

TUGAS AKHIR

ANALISIS SISTEM KERJA *BATTERY ENERGY STORAGE* *SYSTEM (BESS)* PADA PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* SURYA SUANA KECAMATAN NUSA PENIDA



Oleh :

Ni Wayan Anggita Pradnyani

NIM : 2015313090

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISIS SISTEM KERJA *BATTERY ENERGY STORAGE* *SYSTEM (BESS)* PADA PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID SURYA* SUANA KECAMATAN NUSA PENIDA

Oleh :

Ni Wayan Anggita Pradnyani

2015313090

Tugas Akhir ini Diajukan untuk Menyelesaikan Program

Pendidikan Diploma III

di

Program Studi DIII Teknik Listrik

Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh :

Pembimbing I :

Dr. Ir. I Wayan Jondra, M.Si
NIP. 196807061994031003

Pembimbing II :

I. B. Irawan Purnama, ST., M.Sc., Ph.D
NIP. 197602142002121001

Disahkan Oleh

Jurusan Teknik Elektro
Ketua



Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T
NIP. 196705021993031005

LEMBAR PERNYATAAN

PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ni Wayan Anggita Pradnyani

NIM : 2015313090

Program Studi : Teknik Listrik

Jurusan : Teknik Elektro

Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Bali Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **Analisis Sistem Kerja Battery Energy Storage System (Bess) Pada Pembangkit Listrik Hybrid Surya Suana Kecamatan Nusa Penida**. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Politeknik Negeri Bali berhak menyimpan, mengalihmedia atau mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bukit Jimbaran, 4 September 2023

Yang menyatakan,

Ni Wayan Anggita Pradnyani

NIM. 2015313090

FORM PERNYATAAN PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Ni Wayan Anggita Pradnyani

NIM : 2015313090

Program Studi : D3 Teknik Listrik

Jurusan : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir berjudul : **Analisis Sistem Kerja Battery Energy Storage System (Bess) Pada Pembangkit Listrik Hybrid Surya Suana Kecamatan Nusa Penida** adalah betul - betul karya sendiri dan bukan menjiplak atau hasil karya orang lain. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam Tugas Akhir tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan Tugas Akhir dan gelar yang saya peroleh dari Tugas Akhir tersebut.

Bukit Jimbaran, 4 September 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Ni Wayan Anggita Pradnyani

NIM. 2015313090

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Ida Sang Hyang Widhi Wasa / Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat limpahan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisa Sistem Kerja *Battery Energy Storage System* (BESS) pada Pembangkit Listrik *Hybrid* Surya Suana Kecamatan Nusa Penida.”

Tak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang membantu penulis dalam penyelesaian makalah ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang maha Esa karena telah memberikan kelancaran dan perlindungan saat mengerjakan tugas akhir ini.
2. Orang tua saya yang telah mendukung dan tidak pernah berhenti untuk memberikan doa demi kelancaran tugas akhir saya.
3. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
4. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
5. Bapak, DR.Ir. I Wayan Jondra, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I penulis yang telah bersedia membimbing penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak, I. B. Irawan Purnama, ST. M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing II penulis yang telah bersedia membimbing penulis dalam penyusunan tugas akhir ini
7. Pimpinan, staf dan karyawan PLHS Suana, yang telah membantu penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini, baik telah membantu pengumpulan data yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu

Dalam membuat tugas akhir ini penulis sadari masih banyak hal yang perlu diperbaiki. Oleh karena itu, penulis meminta maaf apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam penyusunan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki kesalahan yang terdapat di tugas akhir ini.

Denpasar, 13 Agustus 2023

Penulis

**ANALISIS SISTEM KERJA *BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM* (BESS)
PADA PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* SURYA SUANA KECAMATAN
NUSA PENIDA**

