLTD | : Pembangkit Listrik Tenaga Diesel |
| PLTDG | : Pembangkit Listrik Tenaga Gas |
| PLTDG | : Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gas |
| SPLN | : Standar Perusahaan Listrik Negara |
| NR | : Newton Raphson |
| S_i^t | : daya tampak pada waktu t dan bus i |
| P_i^t | : daya aktif pada waktu t dan bus i |
| Q_i^t | : daya reaktif pada waktu t dan bus i |
| V_i^t | : tegangan pada bus i pada waktu t |
| θ_i^t | : Sudut pada bus i pada waktu t |
| ΔP_i^t | : Delta pada daya aktif pada waktu t dan bus i |
| ΔQ_i^t | : Delta pada daya reaktif pada waktu t dan bus i |
| $\sigma_{V_i^t}$ | : Variance tegangan pada bus i pada waktu t |
| x_i | : posisi partikel dalam area pencarian dalam PSO |
| Loc_{ij} | : Lokasi partikel pada sumbu i dan j |
| Cap_{ij} | : Kapasitas partikel pada sumbu i dan j |
| $x_{best.i}$ | : posisi partikel terbaik dalam area pencarian dalam PSO |
| G_{best} | : posisi partikel terbaik global dalam area pencarian dalam PSO |
| c_1 | : parameter koefisien kognitif |
| c_2 | : parameter koefisien sosial |
| r_1 | : angka acak yang berkisar antara 0 hingga 1 dalam metode PSO |
| r_2 | : angka acak yang berkisar antara 0 hingga 1 dalam metode PSO |
| w | : inersia partikel dalam metode PSO |
| ρ | : Koefisien penalti dari optimasi |
| pf | : faktor daya |
| P_{it}^S | : daya aktif suplai dari generator / <i>external grid</i> pada waktu t di bus i |



| | |
|--------------------|--|
| P_{it} | : Beban aktif pada waktu t di bus i |
| P_{it}^{PV} | : daya aktif suplai dari PV pada waktu t di bus i |
| Q_{it}^S | : daya reaktif suplai dari generator / external grid pada waktu t di bus i |
| Q_{it}^D | : Beban reaktif pada waktu t di bus i |
| V_{it} | : Tegangan pada waktu t di bus i |
| p_{nt}^{gload} | : Daya output generator pada bus n dan waktu t |
| p_n^{gMAX} | : Daya output maksimal generator pada bus n |
| $p_t^{External}$ | : Daya aktif dari external grid pada waktu t |
| ρQ_{min} | : Reactive power penalty dari daya reaktif minimum yang terlanggar |
| ρQ_{max} | : Reactive power penalty dari daya reaktif maksimum yang terlanggar |
| ρP_{min} | : Active power penalty dari daya reaktif minimum yang terlanggar |
| ρP_{max} | : Active power penalty dari daya reaktif maksimum yang terlanggar |
| ρV_{over} | : Voltage penalty dari tegangan maksimum yang terlanggar |
| ρV_{under} | : Voltage penalty dari tegangan minimum yang terlanggar |
| $\rho P_{loading}$ | : Penalty dari daya output maksimum generator yang terlanggar |
| $\rho P_{reverse}$ | : Penalty dari daya aktif jaringan yang keluar ke external grid |
| SUTET | : Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi |
| WITA | : Waktu Indonesia Tengah |
| AMPRA | : GI Amlapura |
| ASARI | : GI Antosari |
| BNDRA | : GI Bandara |
| BTRTI | : GI Baturiti |
| CLBWG | : GI Celukan Bawang |
| GI PSGRN | : GI Pesangrahan |
| GIS PSGRN | : GIS Pesangrahan |
| GLNUK | : GI Gilimanuk |
| GNYAR | : GI Gianyar |
| KAPAL | : GI Kapal |
| NGARA | : GI Negara |
| NSDUA | : GI Nusa Dua |
| PBIAN | : GI Padang Sambian |
| PCATU | : GI Pecatu |
| PKLOD | : GI Pemecutan Kelod |
| PMRON | : GI Pamaron |
| PYGAN | : GI Payangan |
| SANUR | : GI Sanur |
| TNLOT | : GI Tanah Lot |
| MWp | : Mega Watt Peak |