

**SOLUSI PERMASALAHAN *SOLAR ENERGY INTERMITTENT* DENGAN  
METODE PENETRASI BESS PADA SISTEM PLTS**

**TUGAS AKHIR**

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna  
mencapai gelar Ahli Madya*



**Disusun Oleh :**

**Nama : Mochammad Ilham Fakhri**

**NIM : 2152016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK DIII  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2024**

---

**SOLUSI PERMASALAHAN *SOLAR ENERGY INTERMITTENT* DENGAN  
METODE PENETRASI BESS PADA SISTEM PLTS**

---

***TUGAS AKHIR***

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan  
guna mencapai gelar Ahli Madya*



**Disusun Oleh :**  
**Nama : Mochammad Ilham Fakhri**  
**NIM : 2152016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK DIII  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SOLUSI PERMASALAHAN *SOLAR ENERGY INTERMITTENT*  
DENGAN METODE PENETRASI BESS PADA SISTEM PLTS**

**TUGAS AKHIR**

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan  
guna mencapai gelar Ahli Madya*

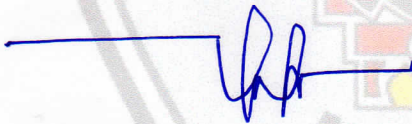
Disusun oleh :

Nama : Mochammad Ilham Fakhri  
NIM : 2152016

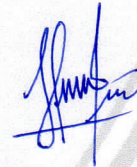
Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. M. Abd. Hamid, MT.  
NIP.Y. 1018800188



Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T.  
NIP.P. 1032200604

Mengetahui,  
Ketua



Ir. Eko Nurcahyo, MT.  
NIP. Y. 1028700172

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK DIII  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2024**



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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 TUGAS AKHIR  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Mochammad Ilham Fakhri  
N.I.M : 2152016  
Jurusan/Prodi : Teknik Listrik DIII  
Masa Bimbingan : 6 (enam) bulan  
Judul : SOLUSI PERMASALAHAN *SOLAR ENERGY INTERMITTENT* DENGAN  
METODE PENETRASI BESS PADA SISTEM PLTS

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Program Diploma Tiga, pada :

Hari : Rabu  
Tanggal : 14 Agustus 2024  
Dengan Nilai : 90 *B*

**Panitia Ujian Tugas Akhir :**



Ketua Majelis Penguji  
*[Signature]*  
**Mr. Eko Nurcahyo, MT.**  
NIP.Y. 1028700172

Sekretaris Majelis Penguji

*[Signature]*

**Bima Romadhon Parada D.P., ST., MT.**  
NIP.P. 1031900575

**Anggota Penguji :**

**Dosen Penguji I**

*[Signature]*  
**Rachmadi. S, ST., MT.**  
NIP.P. 1039400267

**Dosen Penguji II**

*[Signature]*  
**Bima Romadhon Parada D.P., ST., MT.**  
NIP.P. 1031900575

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Mochammad Ilham Fakhri  
NIM : 2152016  
Program Studi : Teknik Listrik DIII  
Fakultas : Teknologi Industri  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Nasional Malang  
Judul Tugas Akhir : SOLUSI PERMASALAHAN *SOLAR ENERGY*  
*INTERMITTENT* DENGAN METODE PENETRASI  
BESS PADA SISTEM PLTS

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa judul maupun isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah hasil karya sendiri dan tidak merupakan Plagiasi dari karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar saya bersedia menerima sanksi akademik.

Malang, 20 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Mochammad Ilham Fakhri  
NIM. 2152016

## ABSTRAK

### SOLUSI PERMASALAHAN *SOLAR ENERGY INTERMITTENT* DENGAN METODE PENETRASI BESS PADA SISTEM PLTS

Mochammad Ilham Fakhri  
Teknik Listrik DIII  
Institut Teknologi Nasional Malang  
2024

Intermittensi energi surya merupakan tantangan utama dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) karena fluktuasi daya yang signifikan akibat variabilitas iradiasi matahari. Fluktuasi ini dapat mempengaruhi stabilitas dan keandalan pasokan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis solusi masalah intermittensi pada sistem PLTS berkapasitas 30 MVA dengan menggunakan metode penetrasi *Battery Energy Storage System* (BESS).

Penggunaan BESS dalam sistem PLTS memungkinkan penyimpanan kelebihan energi yang dihasilkan saat produksi melebihi kebutuhan dan melepaskannya kembali saat produksi berkurang. Dengan demikian, BESS dapat mengatasi fluktuasi daya dan menjaga stabilitas frekuensi sistem. Metode penelitian ini mencakup pembuatan model sistem PLTS dan BESS menggunakan perangkat lunak ETAP, simulasi kinerja BESS, hingga analisis hasil simulasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi BESS dalam sistem PLTS efektif dalam mengurangi defisit daya, memperbaiki stabilitas frekuensi, dan mengurangi risiko terhadap peralatan jaringan listrik. BESS mampu menjaga frekuensi sistem dalam rentang yang diizinkan dan meningkatkan keandalan sistem PLTS dengan menyerap kelebihan energi selama periode produksi tinggi dan menyediakan energi tambahan saat produksi rendah.

