

Integrasi Plts Pada Sistem Kelistrikan Untuk Penyediaan Listrik di Desa Tanjung Kelumpang, Belitung Timur (Area Geosite Pantai Punai, Kawasan Geopark Belitung)

Irma Suryanti¹, Sheila Tobing^{1*}

¹ Program Studi Magister Teknik Sistem Energi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

E-mail: sheila.tobing@ui.ac.id

ABSTRAK

Riset ini dilakukan untuk membuat sebuah skenario simulasi dari proses integrasi pembangkit listrik tenaga surya kedalam sistem kelistrikan yang sudah ada di desa Tanjung Kelumpang (Pantai Punai, Jaringan Global Hutan Lindung Belitung). Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak HOMER dengan pola beban listrik pada lokasi berkisar 24000 kWh per hari. Skenario simulasi disiapkan dengan cara mengintegrasikan pembangkit listrik bertenaga surya dengan pembangkit listrik tenaga diesel dan jaringan PLN. Simulasi dan optimasi menunjukkan bahwa pengintegrasian pembangkit tenaga surya dengan 30% kapasitas pembangkit tenaga diesel beserta jaringan listrik dari PLN memberikan hasil yang paling optimal. Angka LCOE (Levelized Cost of Electricity) Rp 1.173/ kWh dan NPC (Net Present Cost) Rp 1.788/ kWh. Integrasi pembangkit listrik tenaga surya pada sistem kelistrikan yang sudah ada di desa Tanjung Kelumpang merupakan sebuah solusi untuk memberikan sumber energi yang ramah lingkungan dengan harga yang kompetitif. Arah pembangunan provinsi Bangka Belitung saat ini mengalami transisi dari ekonomi berbasis pertambangan menjadi berbasis pariwisata. Integrasi pembangkit listrik terbarukan dapat memberikan efek yang berlipat untuk mencapai pembangunan sektor pariwisata yang berkelanjutan. Berbagai cara harus dilakukan untuk mencapai dan mengakselerasi tujuan tersebut melalui pembuatan kebijakan, menyediakan infrastruktur, meningkatkan kompetensi sumber daya manusia, kerjasama dan investasi, serta melibatkan penduduk setempat dalam proses.

Kata Kunci :

Hutan lindung, Energi terbarukan, Pembangkit listrik tenaga surya, Pembangunan berkelanjutan.

ABSTRACT

This research was carried out by developing simulation scenario for the integration of solar power plant into the existing electricity system in Tanjung Kelumpang Village (Punai Beach Area, Belitung Geopark Global Network) with an electricity load pattern at the location in the amount of 24.000 kWh/day using HOMER software. The simulation scenario prepared is integrating solar power plant with 30% of the existing diesel power plant capacity (the diesel power plant capacity entering the system is 540 kW) and the PLN electricity network. The simulation and optimization results show that integrating solar power plant with 30% of the existing diesel power plant capacity and the PLN electricity network produces the most optimal value, with the number of Levelized Cost of Electricity (LCOE) is Rp 1.173/ kWh and Net Present Cost (NPC) is Rp 1.788/ kWh. The integration of solar power plant into the existing electricity system of Tanjung Kelumpang village can be a solution for providing clean, environmentally friendly energy at competitive rates. The development direction of Bangka Belitung Province is currently experiencing a transition from mining based economy to sustainable tourism based economy. The integration of renewable energy generation from solar power plant in geosite area is considered to be able to create multiplier effects to achieve sustainable development goals in tourism sector. A number of methods must be encouraged and accelerated to achieve this, such as policy making, providing infrastructure, increasing human resource competency, cooperation and investment pattern, as well as active community involvement in the process.

Keywords :

Geopark, Renewable energy, Solar power plant, Sustainable development.

1. PENDAHULUAN

Salah satu bentuk implementasi kekayaan sumber daya geologi adalah *geopark* atau taman bumi. Menurut *UNESCO Global Geoparks* (UGGp), *geopark* dapat didefinisikan sebagai area geografis terpadu dimana situs dan lanskap geologi dikelola dengan konsep perlindungan holistik, pendidikan dan pembangunan berkelanjutan melalui pendekatan *bottom up*. Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan struktur geologi yang beragam, dengan letaknya yang berada pada pertemuan dua benua dan dua samudera, menjadikan Indonesia menduduki peringkat ke-6 dunia untuk negara dengan kekayaan sumber daya geologi terbesar. Dari tahun 2001 sampai tahun 2024 sudah ada 213 UGGp yang tersebar di 48 negara. Indonesia sendiri sudah memiliki 10 *geopark* yang diakui oleh UNESCO, 9 *geopark* nasional, dan beberapa wilayah potensial untuk dikembangkan sebagai *geopark*. Dalam perencanaan *geopark* yang memuat rencana induk *geopark* oleh Pemerintah Daerah, dijelaskan bahwa dalam perencanaan tersebut *geopark* harus memuat beberapa aspek diantaranya kebutuhan amenities dan infrastruktur pendukung lokasi *geopark*. Beberapa tantangan dalam pengembangan *geopark* tersebut yaitu kerjasama/kemitraan, keterbatasan infrastruktur dan fasilitas umum, proses birokrasi, kurangnya kesadaran masyarakat akan keberadaan *geopark*, serta lokasi *geopark* yang cukup terpencil dan keterbatasan akses [1].

Kajian Bappenas, 2021 menunjukkan bahwa pengembangan *geopark* memberikan *multiplier effect* ke sektor lainnya, diantaranya penyerapan tenaga kerja, menjaga warisan alam dan budaya, meningkatkan kualitas lingkungan, meningkatkan perekonomian lokal serta berkontribusi untuk menaikkan Pemasukan Asli Daerah (PAD). Penelitian lain juga menyebutkan bahwa *UNESCO Global Geopark* (UGGp) berkontribusi dalam mencapai SDGs dengan memfasilitasi geowisata berkelanjutan. Kegiatan

ekonomi yang dipicu masyarakat lokal di UGGp tidak hanya membentuk lapangan pekerjaan baru dan peningkatan perekonomian tetapi juga meningkatkan kesadaran masyarakat untuk melakukan pengelolaan secara berkelanjutan [2].

