
INOVASI PENYEDIAAN LISTRIK DI PULAU TERISOLASI MENGUNAKAN PEMBANGKIT LISTRIK HIBRID

Muhammad Iqbal Amri¹, Chairul Hudaya², Indra Darmawan³

Program Studi Magister Manajemen Inovasi, Sekolah Pascasarjana Universitas
Teknologi Sumbawa¹, Universitas Teknologi Sumbawa², Universitas Teknologi
Sumbawa³

Correponden Author : muhammad.iqbalamri@pln.co.id

Abstrak

Masyarakat Pulau Medang dan Pulau Moyo sudah menikmati listrik dengan adanya PLTD di masing-masing sistem isolated Medang, Sebotok dan Labuan Aji, namun belum secara 24 jam dikarenakan sulitnya akses transportasi bahan bakar minyak ke lokasi. Selain itu, berdasarkan data NASA, Pulau Moyo dan Pulau Medang memiliki intensitas matahari yang cukup baik, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan PLTS. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk dapat melistriki secara 24 jam ketiga sistem isolated tersebut adalah dengan membuat PLT Hibrid dari kedua sumber PLTD dan PLTS tersebut ditambah dengan Baterai. Pengoperasian PLT Hibrid ini disimulasikan menggunakan aplikasi HOMER PRO dengan masing-masing 3 skenario untuk masing-masing lokasi, yaitu kondisi saat ini, kondisi ketika PLTD dioperasikan 24 jam dan kondisi ketika PLT Hibrid beroperasi. Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa pengoperasian PLT Hibrid menjadi opsi paling optimal dari segi biaya dibandingkan 2 skenario lainnya. Bersamaan dengan hal tersebut, pola operasi optimal dari pengoperasian PLT Hibrid dimana PLTS menjadi unit pembangkit dengan suplai terbesar dengan rincian sistem isolated Medang sebesar 55,60% dari total suplai per tahun, Sebotok 84,4% dari total suplai per tahun dan Labuan Aji sebesar 90,30% dari total suplai per tahun. Dengan rincian penghematan biaya yang diperoleh selama masa proyek 25 tahun antara lain untuk sistem isolated Medang senilai Rp 4,62 Milyar, Sebotok senilai Rp 5,12 Milyar dan Labuan Aji senilai Rp 6,48 Milyar. Kemudian dari sisi penggunaan bahan bakar (HSD) didapat penghematan biaya dari 3 lokasi tersebut adalah senilai \$3,56 juta atau senilai Rp 52,36 Milyar.

Kata kunci: Pulau Terisolasi, PLTD, PLTS, PLT Hibrid, penghematan biaya

Abstract

The people of Medang Island and Moyo Island have enjoyed electricity which support by Diesel Generator in every isolated systems, there are Medang, Sebotok and Labuan Aji, but not yet in 24 hours due to the difficulty of fuel transportation to the site. In addition, based on data from NASA, Moyo Island and Medang Island have a fairly good solar intensity, so they are potentially to be utilized by solar power plants. Therefore, one of the feasible work to make electricity utilized those isolated systems continuously 24 hours is to make Hybrid Powerplant form both Diesel Generators and Solar PV which coupled with Batteries. The operation of this Hybrid PLT is simulated using the HOMER PRO software with 3 scenarios for each location, namely the current condition, the condition when the Diesel Generators are operated 24 hours and the condition when the Hybrid Powerplant is operating. The results show us the conclusion that operate Hybrid Powerplant is the most efficient scenario compared to the other 2 scenarios. Along with that, the optimum operational composition based on installed powerplants from Hybrid Powerplant whereas Solar PV are the largest supplier energy such as at Medang System it supplies up to 55,60% of total a year, at

Sebotok System it supplies up to 84,40% of total a year and at Labuan Aji System it supplies up to 90,30% of total a year. The details of the cost savings obtained during 25-year project period, as Medang System worth Rp 4,62 billion, Sebotok System worth Rp 5,12 billion and Labuan Aji System worth Rp 6,48 billion. Then in terms of fuel (HSD) savings, this Hybrid Powerplant on those 3 locations, the savings worth \$3,56 million or Rp 52,36 billion.