**Kata Kunci:** Energi surya, intermittensi, *Battery Energy Storage System* (BESS), stabilitas frekuensi, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

## ABSTRACT

### ***SOLUTION TO SOLAR ENERGY INTERMITTENT ISSUES WITH BESS PENETRATION METHOD IN PV SYSTEMS***

Mochammad Ilham Fakhri  
Teknik Listrik DIII  
Institut Teknologi Nasional Malang  
2024

*Intermittency of solar energy is a major challenge in the operation of Photovoltaic (PV) power plants due to significant power fluctuations caused by the variability of solar irradiation. These fluctuations can affect the stability and reliability of the electricity supply. This research aims to analyze solutions to intermittency problems in a 30 MVA PV system using the Battery Energy Storage System (BESS) penetration method.*

*The use of BESS in PV systems allows for the storage of excess energy generated when production exceeds demand and releases it when production decreases. Thus, BESS can address power fluctuations and maintain system frequency stability. The research methodology includes creating a model of the PV system and BESS using ETAP software, simulating BESS performance, and analyzing the simulation results.*

*The research results show that integrating BESS into the PV system is effective in reducing power deficits, improving frequency stability, and reducing the risk to electrical network equipment. BESS is capable of maintaining system frequency within the permissible range and enhancing the reliability of the PV system by absorbing excess energy during high production periods and providing additional energy during low production periods.*

**Keywords:** *Solar energy, intermittency, Battery Energy Storage System (BESS), frequency stability, Photovoltaic (PV) power plant.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “SOLUSI PERMASALAHAN *SOLAR ENERGY INTERMITTENT* DENGAN METODE PENETRASI BESS PADA SISTEM PLTS” ini dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik pada Program Studi Teknik Listrik DIII, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis selama pelaksanaan praktek kerja lapangan ini. Terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan kasih sayang Nya sehingga kami diberi kemudahan dalam segala urusan.
2. Bapak Ir. M. Abd. Hamid, MT. selaku Dosen pembimbing I Tugas Akhir.
3. Ibu Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T. selaku Dosen pembimbing II Tugas Akhir.
4. Bapak. Ir. Eko Nurcahyo, MT Selaku ketua prodi Teknik listrik DIII Institut Teknologi Nasional Malang
5. Kepada Orang Tua dan Keluarga yang telah memberikan doa serta bantuan untuk kelancaran penulisan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman angkatan 21, 22, 23 Teknik Listrik DIII Institut Teknologi Nasional Malang yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.

Akhirnya penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak yang perlu diperbaiki serta terdapat kekurangan dari penulis, saya memohon maaf sebesar-besarnya. Maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak, untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.



Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, khususnya kepada Program Studi Teknik Listrik DIII Institut Teknologi Nasional Malang.

Malang, 20 Agustus 2024

Mochammad Ilham Fakhri

## UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam, berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik semata-mata tidak hanya usaha penulis sendiri, melainkan karena bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT. untuk semua ilmu, pengalaman, dan bimbingan dalam berbagai kompetisi yang penulis ikuti selama menjadi Mahasiswa Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT. selaku Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan masukan, memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T. selaku Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan masukan, memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Listrik DIII Institut Teknologi Nasional Malang yang selalu mendukung segala kegiatan penulis selama menjadi Mahasiswa Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Seluruh Dosen Teknik Listrik DIII Institut Teknologi Nasional Malang untuk semua ilmu, pengalaman, nasihat, dan bimbingan yang diberikan selama penulis menjadi Mahasiswa Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Kedua Orang Tua saya, Bapak (Alm.) Moch. Achsin Ridlo dan Ibu Lilik Rohmiati Farida yang senantiasa mendoakan, mencurahkan kasih sayang, perhatian, motivasi, nasihat, serta dukungan baik secara moral maupun finansial.
7. Kedua Kakak saya, Fadhila Maria Hanum dan Atika Layalia Nafis yang telah mendengarkan keluh kesah saya selama masa perkuliahan dan penulisan Tugas Akhir ini.