Dari 10 *geopark* di Indonesia yang diakui oleh UNESCO, salah satunya yaitu Belitung *UNESCO Global Geopark* (UGGp), yang berlokasi di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Geopark* ini merupakan *Geopark* nasional Indonesia ke-6 yang masuk ke dalam daftar UGGp dan memperoleh predikat tersebut pada tanggal 15 April 2021 melalui Sidang ke-211 Dewan Eksekutif UNESCO di Paris, Perancis. *Geopark* Belitung kurang lebih memiliki 17 *geosites* atau situs warisan geologi. Salah satu *geosite* tersebut yaitu Pantai Punai yang berlokasi di Desa Tanjung Kelumpang, Kecamatan Simpang Pesak, Kabupaten Belitung Timur. Tidak jauh berbeda dari pengembangan situs *geopark* lainnya, tantangan pengembangan pada *Geosite* Pantai Punai juga kurang lebih sama yaitu keterbatasan infrastruktur dan fasilitas umum, lokasi yang cukup jauh dari pusat kota yaitu sekitar 72 km dari bandara H.A.S Hanandjoeddin dan 66,8 km dari Ibukota Kabupaten Belitung Timur, dan kurangnya kesadaran masyarakat akan keberadaan *geopark* menjadikan pengembangan *geosite* tersebut kurang maksimal. Salah satu infrastruktur yang menjadi prioritas dalam pengembangan kawasan *geopark* yaitu ketersediaan akses listrik, hal ini juga berlaku pada untuk pengembangan *Geosite* Pantai Punai, yaitu ketersediaan akses listrik yang andal, stabil, rendah emisi dan memiliki nilai keberlanjutan.

Microgrid memiliki tujuan sebagai penetrasi energi terbarukan melalui pembangkit terdistribusi yang bertujuan untuk keberlanjutan ekonomi, pengurangan emisi, peningkatan efisiensi dengan keterlibatan produsen dan konsumen dalam proses *microgrid*. Salah satu peta jalan *smart grid* PT. PLN (Persero) tersebut yaitu pengembangan *smart micro grid* di daerah

dengan penetrasi pembangkit energi terbarukan yang tinggi, yaitu dengan mengembangkan *prototype* sistem tenaga listrik mandiri untuk pulau-pulau terdepan, terluar dan tertinggal diantaranya di Pulau Selayar, Pulau Madang dan Pulau Semau, NTT yang mengintegrasikan PLTS dengan pembangkit diesel eksisting [3]. Terhadap mekanisme dan keuntungan yang dimiliki *microgrid* tersebut, serta berdasarkan konsep, tujuan dan tantangan pengembangan *geopark* itu sendiri, skema pengembangan sistem kelistrikan *microgrid* dianggap bisa menjadi solusi dalam memenuhi akses infrastruktur kelistrikan di kawasan *geopark*, khususnya pada pengembangan *geosite*. Dimana *microgrid* sangat cocok untuk pengembangan energi terbarukan yang bersih, efisien dan biaya yang efektif [4].

Hal inilah yang mendasari rencana penelitian yaitu untuk melakukan simulasi pengembangan *microgrid* dengan mengintegrasikan PLTS dengan sistem kelistrikan yang ada berupa jaringan listrik PLN 20 kV dan PLTD 1.800 kW untuk penyediaan listrik di Desa Tanjung Kelumpang guna pengembangan *Geosite* Pantai Punai, Kawasan *Geopark* Belitong. Integrasi PLTS ke dalam sistem kelistrikan dinilai seiring dengan konsep pengembangan *geopark* untuk mencapai tujuan pembangunan yang berkelanjutan. Perangkat lunak yang digunakan untuk mensimulasikan PLTS ke dalam sistem kelistrikan yaitu HOMER (*Hybrid Optimization Model for Multiple Energy Resources*) yang dapat menentukan konfigurasi terbaik sistem dan kemudian memperkirakan biaya instalasi dan operasi sistem selama masa operasinya (*life time cost*). Penelitian ini diharapkan dapat menjawab tantangan keterbatasan akses listrik dan penyediaan listrik yang andal, stabil, rendah emisi serta memiliki nilai keberlanjutan pada lokasi *geosite*.

2. TINJAUAN TEORITIS

2.1. Konsep *Microgrid*

Beberapa pengertian *microgrid* dari beberapa jurnal dapat dideskripsikan sebagai berikut yaitu:

1. *Microgrid* (MG) merupakan salah satu bentuk pasar *smart grid* (SG) dengan produk dan sistem tertentu. MG memiliki tujuan yang sama dengan SG yaitu sebagai penetrasi energi terbarukan melalui pembangkit terdistribusi yang bertujuan untuk keberlanjutan ekonomi, pengurangan emisi, peningkatan efisiensi dengan keterlibatan produsen dan konsumen dalam proses *microgrid* [5];
2. *Microgrid* adalah sistem distribusi tenaga listrik yang memuat beban dan sumber energi terdistribusi, yang dapat dioperasikan dengan cara terkendali dan terkoordinasi, baik saat terhubung ke jaringan utilitas atau berdiri sendiri. Banyak sumber energi terbarukan yang digunakan sebagai pembangkit listrik *microgrid*, seperti fotovoltaik, turbin angin mini, mini hidro, dll [6];
3. *Microgrid* khususnya dapat memainkan peran efektif dalam membantu sebuah wilayah mengatasi pengurangan emisi karbon, dan dapat berfungsi sebagai sarana untuk mengatasi masalah ekonomi dan dimensi sosial dari pembangunan berkelanjutan;