Oleh : Ni Wayan Anggita Pradnyani

ABSTRAK

BESS memiliki peran yang sangat penting dalam PLHS terutama PLHS Suana yang berada di Kecamatan Nusa Penida. Karena kelemahan PLHS tanpa BESS adalah ketika terjadi kelebihan energi listrik, sehingga diperlukan baterai untuk menyimpan kelebihan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaturan frekuensi untuk mengatur pembebanan PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida serta menganalisis karakteristik beban pada sistem BESS ketika cuaca cerah, *shading* dan sore hari. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif deskriptif dengan menganalisis data frekuensi, beban, dan intensitas radiasi matahari di PLHS Suana. Frekuensi yang dihasilkan oleh PLHS Suana sudah diatur sesuai dengan frekuensi yang dibangkitkan oleh PLN yakni 50 Hz, minimal 49,5 Hz atau maksimal 50 Hz. Diatur oleh inverter dan BESS. Ketika kondisi cerah maka PLHS dan BESS mampu mensuplai beban lebih banyak, sedangkan ketika *shading* cenderung lebih sedikit. Ketika sore hari, PLHS dan BESS hanya mampu menghasilkan 1,5 MW. Faktor penggunaan dan faktor beban masih cenderung kecil sehingga bisa ditingkatkan dengan pengoptimalan fungsi komponen BESS. Selain itu kemiringan dan kesehatan PV serta komponen lainnya harus tetap dijaga agar tidak mengalami kerusakan.

Kata kunci : BESS, PLHS, frekuensi, intensitas radiasi matahari, cuaca.

ABSTRACTION

BESS has a very important role in PLHS, especially PLHS Suana which is in Nusa Penida District. Because the weakness of PLHS without BESS is when there is an excess of electrical energy, a battery is needed to store the excess. This study aims to analyze the frequency settings to regulate the loading of PLHS Suana, Nusa Penida District and to analyze the characteristics of the load on the BESS system when the weather is sunny, *shading* and afternoon. The research method used is descriptive quantitative research by analyzing data on the frequency, load, and intensity of solar radiation at PLHS Suana. The frequency generated by PLHS Suana has been regulated according to the frequency generated by PLN, namely 50 Hz, a minimum of 49.5 Hz or a maximum of 50 Hz. Regulated by inverter and BESS. When conditions are sunny, PLHS and BESS are able to supply more loads, where as when *shading* tend to be less. In the afternoon, PLHS and BESS are only able to produce 1.5 MW. The usage factor and load factor tend to be small so that it can be improved by optimizing the function of the BESS components. In addition, the slope and health of the PV and other components must be maintained so that they are not damaged.

Keywords: BESS, PLHS, frequency, solar radiation intensity, weather

DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
FORM PERNYATAAN PLAGIARISME	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-3
1.3. Batasan Masalah.....	I-4
1.4. Tujuan Penelitian.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	II-1
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem <i>On Grid</i>	II-1
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem <i>Off Grid</i>	II-2
2.4 Modul Surya.....	II-2
2.5 Inverter	II-3
2.6 Jenis Baterai pada Sistem PLTS.	II-5
2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Sistem BESS (<i>battery energy storage system</i>).....	II-8
2.8 Sistem Kerja BESS (<i>Battery Energy Storage System</i>).....	II-10

2.9 Pengaturan Frekuensi dalam Sistem Tenaga Listrik.....	II-12
2.10 Karakteristik Beban.....	II-12
2.11 Pyranometer	II-13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 Jenis Penelitian.....	III-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	III-1
3.3 Tahapan Penelitian	III-1
3.4 Jenis Data	III-3
3.5 Sumber Data.....	III-3
3.6 Pengambilan Data	III-3
3.7 Pengolahan Data.....	III-4
3.8 Analisis Data	III-4
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA.....	IV-1
4.1 Pembahasan.....	IV-1
4.1.1 Gambaran Umum Pembangkit Listrik Hybrid Surya Suana Nusa Penida ..	IV-1
4.1.2 Komponen Utama Pembangkit Listrik Hybrid Surya Suana Nusa Penida .	IV-2
4.2 Analisa.....	IV-8
4.2.1 Frekuensi untuk Mengatur Pembebanan PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida	IV-8
4.2.2 Karakteristik Beban pada Sistem BESS ketika Kondisi Cerah	IV-11
4.2.3 Karakteristik Beban pada Sistem BESS ketika Kondisi <i>Shading</i>	IV-20
4.2.4 Karakteristik Beban pada Sistem BESS ketika Sore Hari.....	IV-26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran.....	V-2