Keywords: Isolated Island, Diesel Generator, Solar PV, Hybrid Powerplant, Cost Savings

A. PENDAHULUAN

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok setelah sandang, pangan dan papan. Dalam kehidupan sehari-hari banyak ditemukan peralatan rumah tangga yang membutuhkan listrik seperti lampu penerangan, lemari pendingin, pendingin udara, pemanas air, dan lain-lain. Tidak hanya dalam peralatan rumah tangga, dalam hal industri dan bisnis pun listrik menjadi kebutuhan penting seperti penggunaan Cold Storage sebagai tempat penyimpanan ikan, penerangan dan peralatan hotel, dan lain-lain.

Pada praktiknya, penyediaan energi listrik harus memenuhi prinsip kecukupan (sesuai kebutuhan), memiliki kualitas yang baik serta dengan harga terjangkau (Arinaldo, Adiatma, & Simamora, 2019). Sedangkan menurut World Bank, *cost of doing business* di Indonesia dalam hal kelistrikan masih dinilai sebagai disinsentif paling mahal jika dibandingkan dengan beberapa negara Asia (World Bank, 2013) (Schwab, 2012). Begitu juga dengan pertumbuhan kebutuhan listrik di Indonesia per semester I/2019, rata-rata pertumbuhan konsumsi listrik Indonesia di angka 5,85%, angka ini masih dibawah proyeksi rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik nasional dalam Rencana Umum Kelistrikan Nasional tahun 2019-2038 yaitu sebesar 6,9% (KepMen ESDM No. 143.K, 2019).

Indikator yang digunakan dalam pemerataan penyediaan listrik di seluruh Indonesia menggunakan Rasio Elektrifikasi. Dalam buku Statistik Indonesia 2020, Untuk daerah Indonesia Timur, khususnya NTB mencatat angka sebesar 99,70%. Namun angka ini bukan tanpa catatan, yaitu dari 99,70%

masyarakat yang sudah menikmati listrik belum semuanya menikmati secara 24 jam. Di NTB sendiri yaitu sistem *isolated* Medang di Pulau Medang, sistem *isolated* Sebotok dan Labuan Aji di Pulau Moyo.

Pulau Medang dan Pulau Moyo berada di sebelah Utara Pulau Sumbawa, secara administratif berada di Kecamatan, Labuhan Badas, Kabupaten Sumbawa. Terdapat desa Bajo Medang dan Bugis Medang di Pulau Medang, serta Desa Sebotok dan Labuan Aji di Pulau Moyo (Daniswari, 2022). Saat ini sistem *isolated* tersebut dilistriki menggunakan PLTD masing-masing Medang 562 kW, Sebotok 368 kW dan Labuan Aji 328 kW. Kendala utama transportasi BBM dikarenakan lokasi Pulau yang cukup jauh dari Pulau Sumbawa. Ditambah dengan cuaca buruk, menyebabkan transportasi BBM semakin sulit dilakukan.

Indonesia yang berada di garis khatulistiwa memiliki intensitas matahari yang sangat baik, sehingga memiliki potensi untuk memanfaatkan PLTS. Menurut sumber katadata.co.id, NTB memiliki potensi PLTS sebesar 10 MW, termasuk untuk daerah Pulau Sumbawa yaitu Pulau Medang dan Pulau Moyo (Rizaty, 2022).

Dengan adanya PLTD terpasang dan potensi PLTS di sistem *isolated* Medang, Sebotok dan Labuan Aji, salah satu inovasi teknologi yang dapat dikembangkan adalah dengan PLT Hibrid yang menggabungkan PLTD dengan PLTS.

Pengoperasian PLT Hibrid nantinya diharapkan dapat menekan biaya operasional pembangkitan di lokasi *isolated*, sekaligus mendukung program pemerintah dalam menekan penggunaan pembangkit berbahan bakar fosil karena

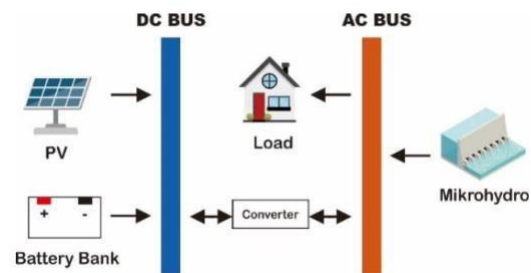
secara otomatis dapat menghemat biaya pemakaian BBM.