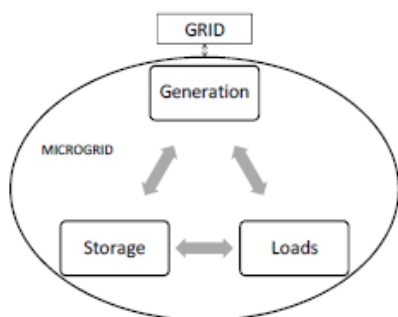
Penggerak dalam pengembangan *microgrid* yaitu:

1. Persaingan antara *Distributed Generation* (DG) dan *microgeneration* dibandingkan dengan peningkatan biaya jaringan
2. Target penurunan emisi CO₂ dan integrasi energi terbarukan
3. Kebutuhan untuk meningkatkan keandalan dan penyediaan listrik tanpa gangguan
4. Meningkatkan kepedulian pada aspek lingkungan dari konsumsi energi dan kebutuhan untuk efisiensi energi;

5. Persaingan dalam teknologi monitoring, kontrol dan komunikasi untuk manajemen *microgrid* [5].

2.2. Operasional *Microgrid*

Microgrid sebagai salah satu bentuk *smart grid* merupakan kumpulan dari berbagai unit pembangkitan, penyimpanan dan beban yang beroperasi sebagai satu kesatuan yang dapat dikontrol oleh sistem. Lingkup *microgrid* dapat berupa sebuah rumah tangga, sebuah bangunan, sebuah komunitas atau sebuah pulau. *Microgrid* dapat berupa sistem *isolated* atau terhubung ke jaringan yang lebih besar melalui satu atau lebih interkoneksi, selain itu memungkinkan untuk memutuskan sambungan dari jaringan yang lebih besar atau berfungsi sebagai unit *islanded* [5].



Gambar 1. Konsep *Microgrid*

Sumber: Antonio Colmenar-Santos dkk [5]

Untuk mengembangkan *microgrid*, energi terbarukan biasanya digunakan sebanyak mungkin, sehingga DG yang digunakan dengan inverter digunakan secara luas pada *microgrid*, yang membuat karakteristik operasi *microgrid* berbeda dengan jaringan konvensional [6]. Karakteristik operasional *microgrid* yaitu:

- *Microgrid* dapat beroperasi melalui 2 mode yaitu terhubung ke jaringan dan mode *islanded*. Pada mode yang terhubung ke jaringan terjadi aliran daya 2 arah dan pada mode *islanded* penyediaan pasokan *microgrid* harus sesuai dengan kebutuhan beban;
- Diversifikasi struktur *microgrid*. Karena keragaman DG maka DG yang berbeda dapat berbagai struktur *microgrid*, sehingga terdapat variasi

mode operasi *microgrid* yang menghasilkan karakteristik diversifikasi pada kendala stabilitas *microgrid*;

- Pengaturan voltase dan frekuensi *microgrid* dipengaruhi oleh strategi control DG secara signifikan. Karakteristik pengaturan voltase dan frekuensi DG dengan strategi control yang berbeda akan jauh berbeda;
- *Time frame microgrid* lebih besar daripada jaringan konvensional. Waktu respon inverter DG *interfaced* lebih cepat dibandingkan DG konvensional, sehingga ketika terjadi gangguan, perilaku dinamis *microgrid* meliputi proses transien elektromagnetik dalam *micro second*, *mili second*, dan proses dinamis lambat pada tingkat selanjutnya;
- Impedansi keluaran kecil dan kemampuan arus lebih kecil. Dibandingkan dengan generator sinkron, output impedance dan kemampuan arus berlebih dari inverter *interfaced DG* lebih kecil;
- Inersia *microgrid* kecil. Energi yang tersimpan pada kapasitor bus DC jauh lebih kecil dibandingkan penyimpanan berputar pada sumbu rotasi. Ketika terjadi gangguan besar, hal berbeda bagi DG untuk memenuhi kebutuhan energi. Penyimpanan energi biasanya digunakan untuk menjaga stabilitas [6].

2.3. Model Bisnis *Microgrid*

Pada investasi *microgrid*, tidak semua biaya dan manfaat akan tergambar dalam entitas investasi, manfaat tersebut dapat berdampak pada beberapa pemangku kepentingan sistem tenaga listrik, seperti utilitas, pelanggan *microgrid*, *Independent Power Producers* (IPP), pembuat kebijakan dan masyarakat yang mungkin tidak menjadi pelaku investasi. Model bisnis canvas merupakan salah satu model bisnis yang menyediakan kerangka kerja yang konsisten, andal dan telah diuji secara ekstensif serta diterapkan

pada area *smart grid* dan manajemen energi. Model bisnis ini dicirikan dengan beberapa elemen/ parameter yaitu *customer segments, value propotions, channels, customer relationships, revenue streams, key resources, key activities, key partners* dan *cost structure* [7].

2.4. Teknologi Pembangkit dan Sumber Energi

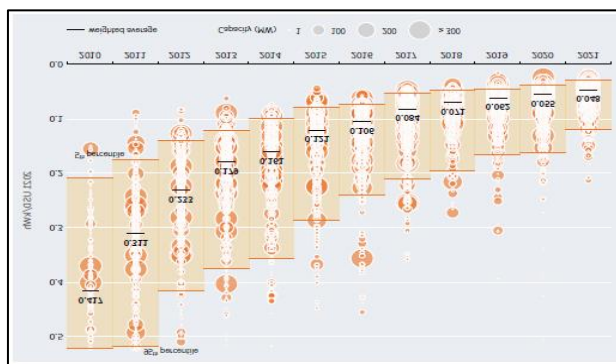
2.4.1. PLTS

Solar panel/ *photovoltaic* (PV) merupakan sumber energi bersih dan hemat biaya pada sistem *microgrid*. *Microgrid* yang hanya mengandalkan panel PV memiliki keuntungan tambahan dalam penyediaan tenaga listrik bagi masyarakat

lokal untuk jangka waktu yang lama pada saat daya listrik rendah. Selain itu panel PV dapat dipasang di banyak lokasi dan lebih mudah perawatannya, serta dapat diintegrasikan dengan jaringan utama melalui *microgrid* sehingga pengendaliannya akan lebih mudah [4].