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Spesifikasi JA Solar Type JAM72S30 525-550/MR	IV-3
Tabel 4. 2 Spesifikasi PV inverter Huawei tipe SUN2000-215KTL-H0 <i>String Inverter</i>	IV-4
Tabel 4. 3 Spesifikasi Inverter <i>Battery (PCS)</i> Hitachi tipe PS1000.....	IV-5
Tabel 4. 4 Spesifikasi komponen <i>battery rack</i>	IV-7
Tabel 4. 5 Spesifikasi CATL tipe LFP <i>battery rack</i>	IV-7
Tabel 4. 6 Rata-Rata Frekuensi PLHS Per. April 2023	IV-9
Tabel 4. 7 Data Piranometer pada PLHS Suana	IV-12
Tabel 4. 8 Data Daya Intensitas Radiasi Matahari dan Output PLHS	IV-13
Tabel 4. 9 Beban Harian Nusa Penida pada 18 April 2023	IV-14
Tabel 4. 10 Karakteristik Beban saat Cuaca Terik (18 April 2023).....	IV-19
Tabel 4. 11 Beban Harian Nusa Penida pada 13 April 2023	IV-20
Tabel 4. 12 Karakteristik Beban pada Sistem BESS ketika kondisi <i>shading</i> (13 April 2023)	IV-25
Tabel 4. 13 Output Daya Rata-Rata Sore Hari Per. bulan April 2023	IV-27
Tabel 4. 14 Karakteristik Beban Sistem BESS ketika sore hari	IV-28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik emisi karbon energi listrik di Indonesia ^[3]	I-1
Gambar 2. 1 Sistem PLTS <i>On-Grid</i> ^[13]	II-2
Gambar 2. 2 Sistem PLTS <i>Off-Grid</i> ^[14]	II-2
Gambar 2. 3 Modul surya tipe <i>Monocrystalline</i> dan <i>Polycrystalline</i> ^[15]	II-3
Gambar 2. 4 Prinsip kerja inverter ^[17]	II-4
Gambar 2. 5 (a). <i>Micro-Inverter</i> , (b). <i>String-Inverter</i> , (c). <i>Battery-Inverter</i>	II-5
Gambar 2. 6 Baterai <i>Lead-acid</i>	II-6
Gambar 2. 7 Baterai <i>Lithium-ion</i>	II-7
Gambar 2. 8 Baterai <i>Ni-Ca</i>	II-7
Gambar 2. 9 Diagram satu garis BESS	II-8
Gambar 2. 10 Grafik Kerja BESS ^[21]	II-9
Gambar 2. 11 <i>Merit order</i> PLTS sistem BESS ^[26]	II-10
Gambar 2. 12 <i>Pyranometer</i> ^[32]	II-14
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	III-1
Gambar 4. 1 PLHS Suana	IV-1
Gambar 4. 2 Single Line Diagram PLHS Suana ^[16]	IV-2
Gambar 4. 3 Modul surya JA Solar JAM72S30 525-550/MR.....	IV-3
Gambar 4. 4 PV inverter Huawei tipe SUN2000-215KTL-H0 <i>String Inverter</i>	IV-4
Gambar 4. 5 Inverter <i>Battery (PCS)</i> Hitachi tipe PS1000.....	IV-5
Gambar 4. 6 CATL tipe LFP <i>battery rack</i>	IV-6
Gambar 4. 7 Sel Prismatic baterai CATL PLHS Suana.....	IV-7
Gambar 4. 8 Data Frekuensi dan Daya PLHS Suana bulan April 2023.....	IV-9
Gambar 4. 9 (a). Data Frekuensi dan Daya PLHS Per. Minggu I April 2023. (b). Data Frekuensi dan Daya PLHS Per. Minggu II April 2023. (c). Data Frekuensi dan Daya PLHS Per. Minggu III April 2023. (d). Data Frekuensi dan Daya PLHS Per. Minggu IV April 2023.	IV-11
Gambar 4. 10 (a) Grafik Daya Output BESS dan PLHS Per.18 April 2023, (b) Grafik Iradiasi Matahari Per.18 April 2023	IV-16
Gambar 4. 11 Grafik Beban Harian Nusa Penida Per. 18 April 2023.....	IV-18
Gambar 4. 12 (a) Grafik Daya Output BESS dan PLHS Per.13 April 202, (b) Grafik Daya Intensitas Radiasi Matahari Per.13 April 2023	IV-22
Gambar 4. 13 Grafik Beban Harian Nusa Penida Per.13 April 2023.....	IV-24