B. LANDASAN TEORI

Zuraidah Tharo, Hamdani dan Melly Adriana dalam penelitiannya tentang PLT Hibrid PLTS dan PLTB sebagai sumber alternatif menghadapi krisis energi fosil di Sumatra menyebutkan penggunaan pembangkit dengan bahan bakar fosil secara jangka panjang akan mengakibatkan Indonesia menjadi importir minyak bumi dalam waktu dekat (Tharo, Hamdani, & Adriana, 2019). S. Ghose, A. El Shahat dan R.J. Haddad dalam penelitiannya tentang *Wind-Solar Hybrid Power System Cost using HOMER for Statesboro* menjelaskan PLT Hibrid antara PLTS dan PLTB memiliki biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan biaya produksi PLTD (Ghose, Shahat, & Haddad, 2017).

L. Sinaga, H. Hermawan dan A. Nugroho dalam penelitiannya tentang Optimasi PLT Hibrid PLTS-PLTB-PLTBm dan Diesel di Pulau Nyamuk Karimun Jawa menyebutkan intensitas energi matahari di Indonesia hingga 12 jam per hari (Sinaga, Hermawan, & Nugroho, 2016). Prian Gagani Chamdanero dan Hamzah Hilal dalam penelitiannya tentang PLT Hibrid PLTD-PLTS di Pulau Tunda, Serang, Banten menyebutkan PLTS dapat menyuplai sistem sampai dengan 18,7% dari total beban (Chamdanero & Hilal, 2020).

Inovasi teknologi banyak diterapkan dalam perkembangan pembangkit listrik saat ini, baik dalam penyempurnaan masing-masing jenis pembangkit sampai dengan perkembangan penggabungan beberapa jenis pembangkit yaitu PLT Hibrid. PLT Hibrid merupakan salah satu inovasi energi terbarukan yang menggabungkan dua atau lebih jenis pembangkit energi terbarukan dan atau pembangkit konvensional untuk memperoleh efisiensi yang lebih baik.



Gambar 1. Konfigurasi PLT Hibrid

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah a) menentukan model operasi optimal untuk pemenuhan listrik 24 jam di lokasi *isolated*, b) membuat model operasi optimal dengan pengoperasian PLT Hibrid, c) menganalisa perhitungan biaya efisiensi yang diperoleh dengan pengoperasian PLT Hibrid dibandingkan dengan pengoperasian PLTD, d) menganalisa penghematan biaya bahan bakar minyak yang dapat dihasilkan, dan e) menganalisa PLT Hibrid dapat meningkatkan pelayanan penyediaan listrik kepada masyarakat menjadi 24 jam.

C. METODE

Penelitian dilakukan di lokasi sistem *isolated* Medang di Pulau Medang dan Sebotok dan Labuan Aji di Pulau Moyo. Data-data yang diperlukan antara lain: a) kapasitas terpasang PLTD saat ini di sistem *isolated* Medang, Sebotok dan Labuan Aji, b) Daya Mampu PLTD saat ini di lokasi tersebut, c) Beban harian sistem *isolated* di lokasi tersebut, d) Intensitas radiasi surya di lokasi tersebut, e) Referensi harga material PLTS beserta peralatan pendukungnya, f) Perhitungan rencana kapasitas PLTS, Inverter dan Baterai di lokasi tersebut.

Tabel 1. Daya Terpasang dan Daya Mampu PLTD saat ini

Lokasi	Unit Mesin	Daya Terpasang	Daya Mampu
PLTD Medang	Deutz 5	250	150
	Deutz 6	128	100
	Sandav	50	50
	Deutz 4	200	135
PLTD Sebotok	Deutz 5	40	18
	Deutz 6	128	100
	Volvo	100	100
	Volvo	100	80
PLTD Labuan Aji	Caterpillar	100	87
	Deutz BF6	128	100
	Deutz	100	80

