UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Operasi Sistem Tenaga Listrik KIPP IKN Terintegrasi PV-BESS Menggunakan Unit Commitment-Economic Dispatch Berbasis MILP
Muhammad Ananta Rafi Hidayat, Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., SMIEEE. ; Dr. Wijaya Yudha
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 xii
DAFTAR SINGKATAN xiv
INTISARI xv
ABSTRACT xvi
BAB I Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Batasan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 6
1.6 Sistematika Penulisan 6
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori 8
2.1 Tinjauan Pustaka 8
2.2 Dasar Teori 10
2.2.1 Sistem Kelistrikan KIPP IKN 10
2.2.2 Generator Konvensional dalam Operasi Sistem Tenaga 11
2.2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis *Photovoltaic* 13
2.2.4 *Variable Renewable Energy* dan Fleksibilitas Sistem Tenaga 14
2.2.5 *Battery Energy Storage System* 15
2.2.6 *Unit Commitment* dan *Economic Dispatch* 16
2.2.7 *Mixed-Integer Linear Programming* 18
2.2.8 *Levelized Cost of Energy* 18
2.2.9 Analisis Sensitivitas 19
BAB III Metode Penelitian 20
3.1 Alat Tugas Akhir 20
3.1.1 Perangkat Keras 20
3.1.2 Perangkat Lunak 20
3.2 Bahan Tugas Akhir 21
3.2.1 Data Sistem Kelistrikan KIPP IKN 21
3.2.2 Representasi Sistem Kelistrikan KIPP IKN dalam Model Optimasi 22

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Operasi Sistem Tenaga Listrik KIPP IKN Terintegrasi PV-BESS Menggunakan Unit Commitment-Economic Dispatch Berbasis MILP
Muhammad Ananta Rafi Hidayat, Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., SMIEEE. ; Dr. Wijaya Yudha
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.2.3 Data Beban 23
3.2.4 Data PV 24
3.2.5 Data Unit Pasokan Ekuivalen 24
3.2.6 Data BESS 25
3.2.6.1 Penentuan Parameter Kapasitas Energi Efektif BESS 26
3.2.7 Data Biaya dan Parameter Ekonomi 27
3.3 Metode yang Digunakan 28
3.3.1 Formulasi UC dan ED 30
3.3.2 Indeks, Parameter, dan Variabel Keputusan 30
3.3.3 Fungsi Objektif 32
3.3.4 *Constraint* Simulasi 32
3.3.4.1 *Constraint* Keseimbangan Daya 33
3.3.4.2 *Constraint* Unit Pasokan Ekuivalen 33
3.3.4.3 *Constraint* PV 35
3.3.4.4 *Constraint* BESS 36
3.3.4.5 *Constraint* Domain Variabel 38
3.3.5 *Post-processing* Hasil Simulasi 38
3.4 Skenario Penelitian 41
3.4.1 Skenario Utama 41
3.4.1.1 *Baseline* Pasokan Konvensional 41
3.4.1.2 *PV-Only* 42
3.4.1.3 *PV-BESS* 42
3.4.2 Asumsi Simulasi Multi-Tahun 42
3.4.3 Rancangan Uji Sensitivitas 43
3.4.3.1 Metode *One-at-a-Time* 44
3.4.3.2 Sensitivitas Kapasitas PV 44
3.4.3.3 Sensitivitas Kapasitas BESS 45
3.4.3.4 Indikator Evaluasi Sensitivitas 45
3.5 Alur Tugas Akhir 46
3.5.1 Studi Literatur 46
3.5.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data 46
3.5.3 Perancangan Model Simulasi 46
3.5.4 Pelaksanaan Simulasi 47
3.5.5 Analisis Perbandingan Hasil Simulasi 47
BAB IV Hasil dan Pembahasan 48
4.1 Hasil Simulasi *Baseline* 2025 48
4.2 Hasil Simulasi *PV-only* 2025 sampai 2028 49
4.3 Hasil Simulasi *PV-BESS* 2025 sampai 2028 51
4.3.1 Pemanfaatan PV pada Skenario *PV-BESS* 52

