



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**ANALISIS DAMPAK INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA TERAPUNG CIRATA TERHADAP
STABILITAS FREKUENSI PADA SISTEM
TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI**

Yanuar Wahyu Gianto
NIM 2112045

Dosen pembimbing
Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2025



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**ANALISIS DAMPAK INTEGRASI PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SURYA TERAPUNG CIRATA
TERHADAP STABILITAS FREKUENSI PADA
SISTEM TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI**

Yanuar Wahyu Gianto
NIM 2112045

Dosen pembimbing
Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2025



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Yanuar Wahyu Gianto
NIM : 2112045
Program Studi : Teknik Elektro S1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2024/2025
Judul Skripsi : Analisis Dampak Integrasi Pembangkit Listrik
Tenaga Surya Terapung Cirata Terhadap Stabilitas
Frekuensi Pada Sistem Transmisi 500 kV Jawa-Bali

Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu
(S-1) pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 30 Juli 2025
Nilai : **85,88₄**

Majelis Penguji

Ketua

Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

NIP.Y.1028700171

Anggota Penguji

Penguji I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE, IPU, ASEAN, Eng.

NIP.Y.1018500108

Penguji II

Dr. Ircine Budi Sulistiawati, ST., MT.

NIP.19770615 200501 2 002

**ANALISIS DAMPAK INTEGRASI PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SURYA TERAPUNG CIRATA
TERHADAP STABILITAS FREKUENSI PADA
SISTEM TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI**

SKRIPSI

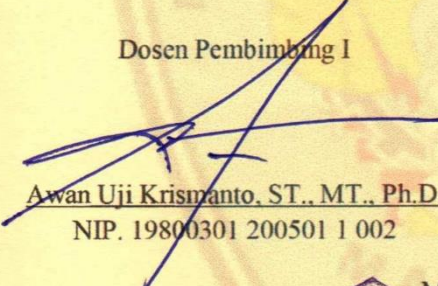
Yanuar Wahyu Gianto
2112045

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19800301 200501 1 002


Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
NIP. Y. 1028700171

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



Dr. Irmah Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030000365

MALANG
Juli 2025

ABSTRAK

ANALISIS DAMPAK INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA TERAPUNG CIRATA TERHADAP STABILITAS FREKUENSI PADA SISTEM TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI

Yanuar Wahyu Gianto, NIM : 2112045

Dosen Pembimbing I : Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Pertumbuhan kebutuhan energi bersih mendorong pemanfaatan energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS Terapung Cirata yang berkapasitas 192 MWp dan terhubung ke jaringan 500 kV Jawa-Bali merupakan salah satu proyek strategis nasional yang mendukung pencapaian target bauran energi nasional. Namun, integrasi pembangkit berbasis energi terbarukan seperti PLTS memiliki tantangan terhadap kestabilan frekuensi sistem tenaga, terutama karena tidak menyumbang inersia ke sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak integrasi PLTS Terapung Cirata terhadap stabilitas frekuensi sistem kelistrikan 500 kV Jawa-Bali. Metode yang digunakan adalah simulasi berbasis perangkat lunak DigSILENT PowerFactory dengan pendekatan load flow dan dynamic simulation dalam tiga skenario: kondisi dasar, penambahan beban sebesar 598 MW 4,5 MVar (50% dari nominal beban awal), dan pelepasan satu unit pembangkit konvensional (Generator Saguling 692 MW). Parameter utama yang dianalisis adalah frekuensi nadir dan Rate of Change of Frequency (RoCoF). Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem dengan integrasi PLTS mengalami penurunan performa kestabilan frekuensi karena penurunan inersia sistem. Namun, dalam skenario Pelepasan Beban, PLTS memberikan efek peredaman frekuensi yang positif. Dengan demikian, diperlukan strategi mitigasi tambahan seperti penggunaan energy storage system atau peningkatan cadangan putar untuk menjaga kestabilan sistem tenaga listrik.

Kata Kunci : Integrasi PLTS, Stabilitas Frekuensi, RoCoF

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE IMPACT OF CIRATA FLOATING PV POWER PLANTS INTEGRATION ON FREQUENCY STABILITY IN THE 500 KV Java-Bali

Yanuar Wahyu Gianto, NIM : 2112045

Supervisor I : Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D

Supervisor II : Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

The increasing demand for clean energy has accelerated the deployment of renewable energy sources, notably Solar Photovoltaic (PV) systems. The Cirata Floating Solar PV Plant, with an installed capacity of 192 MWp and interconnected to the 500 kV Java-Bali transmission network, represents a key national strategic project aimed at supporting the national energy mix target. However, the integration of inverter-based renewable generation such as PV plants introduces challenges to system frequency stability, primarily due to the absence of rotational inertia contribution. This study investigates the impact of the Cirata Floating Solar PV integration on the frequency stability of the 500 kV Java-Bali power system. The analysis is conducted through time-domain dynamic simulations using DigSILENT PowerFactory software, incorporating load flow and dynamic simulation methodologies under three operating scenarios: load shedding, 50% load beasi increase, and Tripping of saguling power plant. Key frequency stability indicators, namely frequency nadir and Rate of Change of Frequency (RoCoF), are evaluated. The simulation results indicate a degradation in frequency stability performance following the integration of PV due to reduced system inertia. Nevertheless, under specific operating conditions, the PV plant exhibits a beneficial damping effect on frequency deviations. Consequently, additional mitigation measures such as the deployment of energy storage systems or enhancement of spinning reserve are recommended to maintain adequate frequency stability in the power system.