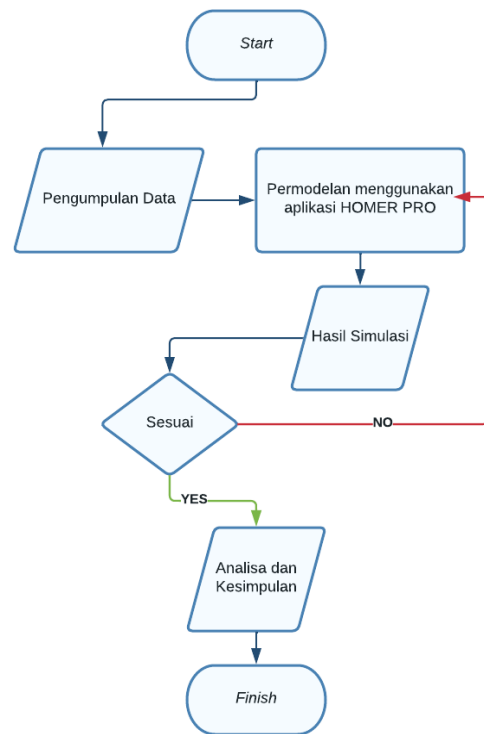
Tabel 2. Data Beban Harian saat ini (per 15 Juni 2022)

Sistem	Kondisi	Beban Siang	Beban Malam
Medang	DMP (MW)	OFF	0,44
	BP (MW)	OFF	0,142
	CAD (MW)	OFF	0,3
	Status	OFF	NORMAL
Sebotok	DMP (MW)	OFF	0,298
	BP (MW)	OFF	0,082
	CAD (MW)	OFF	0,22
	Status	OFF	NORMAL
Labuan Aji	DMP (MW)	OFF	0,265
	BP (MW)	OFF	0,085
	CAD (MW)	OFF	0,18
	Status	OFF	NORMAL

Tabel 3. Rencana Kapasitas PLTS, Baterai dan Inverter

Uraian	Satuan	Medang	Sebotok	Labuan Aji
Kapasitas PLTS	kWp	314	217	169
Kapasitas Inverter	kW	260	180	140
Kapasitas Baterai	kWh	550	362	282

Penelitian dilaksanakan menggunakan aplikasi HOMER PRO 3.14.2 dengan alur:



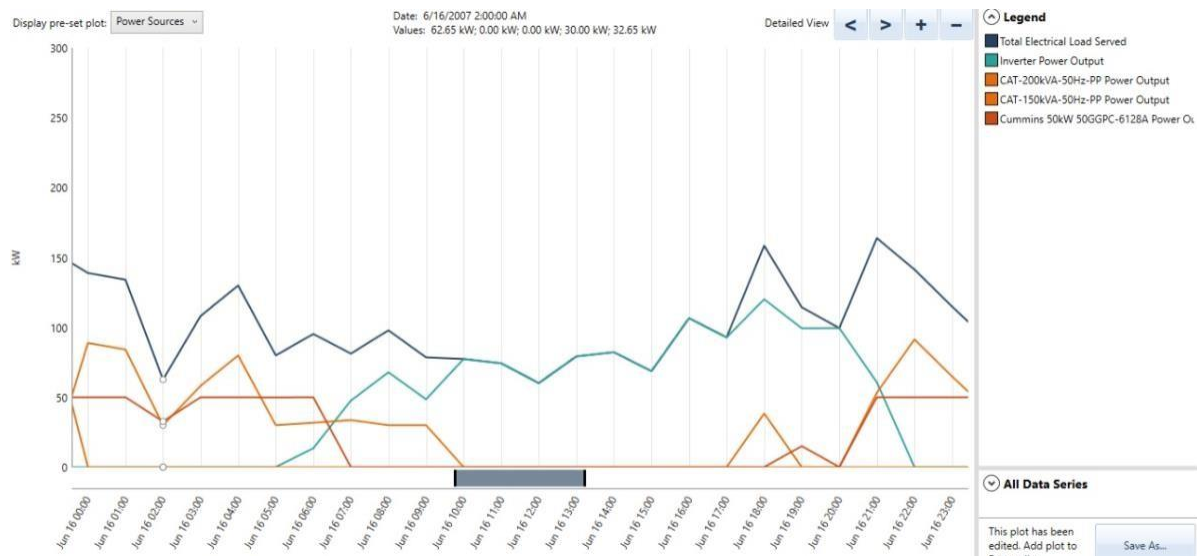
Gambar 1. Alur Pelaksanaan Penelitian

Adapun variabel yang diamati dalam penelitian ini antara lain: a) *Net Present Cost (NPC)*, b) *Levelized Cost of Energy (LCOE)*, c) Biaya O&M, d) Total Produksi Energi, dan e) *Renewable Penetration*.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sistem *isolated* Medang

Dari hasil penelitian, PLTS dan *Baterai* direpresentasikan oleh suplai dari *Inverter*. Untuk memenuhi kebutuhan beban dari pukul 00.00 pembangkit yang dioperasikan adalah PLTD kapasitas 150 kW, 100 kW dan 50 kW. Selanjutnya setelah adanya suplai masuk dari PLTS, yang dalam hal ini Input Power dari Inverter, PLTD menurunkan energi suplai namun masih tetap beroperasi dengan status standby. Dalam posisi ini PLTD disebut sebagai Load Follower terhadap PLTS.



