UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Unit Commitment Sistem Bangka Mempertimbangkan Pola Operasi Small Modular Reactor dan Penetrasi VRE
Muhammad Aldi Yustisio, Prof. Ir. Sarjiya, S.T., MT., Ph.D., IPU.; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
HALAMAN PERSEMBAHAN iv
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR SINGKATAN xvi
INTISARI xvii
ABSTRACT xviii
BAB I Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 5
1.6.1 BAB I Pendahuluan 5
1.6.2 BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori 5
1.6.3 BAB III Metode Penelitian 6
1.6.4 BAB IV Hasil dan Pembahasan 6
1.6.5 BAB V Kesimpulan dan Saran 6
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori 7
2.1 Tinjauan Pustaka 7
2.2 Dasar Teori 9
2.2.1 Sistem dan Teknologi Pembangkitan 9
2.2.1.1 Sistem Kelistrikan Bangka 9
2.2.1.2 Sistem Terisolasi dan Inersia Rendah 10
2.2.1.3 *Variable Renewable Energy* dan *Curtailment* 11
2.2.1.4 *Small Modular Reactor* (SMR) 12
2.2.2 Konsep Optimisasi Operasi Sistem Tenaga 12
2.2.2.1 *Economic Dispatch* 12
2.2.2.2 *Unit Commitment* 13
2.2.2.3 *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) 13
2.2.3 Biaya Operasi Pembangkit 14

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Unit Commitment Sistem Bangka Mempertimbangkan Pola Operasi Small Modular Reactor dan Penetrasi VRE
Muhammad Aldi Yustisio, Prof. Ir. Sarjiya, S.T., MT., Ph.D., IPU.; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.2.3.1 Biaya *Startup* Pembangkit 14
2.2.3.2 *Variable Operation and Maintenance* 15
2.2.4 *Constraints Unit Commitment* 15
2.2.4.1 Keseimbangan Daya 15
2.2.4.2 Batas Daya *Output* 16
2.2.4.3 *Startup* dan *Shutdown* 16
2.2.4.4 *Minimum Up Time* (MUT) dan *Minimum Down Time* (MDT) 17
2.2.4.5 *Ramp Rate* 17
2.2.4.6 Kontingensi N-1 *Spinning Reserve* 18
2.2.5 Inersia dan Keandalan Frekuensi Sistem 18
2.2.5.1 Inersia Sistem 18
2.2.5.2 *Rate of Change of Frequency* (RoCoF) 19
2.3 Analisis Perbandingan Metode 20
BAB III Metode Penelitian 22
3.1 Alat Tugas Akhir 22
3.2 Bahan Tugas Akhir 22
3.2.1 Data Beban Sistem Bangka 23
3.2.2 Data Pembangkit Eksisting 24
3.2.3 Data Interkoneksi 25
3.2.4 Data Pembangkit Energi Terbarukan 26
3.2.5 Data *Small Modular Reactor* 26
3.2.6 Data *Fuel Cost* Pembangkit 27
3.2.7 Data Biaya *Startup* 28
3.2.8 Data *Variable Operation and Maintenance* 29
3.2.9 Data *Ramp Rate* 29
3.2.10 Data *Minimum Up Time* dan *Minimum Down Time* 30
3.2.11 Data Konstanta Inersia 31
3.3 Skenario Operasi Sistem 32
3.3.1 Skenario Tanpa SMR 33
3.3.2 Skenario Dengan SMR Tanpa *Inertia Constraint* 33
3.3.3 Skenario Dengan SMR Dengan *Inertia Constraint* 33
3.3.4 Skenario SMR *Must Run Full Load* 250 MW 34
3.3.5 Skenario SMR *Must Run Full Load* 125 MW 34
3.4 Metode dan Perangkat Lunak yang Digunakan 34
3.4.1 Pemilihan Metode *Unit Commitment* 35
3.4.2 Formulasi *Mixed Integer Linear Programming* 36
3.4.3 Pemilihan Perangkat Lunak Python 36
3.4.4 Pemilihan *Library* CVXPY 37