Tingkat Keekonomian PLTS

Menurut data IRENA pada tahun 2021 tingkat biaya listrik rata- rata LCOE (*Levelized Cost of Electricity*) atau biaya rata- rata pembangkitan per kWh untuk pembangkit listrik PV skala utilitas menurun sebesar 88% antara tahun 2010 – 2021, dari 0,417 USD/ kWh menjadi 0,048 USD/kWh, dan diperkirakan akan terus turun setiap tahunnya.



Gambar 2. LCOE dan Jangkauan Proyek PV Skala Utilitas Global Tahun 2010 – 2021
Sumber: IRENA [8]

Penurunan nilai LCOE ini seiring dengan penurunan biaya operasional dan perawatan, serta *capital cost* PV itu sendiri, sebagaimana ditampilkan pada tabel untuk indikator PV:

Tabel 1. Referensi Indikator Pembangunan PV

No	Indikator	Satuan	Nilai	Referensi
A PV Module				
1	Capital Cost PV	USD/Wp	0.32 (Mainstream) 0.2 - 0.44	IRENA, 2021
2	Biaya OM (10 USD)	USD/ tahun	10 - 12 14.1 (IRENA Project)	IRENA, 2022
3	Capacity Factor	%	17.2	IRENA, 2021
4	Lifetime	Tahun	25	
5	Efisiensi	%	toward 22	IRENA, 2021
6	LCOE	USD/ kWh	0.048	IRENA, 2021

Sumber: IRENA [8]

Beberapa indikator keekonomian PLTS yaitu:

▪ *LCOE (Levelized Cost of Electricity)*

LCOE merupakan harga dimana energi listrik yang dibangkitkan dari sumber energi tertentu dapat mencapai *break even* selama jangka waktu tertentu. Biasanya jangka waktunya ditentukan berdasarkan waktu pakai (*life time*) dari sistem pembangkitan tersebut. Atau juga dapat dideskripsikan sebagai nilai total dari biaya investasi, operasional dan perawatan, biaya penggantian peralatan, sewa lahan, asuransi fasilitas pembangkit yang di *present value* kan dalam satu siklus finansial dan siklus kerja, kemudian dikonversikan dalam cicilan tahunan dengan menambahkan perhitungan tingkat inflasi [9].

$$LCOE = \frac{I + \sum_{t=1}^n \frac{LCC}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Et}{(1+r)^t}} \quad (1)$$

dimana:

I_t : biaya investasi pembangkit periode tahun ke -t

LCC_t : *Life Cycle Cost* pembangkit periode tahun ke-t

r : nilai suku bunga yang berlaku

E_t : pembangkitan energi listrik yang dihasilkan (dalam kWh) pada tahun ke-t

N : umur pakai pembangkit

▪ *IRR (Internal Rate of Return)*

Perhitungan *IRR (Internal Rate of Return)*, merupakan indikator untuk memperkirakan keuntungan sebuah investasi dan pengembalian modal usaha.

$$IRR = i_1 + NPV_1 / (NPV_1 - NPV_2) / (i_2 - i_1) \quad (2)$$

dimana:

IRR : *Internal Rate of Return*

I_1 : tingkat diskonto yang menghasilkan NPV positif

I_2 : tingkat diskonto dengan NPV negative

NPV 1 : *net present value* positif

NPV 2 : *net present value* negatif

▪ *Net Present Value (NPV)*

Net Present Value (NPV) adalah sebuah nilai yang menunjukkan jumlah yang akan dihasilkan dari sebuah investasi. NPV diukur dengan menjumlahkan semua alur kas sepanjang waktu dari periode nol atau yang disebut investasi (bernilai negatif) hingga periode akhir. Nilai arus kas yang dihitung untuk mendapatkan NPV adalah penjumlahan nilai uang di periode nol atau yang dikenal *present value* dengan nilai alur kas bersih (pemasukan dikurangi pengeluaran) yang dihitung menggunakan *present worth factor* sebagai patokan dalam mencari nilai yang seimbang dari nilai yang ada dimasa sekarang. Berdasarkan ketentuan perhitungan, investasi dikatakan layak/ *feasible* dan diasumsikan memberi manfaat apabila nilai NPV > 0, tetapi sebaliknya jika NPV < 0, maka investasi diproyeksikan tidak dapat memberi manfaat/ tidak layak (*unfeasible*) [10].

$$NPV = I + \sum_{n=1}^n \left(\frac{NCF_t}{(1+r)^n} \right) \quad (3)$$

dimana:

NPV : *Net Present Value*

NCFt : alur kas bersih setiap tahunnya

I : investasi awal proyek

r : alur kas bersih setiap tahunnya

▪ *Payback Period*

Payback period adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan- penerimaan yang dihasilkan oleh proyek. *Discount Payback Period (DPP)* adalah periode pengembalian uang yang dihitung dengan menggunakan *discount factor*. DPP dapat dicari dengan menghitung beberapa tahun alur kas bersih nilai sekarang kumulatif yang ditaksir akan sama dengan investasi awal. Kriteria pengambilan keputusan apakah proyek yang ingin dijalankan layak atau tidak layak untuk metode ini adalah:

- Investasi proyek akan dinilai layak apabila DPP memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek;

- Investasi proyek belum dinilai layak apabila DPP memiliki periode waktu lebih panjang dari umur proyek.

