UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Frequency Constrained Unit Commitment dan Economic Dispatch di Sistem Jawa Madura Bali Menggunakan
Kekangan Cadangan Fast Response Untuk Meningkatkan Stabilitas Frekuensi.**
IMRON ROSYADI, Husni Rois Ali, S.T., M.Eng., Ph.D., DIC., SMIEEE ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

TESIS ..... *ii*
TESIS ..... *iii*
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... *iv*
PRAKATA ..... *v*
DAFTAR ISI ..... *vii*
DAFTAR TABEL ..... *ix*
DAFTAR GAMBAR ..... *x*
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN ..... *xi*
ABSTRAK ..... *xiii*
ABSTRACT ..... *xiv*
BAB I *1*
PENDAHULUAN *1*
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Penelitian 4
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Keaslian dan Kontribusi Penelitian 5
1.6 Manfaat Penelitian 7
1.7 Sistematika Penulisan 8
BAB II *9*
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI *9*
2.1 Tinjauan Pustaka 9
2.2 Landasan Teori 12
2.3 Pertanyaan Penelitian 23
2.4 Hipotesis 23
BAB III *24*
METODE PENELITIAN *24*
3.1 Alat dan Bahan 24
3.2 Alur Penelitian 25
3.3 Pemodelan Pembangkit Untuk Sistem Uji Economic *Dispatch* 27
3.4 Pemodelan Konfigurasi Pembangkit Untuk Uji Dinamis Frekuensi 29

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Frequency Constrained Unit Commitment dan Economic Dispatch di Sistem Jawa Madura Bali Menggunakan
Kekangan Cadangan Fast Response Untuk Meningkatkan Stabilitas Frekuensi.**
IMRON ROSYADI, Husni Rois Ali, S.T., M.Eng., Ph.D., DIC., SMIEEE ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.5 Pemodelan *Frequency Constrained Unit Commitment Economic Dispatch* .. 33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN *47*

4.1 Pembahasan Hasil Optimasi *FC-UC ED* 49

4.2 Pembahasan dan Hasil Uji Dinamik Frekuensi 57

4.3 Penerapan hasil simulasi FC-UC ED menggunakan jROS di sistem JAMALI. 59

BAB V *67*

KESIMPULAN DAN SARAN *67*

5.1 Kesimpulan 67

5.2 Saran 68

DAFTAR PUSTAKA *70*

LAMPIRAN *74*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Frequency Constrained Unit Commitment dan Economic Dispatch di Sistem Jawa Madura Bali Menggunakan
Kekangan Cadangan Fast Response Untuk Meningkatkan Stabilitas Frekuensi.**
IMRON ROSYADI, Husni Rois Ali, S.T., M.Eng., Ph.D., DIC., SMIEEE ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Penelitian yang berhubungan dengan FC-UC ED 5
Tabel 3. 1 Komposisi Pembangkit di JAMALI 27
Tabel 3. 2 Bauran Energi Mei 2025 27
Tabel 3. 3 Asumsi teknis pembangkit untuk model optimasi 28
Tabel 3. 4 Asumsi heatrate empat titik dari pembangkit..... 28
Tabel 3. 5 Langgam beban 24 jam [38] 29
Tabel 3. 6 Parameter inersia dan droop [18] 29
Tabel 3. 7 Parameter pembangkit model Digsilent..... 30
Tabel 3. 8 Parameter *free governor* IEEEG1 31
Tabel 3. 9 Parameter *free governor* Gas Turbine 32
Tabel 3. 10 Parameter *free governor* IEEEG1 32
Tabel 3. 11 Parameter transmisi..... 33
Tabel 3. 12 Fungsi biaya pembangkit per titik pembebanan 34
Tabel 3. 13 Initial condition pembangkitan 40
Tabel 3. 14 Initial load 40
Tabel 3. 15 Perbandingan parameter model simulasi dinamik dengan real time..... 42
Tabel 3. 16 Skenario uji model di Matlab..... 42
Tabel 3. 17 Skenario uji model di jROS 46
Tabel 4. 1 Perhitungan inersia sistem model uji 47
Tabel 4. 2 Perhitungan kontribusi cadangan putar per pembangkit..... 48
Tabel 4. 3 Perbandingan hasil optimasi keempat skenario 57
Tabel 4. 4 Initial condition pembangkit uji simulasi frekuensi..... 57
Tabel 4. 5 Perbandingan hasil simulasi dinamis frekuensi keempat skenario 58
Tabel 4. 6 Perbandingan fuel mix kedua skenario 60
Tabel 4. 7 Perbandingan parameter frekuensi kedua skenario..... 62
Tabel 4. 8 Perbandingan biaya pada kedua skenario 63
Tabel 4. 9 Perbandingan Fuel Mix Optimasi FC-UC ED AGC 69% dengan 100%..... 64
Tabel 4. 10 Perbandingan biaya operasi skenario AGC 69% dengan AGC 100% 65
Tabel 4. 11 Perbandingan parameter frekuensi skenario AGC 69% dengan 100%..... 66