Gambar 4. 14 (a) Grafik Daya Output Rata-Rata PLHS Per. April 2023, (b) Grafik Daya Output Rata- Rata BESS PLHS Per. April 2023.....	IV-26
Gambar 4. 15 Grafik Beban Harian Nusa Penida Per. April 2023.....	IV-28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Wawancara	L-2
Lampiran 2 Data Dokumentasi	L-4
Lampiran 3 Grafik Frekuensi PLHS Per. Hari Bulan April 2023.....	L-5
Lampiran 4 Grafik Frekuensi PLHS Per. Hari Bulan April 2023.....	L-7
Lampiran 5 Data Output Daya (kWh) BESS PLHS Suana Bulan April 2023	L-9
Lampiran 6 Data Output Daya (kWh) PLHS Suana Bulan April 2023	L-11
Lampiran 7 Data Beban PLHS Suana Bulan April 2023.....	L-17
Lampiran 8 Single Line Diagram BESS PLHS Suana	L-19

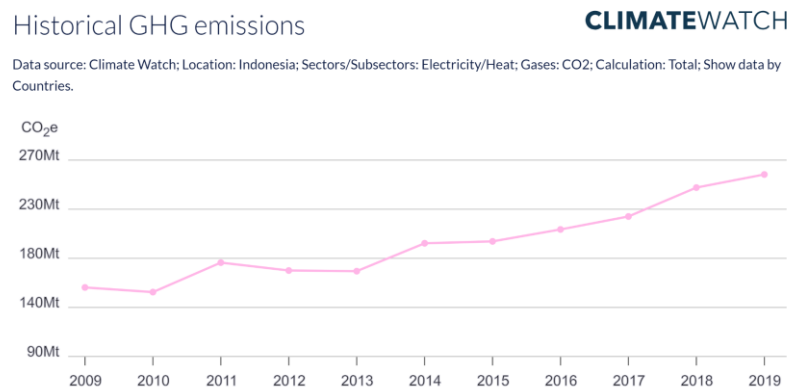
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi semakin pesat akibat kebutuhan yang juga meningkat. Kebutuhan utama adalah energi, yang digunakan untuk keberlangsungan hidup. Seperti energi cahaya, energi panas, energi kinetik, energi listrik, dan lain sebagainya. Energi yang saat ini sangat dibutuhkan tentu saja energi listrik [1].

Energi listrik menopang banyak kebutuhan mulai dari rumah tangga, industri hingga pemerintahan. Adanya perkembangan teknologi membuat semua perangkat membutuhkan energi listrik yang cukup besar. Namun hingga saat ini sumber energi yang umum digunakan berasal dari energi fosil yang jumlahnya tak terlalu banyak, karena bersumber dari sisa-sisa organisme purba yang sudah punah[1]. Menurut data statistik PLN tahun 2021, penggunaan energi listrik pada tahun 2021 mencapai 257.634,25 GWh. Pembangkit yang digunakan untuk mensuplai energi listrik menghasilkan 289 GWh, dimana menggunakan 68.474.268 ton batu bara dan 397.765 MMSCFD gas alam untuk menghasilkan energi tersebut. [2]. Selain itu emisi karbon yang dihasilkan oleh pembakaran karbon seperti batu bara, di Indonesia pada tahun 2019 mencapai hingga 256.84Mt yang ditunjukkan pada **Gambar 1.1** Grafik emisi karbon energi listrik di Indonesia dari tahun 2009 hingga 2019. Penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui akan mengakibatkan langkanya sumber penghasil energi listrik[3]. Dengan demikian dibutuhkan sumber-sumber energi yang terbarukan untuk mensuplai kebutuhan tersebut.



Gambar 1. 1 Grafik emisi karbon energi listrik di Indonesia ^[3]

Pembangkit Listrik Tenaga Energi Baru Terbarukan merupakan solusi yang mampu menopang kekurangan dari pembangkit listrik yang masih menggunakan sumber daya alam tidak terbarukan. Menurut data Kementerian ESDM melalui siaran pers, menyatakan bahwa Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) terus mendorong upaya percepatan transisi energi menuju Net Zero Emission (NZE) tahun 2060 atau lebih cepat. Tahun 2022 realisasi kapasitas terpasang dari sumber EBT telah mencapai 12.557 Megawatt (MW) lebih dari target sebesar 12.529 MW. Dari jumlah tersebut, 8.680 MW merupakan PLT EBT *on grid* atau tersambung dengan jaringan listrik PLN, dan selebihnya atau 3.877 MW adalah PLT EBT *offgrid*. Secara rinci, 12.557 MW kapasitas terpasang EBT di 2022 terdiri dari PLT Bayu 154,3 MW; PLTS 271,6 MW; PLT Bioenergi 3.086,6 MW; PLT Panas Bumi 2.355,4 MW; dan PLT Air 6.688,9 MW [4].