2.4.2. PLTD

Pada pembangkit diesel bahan bakar dipompa dari tangka penyimpanan dan dimasukkan ke dalam tangka kecil yang memasok kebutuhan sehari – hari mesin. Untuk produk bahan bakar yang digunakan pada PLTD juga berbeda- beda, seperti *heavy fuel*, bahan bakar sisa, atau bahan bakar mentah, umumnya *heavy fuel* lebih murah dibandingkan diesel tetapi penangannya lebih sulit. Karena biaya bahan bakar yang relatif tinggi, PLTD umumnya digunakan pada sistem tenaga kecil atau menengah atau sebagai bahan pasokan pada beban puncak sistem kelistrikan. Dalam sistem kecil PLTD juga dapat digunakan sebagai kombinasi, cadangan (*back up*) dengan teknologi terbaru. Beberapa keuntungan dan kerugian penggunaan PLTD yaitu:

- Keuntungan
 - Dampak minimal dari kondisi sekitar seperti suhu dan ketinggian terhadap kinerja dan fungsi peralatan;
 - *Fast start stop*;
 - Efisiensi tinggi pada beban sebagian;
 - Teknologi modular atau memungkinkan sebagian besar pembangkit menghasilkan energi selama pemeliharaan;
 - Masa konstruksi yang singkat, misalnya sampai 10 bulan;
 - Teknologi membuktikan keandalan yang tinggi.
- Kelemahan
 - Mesin diesel tidak dapat digunakan untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi dalam jumlah besar. 50% limbah panas dilepaskan pada suhu yang lebih rendah;
 - Tingginya biaya bahan bakar;
 - Dampak lingkungan yang besar.

Tabel 2. Parameter Pembangunan PLTD

No	Parameter	Satuan	Nilai			Referensi
			2020	2030	2050	
1	<i>Generating Capacity for 1 unit</i>	MWe	20.000	20	20	KESDM & Danish Energy Agency [11]
2	<i>Generating Capacity for total power plant</i>	MWe	100	100	100	
3	<i>Electricity Efficiency annual average</i>	%	45	46	47	
4	<i>Technical Lifetime</i>	Tahun	25	25	25	
5	<i>Construction Time</i>	Tahun	1	1	1	
6	<i>Nominal Investment</i>	M USD/ MWe	0,8	0,8	0,78	
7	<i>Fixed O & M</i>	USD/ MWe/ Tahun	8.000	8.000	7.760	

Sumber: KESDM dan *Danish Energy Agency* [11]

2.5. Geopark

2.5.1. Pengertian Geopark dan Geosite

Taman bumi atau *geopark* adalah sebuah wilayah geografi tunggal atau gabungan yang memiliki situs warisan geologi (*geosite*) dan bentang alam yang

bernilai, terkait aspek warisan geologi (*geoheritage*), keragaman geologi (*geodiversity*), keanekaragaman hayati (*biodiversity*), dan keragaman budaya (*cultural diversity*), serta dikelola untuk keperluan konservasi, edukasi, dan

pembangunan perekonomian masyarakat secara berkelanjutan dengan keterlibatan aktif dari masyarakat dan pemerintah daerah, sehingga dapat digunakan untuk menumbuhkan pemahaman dan kepedulian masyarakat terhadap bumi dan lingkungan sekitarnya [12]. *Geopark global* adalah kawasan yang memiliki warisan geologi bernilai internasional, dimana warisan tersebut digunakan sebagai modal pembangunan masyarakat setempat secara berkelanjutan berbasis konservasi, edukasi dan ekonomi kreatif. *UNESCO Global Geoparks* (UGGs) adalah area geografis terpadu dimana situs dan lanskap geologi internasional dikelola dengan konsep perlindungan holistik, pendidikan dan pembangunan berkelanjutan melalui pendekatan *bottom-up*. Situs Warisan Geologi (*Geosite*) adalah objek Warisan Geologi (*Geoheritage*) dalam kawasan *Geopark* dengan ciri khas tertentu baik individual maupun multiobjek dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sebuah cerita evolusi pembentukan suatu daerah. Dengan kata lain *geosite* merupakan salah satu unsur pembentuk *geopark* yang berbentuk Lokasi.

2.5.2. Pengelolaan dan Pengembangan Kawasan Wisata *Geopark*

Berdasarkan Perpres No 9 Tahun 2019 tentang Pengembangan Taman Bumi (*Geopark*), pengembangan *geopark* dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Penetapan Status *Geopark*

Suatu kawasan dapat ditetapkan menjadi *Geopark* apabila memenuhi kriteria yaitu telah ditetapkan sebagai warisan geologi (*Geoheritage*), memiliki aspek-aspek yang disebutkan dalam pengertian *geopark* yaitu *geoheritage*, *geodiversity*, *biodiversity*, dan *cultural diversity*, memiliki pengelola *geopark*, serta memiliki rencana induk *geopark*. Tingkatan status *geopark* terbagi menjadi 2 (dua) yaitu:

- *Geopark* Nasional yang ditetapkan oleh Menteri ESDM;

- *UNESCO Global Geopark* yang ditetapkan UNESCO berdasarkan usulan Pengelola *Geopark* melalui Komite Nasional *Geopark* Indonesia yang disampaikan kepada Komisi Nasional Indonesia untuk UNESCO, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Untuk memperoleh status tersebut setiap kawasan *Geopark* harus memenuhi persyaratan sebagaimana yang disebutkan dalam Perpres No 9 Tahun 2019 [12].

2. Sebaran *Geopark* di Indonesia

Geopark telah dikembangkan UNESCO sejak tahun 2001. Dari awal dikembangkan hingga tahun 2021 sampai tahun 2024 sudah ada 213 UGGp yang tersebar di 48 negara. Berdasarkan data Badan Geologi Kementerian ESDM, sampai dengan Tahun 2024 terdapat 9 *geopark* nasional, 10 *geopark* yang sudah diakui oleh UNESCO sebagai *UNESCO Global Geopark* yaitu UGG Batur di Bali, UGG Gunung Sewu di Jawa Timur, UGG Ciletuh-Pelabuhan Ratu di Banten, UGG Rinjani Lombok di Nusa Tenggara Barat (NTB), UGG Kaldera Toba di Sumatera Utara, UGG Belitung di Kepulauan Bangka Belitung, UGG Ijen di Jawa Timur, UGG Merangin di Jambi, UGG Maros Pangkep di Sulawesi Selatan dan UGG Raja Ampat di Papua. Selain 19 *Geopark* Nasional yang telah ditetapkan tersebut, juga terdapat 23 wilayah *geoheritage* yang potensial dikembangkan sebagai *geopark*.