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Unit Commitment Sistem Bangka Mempertimbangkan Pola Operasi Small Modular Reactor dan Penetrasi VRE
Muhammad Aldi Yustisio, Prof. Ir. Sarjiya, S.T., MT., Ph.D., IPU.; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.4.5 Pemilihan Solver HiGHS 37
3.5 Formulasi Model *Unit Commitment* 37
3.5.1 Variabel Keputusan 39
3.5.2 *Objective Function* 39
3.5.3 Perhitungan Biaya Pokok Penyediaan Operasional Pembangkit ... 43
3.5.4 Keseimbangan Daya 45
3.5.5 Batas Daya Minimum dan Maksimum Pembangkit 46
3.5.6 Status Operasi Pembangkit 46
3.5.7 Startup dan Shutdown 47
3.5.8 Klasifikasi *Warm Startup* dan *Cold Startup* 48
3.5.9 Minimum Up Time dan Minimum Down Time 49
3.5.10 *Ramp Rate* 50
3.5.11 *Spinning Reserve* Kontingensi N-1 51
3.5.12 *Inertia Constraint* Berbasis RoCoF 52
3.5.13 Defisit Daya dan Kelebihan Daya 54
3.5.14 Curtailment Pembangkit Energi Terbarukan 54
3.6 Alur Tugas Akhir 55
BAB IV Hasil dan Pembahasan 58
4.1 Gambaran Umum Hasil Simulasi 58
4.2 Hasil Simulasi Skenario Tanpa SMR 58
4.2.1 Pola Operasi Sistem Bangka Tanpa SMR 58
4.2.2 Biaya Operasi Harian dan BPP Pembangkitan Operasional Skenario Tanpa SMR 60
4.2.3 Kondisi Keseimbangan Daya dan Inersia pada Skenario Tanpa SMR 61
4.3 Hasil Simulasi Skenario Dengan SMR Tanpa *Inertia Constraint* 62
4.3.1 Pola Operasi Sistem Bangka Dengan SMR Tanpa *Inertia Constraint* 62
4.3.2 Biaya Operasi Harian dan BPP Pembangkitan Operasional dengan SMR Tanpa *Inertia Constraint* 64
4.3.3 Kondisi Keseimbangan Daya dan Inersia pada Skenario Dengan SMR Tanpa *Inertia Constraint* 65
4.4 Hasil Simulasi Skenario Dengan SMR Dan *Inertia Constraint* 65
4.4.1 Pola Operasi Sistem Bangka Dengan SMR Dan *Inertia Constraint* 66
4.4.2 Biaya Operasi Harian dan BPP Pembangkitan Operasional Dengan SMR Dan *Inertia Constraint* 67
4.4.3 Kondisi Keseimbangan Daya dan Inersia pada Skenario Dengan SMR Dan *Inertia Constraint* 68
4.5 Hasil Simulasi Skenario SMR *Must Run Full Load* 250 MW 69

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Unit Commitment Sistem Bangka Mempertimbangkan Pola Operasi Small Modular Reactor dan Penetrasi VRE
Muhammad Aldi Yustisio, Prof. Ir. Sarjiya, S.T., MT., Ph.D., IPU.; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.5.1 Pola Operasi Sistem Bangka Pada Skenario SMR *Must Run Full Load* 250 MW 69
4.5.2 Biaya Operasi Harian dan BPP Pembangkitan Operasional Pada SMR *Must Run Full Load* 250 MW 71
4.5.3 Kondisi Keseimbangan Daya dan Inersia pada SMR *Must Run Full Load* 250 MW 72
4.6 Hasil Simulasi Skenario SMR *Must Run Full Load* 125 MW 72
4.6.1 Pola Operasi Sistem Bangka Pada Skenario SMR *Must Run Full Load* 125 MW 73
4.6.2 Biaya Operasi Harian dan BPP Pembangkitan Operasional Pada SMR *Must Run Full Load* 125 MW 75
4.6.3 Kondisi Keseimbangan Daya dan Inersia pada SMR *Must Run Full Load* 125 MW 75
4.7 Perbandingan Antar Skenario 76
4.7.1 Perbandingan Biaya Operasi dan BPP Pembangkitan Operasional. 77
4.7.2 Perbandingan Komposisi Produksi Energi 78
4.7.3 Perbandingan Defisit Daya, Kelebihan Daya, dan *Curtailment* 79
4.7.4 Perbandingan Dampak Inersia 80
4.7.5 Analisis Hasil dan Kewajaran Realisasi Implementasi Antar Skenario 81
BAB V Kesimpulan dan Saran 83
5.1 Kesimpulan 83
5.2 Saran 85
DAFTAR PUSTAKA 87
LAMPIRAN L-1
L.1 Status Unit dan Energi Keluaran Per Jam L-1
L.2 Kode Program *Unit Commitment* L-4