Gambar 2. Diagram penetrasi masing-masing pembangkit terhadap beban sistem *isolated* Medang

Dari hasil simulasi PLT Hibrid di Sistem *Isolated* Medang, dari sisi pemenuhan kebutuhan listrik secara 24 jam antara pengoperasian PLTD 24 jam dengan PLT Hibrid 24 jam, didapatkan nilai *Net Present Cost* (NPC), *Levelized Cost of Energy* (LCOE) dan biaya O&M terendah diperoleh dari pengoperasian PLT Hibrid. Yakni NPC PLT Hibrid sebesar \$1,90 M atau lebih rendah \$0,32 M dari pengoperasian PLTD 24 jam, LCOE sebesar \$0,174/kWh atau lebih rendah \$0,025 dari pengoperasian PLTD 24 jam dan biaya O&M sebesar \$111.741/yr atau lebih rendah \$72.858 dari pengoperasian PLTD 24 jam. Dimana secara biaya Total didapatkan penghematan sebesar \$314.136,32 atau sebesar Rp 4,63 Milyar selama 25 tahun.

Dari sisi penghematan biaya BBM juga didapatkan bahwa pengoperasian PLT Hibrid dapat menghemat biaya BBM sebesar \$1,03 M atau setara Rp 15,23 Milyar. Dan dengan pengoperasian PLT

Hibrid selama 24 jam akan meningkatkan pelayanan kepada masyarakat dari yang sebelumnya hanya menikmati listrik selama 12 jam menjadi 24 jam.

2. Sistem *Isolated* Sebotok

Dari hasil penelitian, PLTS dan *Baterai* direpresentasikan oleh suplai dari *Inverter*. Untuk memenuhi kebutuhan beban dari pukul 00.00 suplai berasal dari inverter, yang dalam hal ini adalah *Baterai* yang masih memiliki energi tersimpan. Seiring menurunnya energi tersimpan dari *Baterai*, pada pukul 01.00 PLTD kapasitas 50 kW mulai menyuplai sistem bersamaan setelahnya PLTD kapasitas 100 kW menyuplai dari pukul 02.00 sampai pukul 08.00. Selanjutnya *Baterai* melalui *Inverter* kembali menyuplai beban mulai pukul 05.00 sampai dengan pukul 23.00 secara penuh tanpa adanya PLTD. Dalam posisi ini PLTD disebut sebagai Load Follower terhadap PLTS.



Gambar 3. Diagram penetrasi masing-masing pembangkit terhadap beban sistem *isolated* Sebotok

Dari hasil simulasi PLT Hibrid di Sistem *Isolated* Sebotok, dari sisi pemenuhan kebutuhan listrik secara 24 jam antara pengoperasian PLTD 24 jam dengan PLT Hibrid 24 jam, didapatkan nilai *Net Present Cost* (NPC), *Levelized Cost of Energy* (LCOE) dan biaya O&M terendah diperoleh dari pengoperasian PLT Hibrid. Yakni NPC PLT Hibrid sebesar \$1,10 M atau lebih rendah \$0,35 M dari pengoperasian PLTD 24 jam, LCOE sebesar \$0,187/kWh atau lebih rendah \$0,059 dari pengoperasian PLTD 24 jam dan biaya O&M sebesar \$39.450/yr atau lebih rendah \$93.956 dari pengoperasian PLTD 24 jam. Dimana secara biaya Total didapatkan penghematan sebesar \$348.980,62 atau sebesar Rp 5,14 Milyar selama 25 tahun.

Dari sisi penghematan biaya BBM juga didapatkan bahwa pengoperasian PLT Hibrid dapat menghemat biaya BBM sebesar \$1,13 M atau setara Rp 16,69 Milyar. Dan dengan pengoperasian PLT

Hibrid selama 24 jam akan meningkatkan pelayanan kepada masyarakat dari yang sebelumnya hanya menikmati listrik selama 12 jam menjadi 24 jam.