8. Kepada rekan-rekan saya, angkatan 21 Teknik Listrik DIII Institut Teknologi Nasional Malang, untuk 3 tahun yang berharga. Banyak kenangan indah yang terukir di kota yang sangat istimewa ini bersama kalian.
9. Kepada adik-adik tingkat saya, angkatan 22 dan 23 Teknik Listrik DIII Institut Teknologi Nasional Malang, untuk semangat dan motivasi yang diberikan kepada saya.
10. Kepada rekan-rekan alumni MIPA 8 SMAN 1 Tuban Gen 59, yang selalu menghibur saya dikala sedang di kondisi terpuruk sekalipun, yang telah menyempatkan waktu dikala kesibukan masing-masing untuk mendengarkan keluh kesah saya.
11. Kepada seluruh member JKT48, khususnya *oshi* saya Jessica Chandra. Terimakasih atas semangat dan pesan positif yang kalian sebarkan yang membuat saya selalu ingat untuk terus berjuang meskipun di masa-masa yang tersulit sekalipun.
12. Seseorang yang pernah bersama saya, terimakasih untuk semua pelajaran berharga yang diberikan saat proses penyusunan Tugas Akhir dan telah menjadikan motivasi bagi saya untuk membuktikan bahwa saya akan menjadi pribadi yang lebih baik. Terimakasih dan maaf atas segala janji yang belum dapat kita penuhi bersama. Terimakasih telah menjadi bagian yang menyenangkan dan menyakitkan dari proses pendewasaan peneliti. Sampai jumpa dalam versi terbaik menurut takdir.
13. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for, for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times.*

Malang, 20 Agustus 2024

Mochammad Ilham Fakhri

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI .....	4
2.1. Pengertian Energi Surya .....	4
2.1.1. Teknologi Fotovoltaik (PV) .....	4
2.1.2. Teknologi Termal Surya .....	4
2.2. Intermittensi pada Energi Surya .....	4
2.2.1. Dampak Intermittensi.....	5
2.3. Stabilitas Tenaga Listrik.....	5
2.3.1. Stabilitas Tegangan .....	5
2.3.2. Stabilitas Frekuensi .....	6
2.3.3. Stabilitas Sudut Rotor .....	6
2.4. Battery Energy Storage System (BESS).....	7
2.4.1. Komponen BESS .....	7
2.4.2. Jenis-Jenis Baterai dalam BESS.....	8
BAB III METODE PENELITIAN.....	9
3.1 Pendekatan Penelitian.....	9
3.2 Desain Penelitian .....	9
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	9
3.4 Data dan Instrumen .....	9
3.4.1. Data .....	9

3.4.2.	Instrumen .....	10
3.5	Teknik Pengumpulan Data .....	10
3.5.1.	Pengumpulan Data Keluaran Energi PLTS .....	10
3.5.1.1.	Pemasangan Data Logger pada Sistem PLTS 30 MVA .....	10
3.5.1.2.	Pengumpulan Data Keluaran Energi PLTS.....	10
3.5.2.	Pengumpulan Data Besaran BESS yang Tersedia.....	11
3.6	Teknik Analisis Data.....	11
3.6.1.	Analisis Data Keluaran Energi PLTS .....	11
3.6.1.1.	Membersihkan dan Memvalidasi Data Keluaran Energi .....	11
3.6.1.2.	Melakukan Analisis Statistik Deskriptif .....	12
3.6.1.3.	Analisis Fluktuasi Daya PLTS .....	13
3.6.2.	Analisis Mitigasi Dampak Intermittent .....	13
3.6.2.1.	Analisis Transien Frekuensi Sebelum Terpasang BESS.....	13
3.6.2.2.	Analisis Defisit Daya Saat Terjadi Intermittensi .....	14
3.6.2.3.	Menentukan Kapasitas BESS .....	15
3.6.2.4.	Simulasi Kinerja BESS dengan Kapasitas yang Berbeda.....	16
3.6.2.5.	Analisis Transien Frekuensi Setelah Terpasang BESS .....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		18
4.1	Pendahuluan .....	18
4.2	Pengaturan Model Sistem.....	19
4.2.1.	Pembuatan Model PLTS dan BESS .....	19
4.2.2.	Data dan Skenario Simulasi Intermittensi.....	20
4.2.3.	Analisis Transien Saat Terjadi Intermittensi .....	21
4.2.3.1.	Deskripsi Grafik : .....	22
4.2.3.2.	Analisis : .....	23
4.2.3.3.	Implikasi Analisis Transien Tanpa BESS : .....	24
4.2.4.	Penentuan Kapasitas BESS .....	24
4.2.5.	Analisis Transien Setelah Pemasangan BESS .....	25
4.2.5.1.	Deskripsi Grafik:.....	26
4.2.5.2.	Analisis: .....	26
4.2.6.	Perbandingan dengan Kondisi Tanpa BESS.....	26
4.2.6.1.	Amplitudo Osilasi .....	26
4.2.6.2.	Waktu Redaman .....	27
4.2.6.3.	Stabilitas Frekuensi.....	28

BAB V KESIMPULAN .....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran-saran .....	29
DAFTAR PUSTAKA .....	31

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Model PLTS di ETAP.....	19
Gambar 4.2 Model Simulasi BESS.....	19
Gambar 4.3 Proyeksi Keluaran Energi PLTS.....	21
Gambar 4.4 Perubahan frekuensi pada bus 26 saat terjadi intermittensi energi. ..	22
Gambar 4.5 Perubahan frekuensi pada bus 26 saat terjadi intermittensi energi setelah pemasangan BESS. ....	25