2.6. Konsep Dasar HOMER Pro (*Hybrid Optimization Model for Multiple Energy Resources*)

Perangkat lunak *microgrid* HOMER Pro adalah standar global untuk mengoptimalkan desain *microgrid* di semua sektor. HOMER Pro dapat digunakan untuk mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem dalam jumlah tak terbatas, sistem pembangkit listrik baik

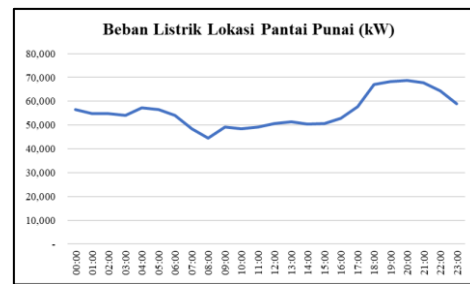
berdiri sendiri maupun tersambung dengan jaringan listrik yang ada, seperti menggunakan sumber energi PV surya, angin, baterai, turbin, sistem penyimpanan hidrogen, generator listrik dan koneksi jaringan sederhana. HOMER mensimulasikan operasi sistem dengan penghitungan keseimbangan energi untuk setiap 8.760 jam dalam satu tahun. Jika sistem menggunakan baterai dan generator diesel/ bensin, HOMER juga dapat memutuskan jangka waktu operasional generator diesel/ bensin tersebut dan apakah baterai diisi atau dikosongkan.

Selanjutnya HOMER juga dapat menentukan konfigurasi terbaik sistem dan kemudian memperkirakan biaya instalasi dan operasi sistem selama masa operasinya (*life time cost*) seperti biaya awal, biaya penggantian komponen dan biaya *operational maintenance* (O & M), biaya bahan bakar, dll. Ketika melakukan simulasi HOMER menentukan semua konfigurasi sistem yang mungkin, kemudian ditampilkan berurutan menurut *Net Present Costs* (NPC) atau *Life Cycle Cost*. Jika analisa sensitivitas diperlukan, HOMER akan mengulangi proses simulasi untuk semua variable sensitivitas yang ditetapkan. HOMER bekerja berdasarkan 3 hal yaitu simulasi, optimasi dan analisa sensitivitas, ketiga hal tersebut bekerja secara berurutan demi mendapatkan hasil yang optimal.

3. METODE PENELITIAN

Objek penelitian yaitu Desa Tanjung Kelumpang Belitung Timur (*Geosite* Pantai Punai, Kawasan *Geopark* Belitung). Kawasan *Geopark* Belitung ditetapkan sebagai UNESCO *Global Geopark* (UGGp) tanggal 15 April 2021 melalui Sidang ke-211 Dewan Eksekutif UNESCO di Paris, Perancis, dan menjadi *geopark* nasional Indonesia ke-6 yang masuk ke dalam daftar UGGp. Data beban listrik harian PLN di desa tersebut sebesar 24.065 kWh/hari, beban puncak harian berada pada pukul 20.00 yaitu sebesar 1.235 kWh/ hari. Penyediaan listrik di daerah ini dipasok dari

jaringan listrik PLN 20kV dan PLTD 1.800 kW sebagai cadangan/ *back up*.



Gambar 3. Pola Beban Listrik Desa Tanjung Kelumpang

Dalam penelitian ini perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan simulasi data yaitu HOMER, yaitu perangkat yang dapat digunakan untuk mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem dalam jumlah tak terbatas, sistem pembangkit listrik baik berdiri sendiri maupun terhubung jaringan, seperti menggunakan sumber energi PV surya, angin, baterai, turbin, sistem penyimpanan hidrogen, generator listrik dan koneksi jaringan sederhana. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi *Net Present Cost* (NPC), *Levelized Cost of Electricity* (LCOE), pola penyediaan listrik untuk masing- masing skenario dan analisis aspek keberlanjutan sistem.

Skenario yang akan dibangun yaitu mengintegrasikan PLTS dengan 30% kapasitas PLTD eksisting 1800 kW (sehingga kapasitas PLTD yang masuk ke sistem 540 kW), dan jaringan listrik PLN 20 kV. Pada skenario ini diperkirakan pada siang hari pasokan energi listrik dimaksimalkan berasal dari PLTS, dan ketika produksi energi dari PLTS menurun pada sore hingga malam hari, suplai energi listrik digantikan menggunakan jaringan PLN dan PLTD. PLTS berfungsi sebagai pasokan energi bersih untuk mendukung keberlanjutan pada area *geopark*, dan PLTD selain berfungsi sebagai sumber pasokan, juga berfungsi sebagai cadangan/ *back up* saat terjadi gangguan jaringan PLN. Adapun data- data untuk sistem listrik eksisting dan rencana PLTS yang diintegrasikan yaitu:

1. PLTD

- Kapasitas total PLTD : 1.800 kW
- Kapasitas yang diintegrasikan sistem: 30% kapasitas total/ 540 kW
- Biaya investasi : Rp 1.500.000.000,-
- Biaya O & M : 1% dari biaya investasi

2. Jaringan listrik PLN 20 kV

Harga jual listrik PLN untuk pelanggan rumah tangga, diasumsikan pelanggan tipikal yaitu rumah tangga dengan daya 1.300 VA, dengan tarif Rp. 1.444,7/ kWh.