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Frequency Constrained Unit Commitment dan Economic Dispatch di Sistem Jawa Madura Bali Menggunakan
Kekangan Cadangan Fast Response Untuk Meningkatkan Stabilitas Frekuensi.**
IMRON ROSYADI, Husni Rois Ali, S.T., M.Eng., Ph.D., DIC., SMIEEE ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Operasi Sistem Tenaga Listrik di JAMALI. 12
Gambar 2.2 Response Umum Frekuensi Saat Gangguan [28] 13
Gambar 2.3 Ilustrasi frequency response [35] 18
Gambar 2.4 Perbedaan Fungsi Biaya Kuadratik dan PWL 20
Gambar 3.1 Alur Penelitian 26
Gambar 3.2 Konfigurasi jaringan model uji 30
Gambar 3.3 IKS Sistem JAMALI [36] 39
Gambar 3.4 Ilustrasi frekuensi menggunakan pendekatan IKS 39
Gambar 3.5 Hasil simulasi perubahan beban 780 MW 41
Gambar 3.6 Karakteristik real time saat gangguan PLTU Paiton 780 MW 41
Gambar 3.7 Interface run jROS (MIP) 43
Gambar 3.8 Contoh input heatrate jROS (PWL) 44
Gambar 3.9 Contoh input parameter teknis pembangkit jROS (R1 dan R2) 45
Gambar 4.1 Dispatch output pembangkit skenario 1 50
Gambar 4.2 Sebaran cadangan fast response skenario 1 51
Gambar 4.3 Dispatch output pembangkit skenario 2 52
Gambar 4.4 Sebaran cadangan fast response skenario 2 53
Gambar 4.5 Dispatch output pembangkit skenario 3 54
Gambar 4.6 Sebaran cadangan fast response skenario 3 54
Gambar 4.7 Dispatch output pembangkit skenario 4 55
Gambar 4.8 Sebaran cadangan fast response skenario 4 56
Gambar 4.9 Response frekuensi keempat skenario saat gangguan 58
Gambar 4.10 Perbandingan cadangan *fast response* pada kedua skenario 61
Gambar 4.11 Perbandingan jumlah pembangkit pada kedua skenario di jROS 61
Gambar 4.12 Perbandingan respon frekuensi 62
Gambar 4.13 Perbandingan jumlah unit operasi skenario AGC 69% dengan 100% 64
Gambar 4.14 Respon frekuensi setelah gangguan skenario AGC 69% dengan 100% 65

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Frequency Constrained Unit Commitment dan Economic Dispatch di Sistem Jawa Madura Bali Menggunakan
Kekangan Cadangan Fast Response Untuk Meningkatkan Stabilitas Frekuensi.**
IMRON ROSYADI, Husni Rois Ali, S.T., M.Eng., Ph.D., DIC., SMIEEE ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

UC	Unit Commitment
ED	Economic Dispacth
JAMALI	Jawa Madura Bali
IKS	Indeks Kekuatan Sistem
EBT	Energi Baru Terbarukan
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PLTGU	Pembangkit Listrik Tenaga Gas / Uap
PLTD/G	Pembangkit Listrik Tenaga Diesel/Gas
PLTP	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
jROS	Joint Resources and Optimisation Scheduler, software optimasi di PLN
ROCOF	*Rate Of Changes Of Frequency*, laju perubahan frekuensi
MILP	*Mixed-Integer Linear Programming*
AGC	*Automatic Generation Control*
H_i	Konstanta inersia generator ke-*i*
S_i	Kapasitas daya semu generator ke-*i*.
ΔP	Besarnya kehilangan daya atau defisit daya akibat gangguan
H_{sys}	Konstanta inersia sistem ekuivalen
S_{sys}	Total kapasitas pembangkit sinkron yang sedang beroperasi.
C_i^{fix}	biaya pada Pmin pembangkit ke-i
$m_{i,s}$	*slope* segmen pembangkit ke-i ke-s
$P_{i,s,t}$	daya pada pembangkit ke-i di segmen ke-s dalam waktu ke-t
SU_i :	Biaya *Start up* Unit ke-i
$v_{i,t}$	biner untuk pembangkit start (1 jika start, 0 jika standby)
$u_{i,t}$	biner untuk *Unit Commitment* pembangkit ke-i dalam waktu ke-t
M_H	inersia sistem (MW·s)
f_{MIN}	batas minimum frekuensi (Hz)
f_{db}	deadband governor (Hz)
C_{MIN}	*ramp rate* sistem minimum (MW/s)
$R_{i,t}$:	cadangan daya unit ke-i pada waktu t

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Frequency Constrained Unit Commitment dan Economic Dispatch di Sistem Jawa Madura Bali Menggunakan
Kekangan Cadangan Fast Response Untuk Meningkatkan Stabilitas Frekuensi.**
IMRON ROSYADI, Husni Rois Ali, S.T., M.Eng., Ph.D., DIC., SMIEEE ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

RR_i	*Ramp Respon* Generator i
Ri	*Speed Droop* Generator i
R_t^{req}	cadangan putar fast respon yang dibutuhkan
D_t	Beban sistem dalam interval waktu ke-t
Pi	Daya output pembangkit ke-i
P_i^{min}	Daya minimum pembangkit ke-i
$P_{i,s}$	Daya pembangkit ke-i pada segmen ke-s
$\Delta P_{i,s}$	lebar segmen ke-s
$m_{i,s}$	kemiringan/*slope* segmen ke-s pada pembangki ke-i
$C_{i,s+1}$	biaya pembangkit ke-i pada titik ke-s+1
$C_{i,s}$	biaya pembangkit ke-i pada titik ke-s
$P_{i,s+1}$	Daya pembangkit ke-i pada titik ke-s+1
$P_{i,s}$	Daya pembangkit ke-i pada titik ke-s