Sumber energi yang saat ini mampu diolah dengan baik dan mudah adalah matahari. Pemanfaatannya dapat dijadikan pembangkit listrik tenaga surya dengan bantuan panel surya, inverter dan baterai. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, dan 23% digunakan untuk sirkulasi pada permukaan bumi. Pemanfaatan di permukaan bumi digunakan untuk fotosintesis tumbuhan-tumbuhan yang selanjutnya dimanfaatkan untuk proses pembentukan batu bara dan minyak bumi. [5]. Selain itu emisi karbon yang dihasilkan oleh PLTS cenderung lebih sedikit daripada pembangkit yang bersumber dari energi fosil[3].

Ketika radiasi matahari diserap oleh sel surya maka akan timbul pergerakan elektron yang mengakibatkan terciptanya arus listrik sehingga menghasilkan energi listrik[6]. Hasil tersebut disalurkan ke inverter untuk diubah dari tegangan searah menjadi tegangan arus bolak-balik. Setelah itu energi akan disimpan di baterai, agar mampu digunakan ketika PLTS tidak menerima radiasi matahari pada saat mendung dan malam hari.

Cahaya yang dipancarkan matahari ke permukaan bumi menghasilkan iluminasi yang sangat besar, yaitu lebih dari 100.000 lux atau setara dengan pada kondisi langit cerah dan 10.000 lux atau setara dengan pada saat langit berawan[7]. Pada saat mendung atau berawan, terjadi penurunan kapasitas PLTS karena intensitas cahaya berkurang sehingga arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Hal tersebut

diakibatkan oleh sel foton yang dihasilkan oleh matahari sedikit dibandingkan saat cuaca terik atau tidak mendung. Saat foton mengenai sel surya akan terjadi beda potensial elektron antara layer-p dan layer-n yang menghasilkan arus listrik. Ketika cuaca mendung, PLTS tidak bisa digunakan secara optimal. Sehingga kemampuan PLTS menyimpan energi berkurang sekitar 30 persen [8]. Untuk mencapai tingkat efisiensi yang memadai dibutuhkan lokasi instalasi yang luas, komponen yang bisa mem-*backup* ketika ada perubahan cuaca, dan panel surya ini idealnya diarahkan ke matahari, tanpa hambatan seperti pohon dan gedung tinggi, untuk mencapai tingkat efisiensi yang diperlukan.

Ketidakpastian tersedianya sumber energi dapat diatasi dengan melakukan pengaturan jadwal pembangkitan (*scheduling generation*) dan memasang perangkat penyimpanan energi berupa baterai pada sistem atau BESS (*battery energy storage system*)[9]. BESS memiliki peran yang sangat penting dalam PLHS terutama PLHS Suana yang berada di Kecamatan Nusa Penida. Karena kelemahan PLHS tanpa BESS adalah ketika terjadi kelebihan energi listrik, sehingga diperlukan baterai untuk menyimpan kelebihan tersebut. Sampai saat ini belum didapatkan data dan informasi yang jelas mengenai sistem BESS pada PLHS Suana. Berdasarkan permasalahan tersebut dan minimnya informasi tentang BESS, maka penelitian ini dilakukan untuk dapat mengetahui sistem kerja serta pengaturan BESS (*battery energy storage system*) dalam PLHS.

1.2. Rumusan Masalah

Berlandaskan latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut:

- a. Bagaimanakah pengaturan frekuensi untuk mengatur pembebanan PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida?
- b. Bagaimanakah karakteristik beban pada sistem BESS (*battery energy storage system*) ketika kondisi cerah di PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida?
- c. Bagaimanakah karakteristik beban pada sistem BESS (*battery energy storage system*) ketika kondisi *shading* di PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida?
- d. Bagaimanakah karakteristik beban pada sistem BESS (*battery energy storage system*) ketika sore hari di PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida.