3. Sistem *isolated* Labuan Aji

Dari hasil penelitian, PLTS dan *Baterai* direpresentasikan oleh suplai dari *Inverter*. Untuk memenuhi kebutuhan beban dari pukul 00.00 suplai berasal dari inverter, yang dalam hal ini adalah *Baterai* yang masih memiliki energi tersimpan. Seiring menurunnya energi tersimpan dari *Baterai*, pada pukul 05.00 sampai dengan pukul 09.00 PLTD kapasitas 120 kW mulai menyuplai sistem. Dengan beroperasinya PLTD sehingga memungkinkan *Baterai* melalui *Inverter* kembali terisi dan menyuplai kembali sehingga pada pukul 09.00 sistem kembali ditopang oleh *Inverter* tanpa adanya PLTD. Dalam posisi ini PLTD berperan sebagai Load Follower terhadap PLTS.



Gambar 4. Diagram penetrasian masing-masing pembangkit terhadap beban sistem *isolated* Labuan Aji

Dari hasil simulasi PLT Hibrid di Sistem *Isolated* Labuan Aji, dari sisi pemenuhan kebutuhan listrik secara 24 jam antara pengoperasian PLTD 24 jam dengan PLT Hibrid 24 jam, didapatkan nilai *Net Present Cost* (NPC), *Levelized Cost of Energy* (LCOE) dan biaya O&M terendah diperoleh dari pengoperasian PLT Hibrid. Yakni NPC PLT Hibrid sebesar \$1,16 M atau lebih rendah \$0,44 M dari pengoperasian PLTD 24 jam, LCOE sebesar \$0,181/kWh atau lebih rendah \$0,068 dari pengoperasian PLTD 24 jam dan biaya O&M sebesar \$33.559/yr atau lebih rendah \$99.853 dari pengoperasian PLTD 24 jam. Dimana secara biaya Total didapatkan penghematan sebesar \$439.985,39 atau sebesar Rp 6,48 Milyar selama 25 tahun.

Dari sisi penghematan biaya BBM juga didapatkan bahwa pengoperasian PLT Hibrid dapat menghemat biaya BBM sebesar \$1,39 M atau setara Rp 20,44 Milyar. Dan dengan pengoperasian PLT Hibrid selama 24 jam akan meningkatkan pelayanan kepada masyarakat dari yang sebelumnya hanya menikmati listrik selama 12 jam menjadi 24 jam.

E. PENUTUP

Dari penelitian didapatkan beberapa kesimpulan antara lain: a) Berdasarkan nilai NPC, LCOE dan Biaya O&M, diperoleh skenario dengan biaya terendah adalah dengan pengoperasian PLT Hibrid

dibandingkan dengan skenario pengoperasian PLTD, b) Pola operasi optimal dari pengoperasian PLT Hibrid adalah dari ketiga lokasi, diperoleh PLTS dapat menyuplai beban sampai dengan 90,3% dari total kebutuhan listrik, yaitu PLTS Medang 55,6%, PLTS Sebotok 84,4% dan PLTS Labuan Aji 90,3%, c) Pengoperasian PLT Hibrid menghasilkan penghematan biaya total sebesar \$1,1 M atau setara Rp 16,24 Milyar, d) Pengoperasian PLT Hibrid menghasilkan penghematan biaya bahan bakar sebesar \$3,56 M atau setara \$ 52,36 Milyar, e) Peningkatan pelayanan penyediaan listrik kepada masyarakat meningkat dari sebelumnya hanya dilayani 12 jam menjadi 24 jam.

Adapun saran yang dapat dikembangkan dari penelitian ini adalah: a) Penelitian dapat dikembangkan dengan menambahkan variabel potensi pengurangan emisi CO₂ dengan beroperasinya PLT Hibrid, b) Penelitian dapat dikembangkan dengan menggunakan data beban listrik memperhitungkan pertumbuhan beban selama 25 tahun masa proyek, c) Bagi PLN, penelitian ini dapat dikembangkan untuk sistem *isolated* lainnya seperti Kecamatan Lunyuk yang juga masih belum terinterkoneksi dengan sistem interkoneksi Sumbawa, d) Bagi Pemda, penelitian dapat dijadikan data pendukung

dalam peningkatan ekonomi daerah Pulau Medang dan Pulau Moyo, seperti dengan pelayanan listrik secara 24 jam dapat membuka peluang bisnis maupun pariwisata di lokasi tersebut.