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Operasi Sistem Tenaga Listrik KIPP IKN Terintegrasi PV-BESS Menggunakan Unit Commitment-Economic Dispatch Berbasis MILP
Muhammad Ananta Rafi Hidayat, Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., SMIEEE. ; Dr. Wijaya Yudha
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.3.2 Operasi *Charging*, *Discharging*, dan SOC BESS 53
4.3.3 Dampak *PV-BESS* terhadap Pasokan Konvensional 54
4.4 Perbandingan Skenario Utama 55
4.4.1 Perbandingan Energi dan Pemanfaatan PV 55
4.4.2 Perbandingan PV *Curtailment* dan Penggunaan *Grid Peaker* 56
4.4.3 Perbandingan Biaya dan LCOE 57
4.5 Analisis *ramping* dan Fleksibilitas Sistem 58
4.5.1 Pola *Ramping* pada Skenario Utama 58
4.5.2 Peran BESS terhadap Fleksibilitas Operasi 59
4.6 Hasil Sensitivitas Kapasitas PV 59
4.7 Hasil Sensitivitas Kapasitas BESS 61
4.8 Rekapitulasi Hasil Uji Sensitivitas 62
BAB V Kesimpulan dan Saran 64
5.1 Kesimpulan 64
5.2 Saran 65
DAFTAR PUSTAKA 67
LAMPIRAN L-1
L.1 Profil Beban dan Profil PV L-1
L.2 Hasil Simulasi Tambahan Skenario Utama L-16
L.2.1 Hasil Tambahan Skenario *Baseline* Pasokan Konvensional 2025 ..... L-16
L.2.2 Hasil Tambahan Skenario *PV-Only* 2025 sampai 2028 ..... L-16
L.2.2.1 Skenario *PV-Only* 2025 ..... L-17
L.2.2.2 Skenario *PV-Only* 2026 ..... L-18
L.2.2.3 Skenario *PV-Only* 2027 ..... L-19
L.2.2.4 Skenario *PV-Only* 2028 ..... L-20
L.2.3 Hasil Tambahan Skenario *PV-BESS* 2025 sampai 2028 ..... L-20
L.2.3.1 Skenario *PV-BESS* 2025 ..... L-21
L.2.3.2 Skenario *PV-BESS* 2026 ..... L-22
L.2.3.3 Skenario *PV-BESS* 2027 ..... L-23
L.2.3.4 Skenario *PV-BESS* 2028 ..... L-25
L.3 Hasil Simulasi Tambahan Uji Sensitivitas L-26
L.3.1 Hasil Tambahan Sensitivitas Kapasitas PV L-26
L.3.1.1 Skenario PV Rendah L-26
L.3.1.2 Skenario PV Tinggi L-28
L.3.2 Hasil Tambahan Sensitivitas Kapasitas BESS L-29
L.3.2.1 Skenario BESS Rendah L-29
L.3.2.2 Skenario BESS Tinggi L-30
L.4 Cuplikan Kode Program L-32
L.4.1 Cuplikan Kode Pembacaan Data L-32

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Operasi Sistem Tenaga Listrik KIPP IKN Terintegrasi PV-BESS Menggunakan Unit Commitment-Economic Dispatch Berbasis MILP
Muhammad Ananta Rafi Hidayat, Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., SMIEEE. ; Dr. Wijaya Yudha
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

L.4.2 Cuplikan Kode Deklarasi Variabel Keputusan L-33
L.4.3 Cuplikan Kode Constraint Model L-35
L.4.4 Cuplikan Kode UC-ED dan Solver L-40
L.4.5 Cuplikan Kode Visualisasi Hasil L-45
L.4.6 Cuplikan Kode Alur Simulasi dan Post-processing L-52