3. PLTS

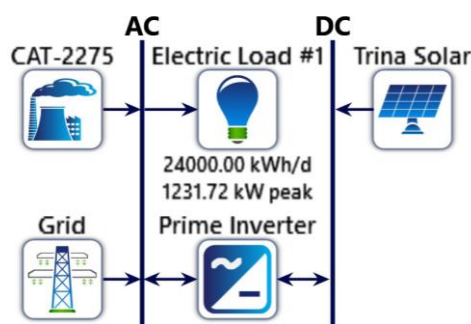
Panel PLTS

- Kapasitas panel : 670 W/ 0,67 kW (Data Katalog, 2024)
- Capital Cost : Rp 3.500.000/ panel (Data Katalog, 2024)
- Biaya O & M : 10 USD/ tahun atau Rp 16.500/ tahun (IRENA, 2021)
- Lifetime : 25 tahun (Data Katalog, 2024)
- Efisiensi : 21,6 % (Data Katalog, 2024)

Inverter

- Kapasitas inverter : 10 kW
- Capital Cost : Rp 12.800.000,- (*ecommerce*)
- Biaya O & M : 1 % dari biaya investasi awal
- Lifetime : 25 tahun

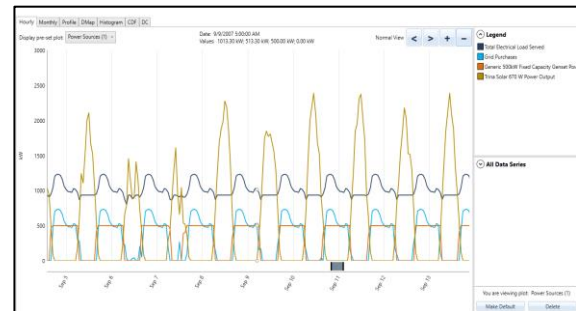
Model skenario pada sistem yang diintegrasikan pada HOMER yaitu sebagai berikut:



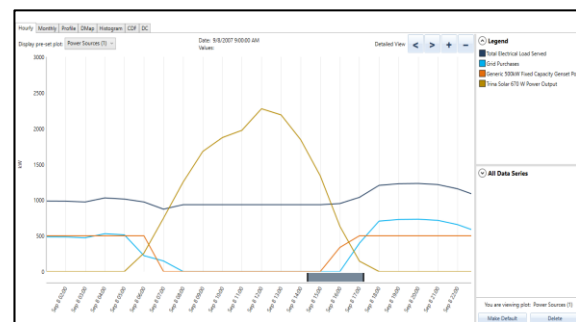
Gambar 4. Ilustrasi Skenario Integrasi PLTS Pada Sistem Kelistrikan Yang Ada

4. HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Simulasi 1. Integrasi PLTS, 30% Kapasitas PLTD dan Jaringan Listrik PLN 20 kV



(a)



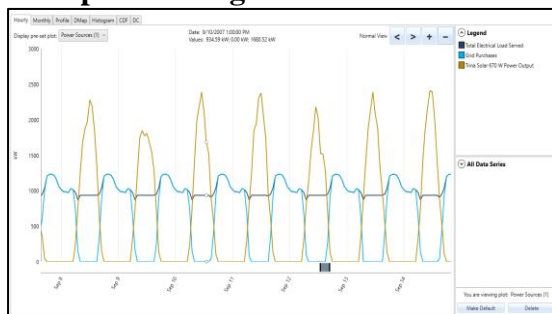
(b)

Gambar 5 (a) dan (b). Hasil Simulasi 1 - Kurva Beban dan Pasokan Listrik PLTS, 30% Kapasitas PLTD dan Jaringan Listrik PLN Pada Satuan Hari dan Jam

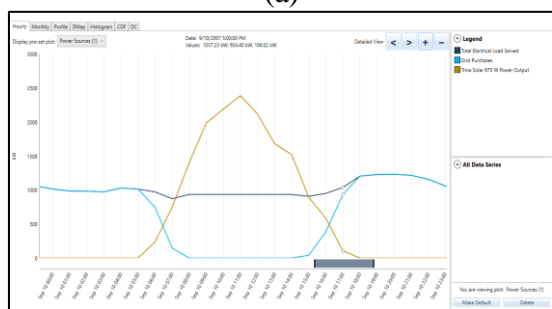
Dari hasil simulasi 1 yaitu integrasi PLTS pada 30% kapasitas PLTD eksisting dan jaringan PLN 20 kV terlihat bahwa integrasi PLTS pada sistem kelistrikan di Desa Tanjung Kelumpang dapat memasok beban listrik pada siang hari, terlihat pada grafik PLTS mensuplai kebutuhan beban puncak pada siang hari. Dari grafik terlihat bahwa PLTS akan mulai beroperasi seiring dengan peningkatan iradiasi matahari mulai pukul 06.00 dan bergerak naik hingga jam-jam puncak iradiasi maksimal, dan produksi menurun pada pukul 14.00 sampai dengan sore hari yang selanjutnya pasokan listrik digantikan oleh jaringan PLN dan PLTD. Suplai pasokan listrik mulai sore hingga malam hari dari dari PLN dan 30% kapasitas PLTD akan saling mengisi,

dimana pada malam hari PLTD bekerja secara stagnan dengan pasokan listrik 540 kW dan jaringan listrik PLN akan mengisi kekurangan pasokan beban yang dibutuhkan, misalnya pada jam puncak Pukul 20.00 beban listrik sebesar 1.231 kW, maka pasokan listrik disuplai dari PLTD 540 kW dan jaringan listrik PLN sebesar 731 kW.