1.3. Batasan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dibatasi pada pengaturan frekuensi dan karakteristik beban pada sistem BESS (*battery energy storage system*) di PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida pada bulan April 2023.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari analisa sistem kerja *battery energy storage system* (BESS) pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Suana Kecamatan Nusa Penida, sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis pengaturan frekuensi untuk mengatur pembebanan PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida.
2. Untuk menganalisis karakteristik beban pada sistem BESS (*battery energy storage system*) ketika kondisi cerah di PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida.
3. Untuk menganalisis karakteristik beban pada sistem BESS (*battery energy storage system*) ketika kondisi *shading* di PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida.
4. Untuk menganalisis karakteristik beban pada sistem BESS (*battery energy storage system*) pada sore hari di PLHS Suana Kecamatan Nusa Penida.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka di peroleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Frekuensi yang dihasilkan oleh PLHS Suana sudah diatur sesuai dengan frekuensi yang dibangkitkan oleh PLN yakni 50 Hz, tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau tidak lebih tinggi dari 50 Hz. Sehingga daya yang dihasilkan PLHS Suana sudah bisa disalurkan ke beban dengan frekuensi yang sama dengan PLN. Pengaturan frekuensi pada PLHS diatur dan distabilkan oleh inverter dan BESS dengan mengontrol keluaran dari frekuensi saluran serta untuk *smoothing* frekuensi dan tegangan dengan PLTD Kutampi.
2. Ketika intensitas radiasi matahari melebihi 800 W/m^2 , maka PLHS mampu menghasilkan daya minimal 1,7 MW. Hasil daya PLHS pada tanggal 18 April 2023, saat puncak intensitas radiasi matahari siang hari mampu menghasilkan daya hingga 2,75 MW dan BESS mampu menghasilkan daya puncak sebesar 149 kW. Sehingga sistem BESS mampu memenuhi faktor beban sebesar 37 %, faktor ketersediaan 60% dan faktor penggunaan sebesar 90%.
3. Ketika intensitas radiasi matahari $< 800 \text{ W/m}^2$, maka PLHS hanya mampu menghasilkan daya maksimal 1,9 MW. Hasil daya PLHS pada tanggal 13 April 2023, saat puncak intensitas radiasi matahari siang hari karena *shading* awan hanya mampu menghasilkan daya sebesar 0,991 MW dan BESS hanya mampu menghasilkan daya puncak sebesar 100 kW. Sehingga sistem BESS hanya mampu memenuhi faktor beban sebesar 36 %, faktor ketersediaan 60% dan faktor penggunaan sebesar 43%.
4. Ketika intensitas radiasi matahari saat sore hari dimana rata rata $222,8 \text{ W/m}^2$, PLHS mampu menghasilkan daya maksimal 1,5 MW. Sedangkan hasil daya BESS mampu menghasilkan daya puncak sore hari sebesar 91,7 kW. Sehingga mampu memenuhi faktor beban sebesar 58 %, faktor ketersediaan 60% dan faktor penggunaan sebesar 43%.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang diberikan agar penelitian berikutnya lebih baik lagi yaitu sebagai berikut.

1. Perlu mengetahui komponen di dalam kabinet BESS secara langsung, sehingga mampu mendeskripsikan sesuai dengan keadaan nyata.
2. Data beban yang digunakan bisa diklasifikasikan sesuai dengan golongan tarif PLN agar mampu mendeskripsikan dan menghitung lebih rinci beban yang mampu disuplai oleh PLHS.
3. Perlunya pengoptimalan komponen PLHS seperti penggunaan sistem BESS sebagai penyimpan energi saat siang hari agar tidak terjadi defisit daya di Nusa Penida.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Mursanti and F. Tumiwa, “Strategi Penyediaan Akses Listrik Di Perdesaan Dan Daerah Terpencil Di Indonesia,” [Online] 2019. <https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2019/04/IESR-SP-E-Strategi-Penyediaan-Listrik-Perdesaan.pdf> (Accessed : 16 April 2023)
- [2] M.S.Boedoyo,” Potensi Dan Peranan Plts Sebagai Energi Alternatif Masa Depan Di Indonesia”, *Pusat Teknologi Sumberdaya Energi*, vol.14, pp. 1-7, Agustus.2012
- [3] T. Bhaktiar, “Pengaruh Battery Management System (BMS) pada Pengisian Baterai Lithium Sistem PLTS”, *Politeknik Negeri Ujung Pandang*, 2021.
- [4] A. Rahmi, dkk, “Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS ATAP DI INDONESIA,” *USAID*, pp.13-72, Juni. 2020
- [5] H.B. Tambunan, *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Yogyakarta : CV Budi Utama, 2020.
- [6] I. Novi and G. Iwa, “Optimasi Battery Energy Storage System Dalam Mengatasi Renewable Energy Intermittency dan Load Leveling”, *Universitas Muhammad Jember*, vol.4, pp 1-18, 2022.
- [7] Sistem Distribusi Tenaga Listrik , [online] 2022, <http://repository.usm.ac.id/files/skripsi/C41A/2014/C.411.14.0003/C.411.14.0003-05-BAB-II-20190222102815.pdf> (Accessed : 16 April 2023).
- [8] M. F. Fikri, R. A. A. R, and C. Hudaya, “Studi Optimasi Pembangkit Listrik Berbasis Energi Terbarukan pada Sistem Kelistrikan Pulau Nusa Penida Bali”, *SENTER*, pp. 265–275, Jan. 2019.
- [9] S. Aristi, “Jelang KTT G20, PLN Pamerkan 2 PLTS dan 33 PV Rooftop”, *PLN* .2022.
- [10] A.W. Hasanah, T. Koerniawan and Yuliansyah, “Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem OFF-GRID di STT-PLN,” *Sekolah Tinggi Teknik-PLN*, vol 10. pp 2-8, September, 2018.
- [11] S. Sukmajati and M. Hafidz, “Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid di Yogyakarta,” *Sekolah Tinggi Teknik-PLN*, vol 7. pp 49-63, Agustus , 2015.