F. UCAPAN TERIMAKASIH

Pada akhirnya kami mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian ini, salah satunya PT PLN (Persero) UIW NTB, khususnya PLN UP3 Sumbawa atas bantuan data dan dukungannya, pihak kampus Universitas Teknologi Sumbawa atas bantuan dalam pengurusan penelitian ini, dan masih banyak lagi yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR RUJUKAN

- Azizah, A. N., & Pubawanto, S. (2021). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PV dan Mikrohidro) terhubung Grid. *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*.
- Chamdanero, P. G., & Hilal, H. (2018). *Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PTLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Daniswari, D. (2022, March 16). *Mengenal Pulau Moyo Sumbawa, Pulau yang Pernah jadi Tempat Liburan Putri Diana hingga Mick Jagger*. Retrieved from Kompas.com: <https://regional.kompas.com/read/2022/03/16/221446378/mengenal-pulau-moyo-sumbawa-pulau-yang-pernah-jadi-tempat-liburan-putri?page=all>
- Dedisukma, Sunanda, W., & Gusa, R. F. (2015). Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Diesel Generator dan Photovoltaic Array menggunakan perangkat lunak Homer (Studi Kasus di Pulau Semujur Kabupaten Bangka Tengah). *Jurnal Ecotipe*.
- Ghose, S., Shahat, A. E., & Haddad, R. J. (2017). Wind-solar Hybrid Power System Cost Analysis using Homer for Statesboro, Georgia. *IEEE*, 1-3.
- International Energy Agency. (2021). *Renewables 2021*. Retrieved from IEA: <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>
- Kementerian ESDM. (2021, November 20). *Triwulan III 2021: Rasio Elektrifikasi 99,40%, Kapasitas Pembangkit EBT 386 MW*. Retrieved from Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/triwulan-iii-2021-rasio-elektrifikasi-9940-kapasitas-pembangkit-ebt-386-mw>
- KepMen ESDM No. 143.K. (2019). *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Mahdi, M. I. (2022, January 27). *Rasio Elektrifikasi Indonesia telah mencapai 99,45% pada 2021*. Retrieved from DataIndonesia.id: <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/rasio-elektrifikasi-indonesia-telah-mencapai-9945-pada-2021>
- Mahyuddin. (2013). Analisis Pembangkit Hibrid Energi Terbarukan untuk Edukasi. *Pascasarjana UNHAS*.
- Nugroho, H. (2010, November 2). *Konsep Inovasi Teknologi*. Retrieved from Kompasiana: <https://www.kompasiana.com/hari121287/55003e4fa333115b735102f4/konsep-inovasi-teknologi>
- Okedu, K. E., & Roland, U. (2014). Optimization of Renewable Energy Efficiency using HOMER. *ResearchGate*.
- PP RI No. 18. (2020). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Presiden Republik Indonesia. (2007). *Undang Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Rizaty, M. A. (2022, March 21). *Potensi Energi Baru Terbarukan di NTB Capai 102,74 Megawatt*. Retrieved from katadata.co.id:

-
- <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/03/21/potensi-energi-baru-terbarukan-di-ntb-capai-10274-megawatt>
- Schwab, K. (2012). *The Global Competitiveness Report 2012-2013*. Geneva: World Economic Forum.
- Sinaga, G. A., Mataram, I. M., & Partha, T. G. (2019). Analisis Pembangkit Listrik Sistem Hybrid Grid Connected di Villa Peruna Saba, Gianyar - Bali. *Jurnal SPEKTRUM*.
- Sinaga, L., Hermawan, & Nugroho, A. (2016). Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Surya, Angin, Biomassa dan Diesel di Pulau Nyamuk Karimunjawa Jawa Tengah dengan menggunakan Perangkat Lunak Homer. *E-Journal UNDIP*.
- Tharo, Z., Hamdani, & Andriana, M. (2019). Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan Angin sebagai Sumber Alternatif menghadapi Krisis Energi Fosil di Sumatera. *Jurnal UISU*.
- Weldermariam, L. E. (2010). Genset-Solar-Wind Hybrid Power System of Off-grid Power Station for Rural Applications. *SemanticScholar*.
- World Bank. (2013). *World Development Report 2004*. Washington DC: World Bank.
- (n.d.).`1