Kata Kunci: PV Integration, Frequency Stability, Rate of Change of Frequency

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Analisis Integrasi PLTS Terapung Cirata Terhadap Stabilitas Frekuensi Sistem Transmisi 500 kV Jawa-Bali" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan hormat dan rasa terima kasih yang tulus, penulis menyampaikan apresiasi kepada:

1. Bapak Awan Uji Krismanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Rektor ITN sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis dengan penuh perhatian dan arahan yang berharga.
2. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT. selaku pembimbing II yang telah memberikan masukan, saran, dan semangat yang sangat berarti bagi penulis.
3. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Elektro ITN Malang yang telah memfasilitasi seluruh proses akademik penulis.
4. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
5. Ayah saya, Sugianto, Ibu tercinta, Sri indahyani, serta kakak dan adik yang selalu memberikan doa, dukungan moral, serta bantuan finansial yang tiada henti.
6. Dewi Kristina Anggraeni yang selalu memberikan semangat, dukungan emosional, dan motivasi untuk segera menyelesaikan skripsi, terutama ketika semangat mulai redup. Terima kasih telah menjadi bagian dari proses ini.
7. Seluruh anggota asisten Laboratorium Energi Baru Terbarukan yang telah memberikan motivasi, semangat, dan dorongan untuk terus belajar dan berkembang.
8. Teman-teman Angkatan 21, yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, serta berbagi pengalaman selama proses penelitian ini. Dukungan dan kebersamaan kalian sangat berarti bagi penulis.

Meskipun telah diupayakan semaksimal mungkin, penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna. Dengan demikian, segala saran dan kritik yang membangun akan senantiasa diterima dengan lapang dada untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga penelitian ini dapat memberikan sumbangsih positif bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta membawa manfaat bagi khalayak luas.

Malang, Juli 2025

Penulis

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yanuar Wahyu Gianto
NIM : 2112045
Jurusan / Peminatan : Teknik Elektro / Teknik Energi Listrik
ID KTP / Paspor : 3507191301020002
Alamat : Dsn.Sonosari Rt 47 Rw 09 Kebonagung, Kec. Pakisaji,
Kab Malang
Judul Skripsi : Analisis Dampak Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga
Surya Terapung Cirata Terhadap Stabilitas Frekuensi
Pada Sistem Transmisi 500 kV Jawa-Bali

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 26 Agustus 2025
Yang membuat pernyataan



(Yanuar Wahyu Gianto)
2112045

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Transmisi Tenaga Listrik.....	5
2.2 Kestabilan Sistem Tenaga	6
2.3 Kestabilan Frekuensi.....	9
2.4 <i>Rate of Change of Frequency</i>	11
2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	12
2.5.1 PLTS On Grid	13
2.5.2 <i>PLTS Off Grid</i>	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Teknik Pengumpulan Data.....	17
3.2 Flowchart Penelitian	18
3.3 Sistem Transmisi Jawa-Bali.....	20
3.3.1 <i>Single Line Diagram</i> (SLD).....	20
3.3.2 PLTS Terapung Cirata	21
3.3.3 Data Saluran Transmisi.....	22
3.3.4 Data Beban	23
3.3.5 Data Pembangkitan.....	25
3.4 Model Dinamik Mesin	25
3.4.1 Model Dinamik PLTS.....	26
3.4.2 Model Dinamik Gooovernor	27
3.4.3 Model Dinamik Auto Voltage Regulation	29
3.4.4 Model Dinamik Pembangkit Berbasis Generator Sinkron.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Penambahan Beban.....	33
4.2 Pelepasan Beban	38
4.3 Pelepasan Pembangkit Konvensional	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49

5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Transmis Tenaga Listrik	5
Gambar 2.2 Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga	9
Gambar 2.3 Respon Dinamik Frekuensi.....	10
Gambar 2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	12
Gambar 2.5 PLTS On Grid.....	13
Gambar 2.6 PLTS Off Grid	14
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Single Line Diagram	20
Gambar 3.3 PLTS Terapung Waduk Cirata.....	21
Gambar 3.4 Model Dinamik PLTS	27
Gambar 3.5 Sistem Dinamik Goovernor	28
Gambar 3.6 Model Dinamik Auto Voltage Regulator	29
Gambar 3.7 Model Dinamik Pembangkit Berbasis Generator Sinkron	31
Gambar 4.1 Respon Frekuensi dan Frekuensi Nadir Generator Muara Tawar (Bus 8).....	34
Gambar 4.2 Respon Tegangan Ketika Terjadi Penambahan Beban	37
Gambar 4.3 Respon Frekuensi Generator Muara Tawar (Bus 8) Ketika Terjadi Pelepasan Beban	38
Gambar 4.4 Respon Tegangan Ketika Terjadi Pelepasan Beban.....	41
Gambar 4.5 Respon Frekuensi Generator Cirata Ketika Terjadi Pelepasan Generator Saguling.....	42
Gambar 4.6 Respon Tegangan Ketika Terjadi Pelepasan Generator Saguling.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Saluran Transmisi.....	22
Tabel 3.2 Data Beban.....	24
Tabel 3.3 Data Pembangkitan.....	25
Tabel 4.1 Perbandingan Frekuensi Generator Muara Tawar	35
Tabel 4.2 Total Pembangkitan.....	36
Tabel 4.3 Perbandingan Frekuensi dan Rocof Generator Muara Tawar	39
Tabel 4.4 Total Pembangkitan.....	40
Tabel 4.5 Perbandingan Frekuensi dan RoCoF Generator Cirata	44
Tabel 4.6 Total Pembangkitan.....	45