- [12] Sel Surya, [online] tt, <http://eprints.polsri.ac.id/4612/3/FILE%20III.pdf> (Accessed : 18 April 2023)
- [13] Priajana, P.G.G., I.N.S. Kumara, & I.N. Setiawan. " GRID TIE INVERTER UNTUK PLTS ATAP DI INDONESIA: REVIEW STANDAR DAN INVERTER YANG COMPLIANCE DI PASAR DOMESTIK." *Jurnal SPEKTRUM*, vol 7, pp 62-72, 2020.
- [14] Yurika,"Dorong Riset PLTS, Schneider Electric Serahkan Peralatan Solar Inverter ke Universitas Sriwijaya", [online] 2022, <https://www.dunia-energi.com/dorong-riset-plts-schneider-electric-serahkan-peralatan-solar-inverter-ke-universitas-sriwijaya/> (Accessed : 20 April 2023)
- [15] A. Nur and I. Fadlika, "RANCANG BANGUN OFF-GRID SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) SEBAGAI MODUL PEMBELAJARAN BAGI MAHASISWA UNIVERSIDADE ORIENTAL DE TIMOR LOROSA'E (UNITAL)," *Prosiding*, 2022.
- [16] M. A. Gumintang , M. F. Sofyan and I. Sulaeman, *Design and Control of PV Hybrid System in Practice*, Jakarta Pusat : GIZ, 2020
- [17] R.A. Diantari, Erlina and C. Widyastuti, "PENYIMPANAN ENERGI PADA BATERAI PLTS," *Sekolah Tinggi Teknik-PLN*, vol .9, pp 101-179, Desember, 2017.
- [18] B. Chapman, " How Does Lithium Ion Battery Work?," [online] 2019, <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-in-context/how-does-a-lithium-ion-battery-work> (Accessed : 20 April 2023).
- [19] S.G. Greenbaum."Lithium Ion Batteries, Electrochemical Reactions in," Ph.D dissertation, University of New York, New York, 2013.
- [20] J. Junaidi, K.H. Khwee and A. Hiendro, "Migrasi Baterai Lithium dari Mode Otomotif ke Mode Penyimpan Energi untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya,"*ELKHA*, vol. 8, 2016.
- [21] A. Podias, A. Pfrang, F. D. Persio, "Sustainability Assessment of Second Use Applications of Automotive Batteries: Ageing of Li-Ion Battery Cells in Automotive and Grid-Scale Applications," *WEVJ*, vol. 9, 2018.
- [22] M.T. Lawder and B. Suthar "Penyimpanan Energi Baterai System (BESS) dan Battery Management System (BMS) untuk Aplikasi Skala Grid,"*IEEE*, vol.102, 2014.

- [23] R. Maruki and M. Zoni, "Menentukan Performance Baterai LiFePO₄ Pada PLTS Menggunakan Battery Management System (BMS)," *Universitas Bung Hatta*, 2022.
- [24] Hardani, Helmina Andriani, Jumari Ustiawaty, Evi Fatmi Utami, Ria Rahmatul I., Roushandy Asri Fardani, Dhika Juliana Sukmana, Nur Hikmatul Auliya, "Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif", Yogyakarta: CV Pustaka Ilmu Group, 2022.