4.2. Hasil Simulasi 1. 2 Integrasi PLTS pada Jaringan Listrik PLN



(a)



(b)

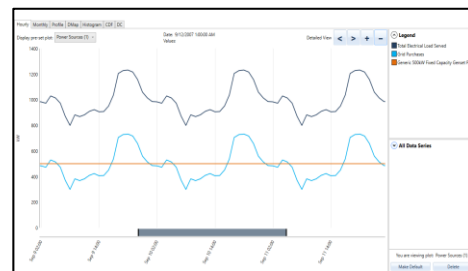
Gambar 6 (a) dan (b). Hasil Simulasi 2 - Kurva Beban dan Pasokan Listrik PLTS, dan Jaringan Listrik PLN Pada Satuan Hari dan Jam

Pada hasil simulasi pada skenario 2 yaitu integrasi PLTS pada jaringan PLN 20 kV tanpa menggunakan PLTD, terlihat bahwa integrasi PLTS memasok kebutuhan listrik pada siang hari. Selama penyinaran matahari tersebut di siang hari yaitu mulai naik pada pukul 07.00, dan mencapai puncak pada pukul 09.00 – 12.00, serta akan menurun produksinya pada pukul 14.00 hingga sore hari. Sedangkan penggunaan jaringan PLN akan mulai naik

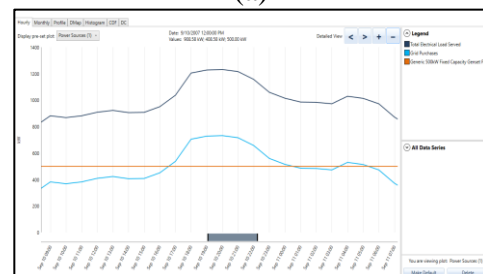
pemakaiannya mulai pukul 15.00 dan mencapai puncak pemakaian pada pukul 18.00 sampai 20.00.

4.3. Hasil Hasil Simulasi 3. Integrasi 30% Kapasitas PLTD dan Jaringan Listrik PLN 20 kV

Hasil simulasi ke-3 merupakan integrasi antara jaringan PLN dengan 30% kapasitas PLTD eksisting (540 kW). Dari hasil simulasi didapatkan kedua sumber energi yaitu PLTD dan jaringan PLN akan memasok kebutuhan beban siang dan malam hari. PLTD akan memasok dengan pola pasokan stagnan yaitu sebesar 540 kW dan jaringan listrik PLN akan mengisi kekurangan pasokan untuk mencukupi kebutuhan beban listrik.



(a)



(b)

Gambar 7 (a) dan (b). Hasil Simulasi 3 - Kurva Beban dan Pasokan Listrik 30% Kapasitas PLTD dan Jaringan Listrik PLN Pada Satuan Hari dan Jam

5. PEMBAHASAN

5.1. Perbandingan Hasil Simulasi dan Aspek Tekno Ekonomi PLTS

Terhadap ketiga hasil simulasi dan optimasi HOMER didapatkan nilai keekonomian sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai Keekonomian dari 3 Hasil Simulasi HOMER Integrasi PLTS pada Sistem Kelistrikan Eksisting Desa Tanjung Kelumpang

No	Indikator	Satuan	Nilai		
			Hasil Simulasi 1 (PLTS + 30% Kapasitas PLTD PLTD (500 kW) + Jaringan PLN)	Hasil Simulasi 2 (PLTS + Jaringan PLN)	Hasil Simulasi 3 30% Kapasitas PLTD PLTD (500 kW) + Jaringan PLN
1	Kapasitas PV	kW	2.556	2.556	-
2	NPC	Rupiah/kWh	1.788	1.798	2.188
3	LCOE	Rupiah/kWh	1.173	1.178	1.455
4	Capital Cost PLTS	Rupiah	13.354.100.736	13.354.100,736	-

Dari tabel diatas terlihat nilai keekonomian yang paling kompetitif dari kedua hasil simulasi yaitu pada hasil simulasi 1 dengan mengintegrasikan PLTS dengan jaringan listrik PLN 20 kV dan 30% kapasitas PLTD eksisting (540 kW). Nilai LCOE (*Levelized Cost Of Electricity*) atau biaya pembangkitan per kWh pada sistem tersebut yaitu sebesar Rp 1.173,-/ kWh dan nilai NPC (*Net Present Cost*) yaitu biaya keseluruhan untuk pembangunan sistem sebesar Rp 1.788,-/ kWh. Hasil simulasi pada skenario kedua tanpa PLTD hasilnya juga tidak jauh berbeda dari simulasi 1 yaitu LCOE sebesar Rp 1.178,-/kWh dan NPC sebesar Rp 1.798,-/kWh, sedangkan pada skenario ketiga nilai LCOE yaitu

sebesar 1.455,-/ kWh dan NPC sebesar Rp 2.188,-/kWh. Terhadap nilai simulasi 1 dan 2 tersebut, nilai LCOE cukup kompetitif dan lebih murah dibandingkan harga jual listrik PLN untuk pelanggan rumah tangga daya 1.300 VA yaitu sebesar Rp 1.444,7/kWh.

Hasil simulasi terpilih yang paling optimal yaitu hasil simulasi 1 dengan mengintegrasikan PLTS dengan jaringan listrik PLN 20 kV dan 30% kapasitas PLTD eksisting (540 kW), dan parameter keekonomian sebagaimana tabel dibawah didapatkan nilai *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 22,4% dan *payback period* PLTS pada tahun ke-5.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai Keekonomian Hasil Simulasi Paling Optimal Dengan Integrasi PLTS ke Sistem Kelistrikan di Desa Tanjung Kelumpang

No	Indikator	Satuan	Nilai	Sumber
1	<i>Nominal investment</i>	M\$/MWe	0.79	KESDM & Danish Energy Agency
2	<i>Fixed O & M</i>	\$/MWh	14400	KESDM & Danish Energy Agency
3	Kapasitas	MW	2,556	HOMER, 2024
4	<i>Energy Tax</i>	%	20	
5	<i>Lifetime</i>	Tahun	25	KESDM & Danish Energy Agency
6	Degradasi	%	2% dari tahun ke-3	Asumsi
7	Investasi Total	\$	5.160.564	Perhitungan
8	<i>Fixed O & M</i>	\$/tahun	20,19	Perhitungan
9	Harga Listrik PLN	Rp	Rp 1444,7 atau 0,08756 USD	Harga listrik rumah tangga per kWh
10	Nilai IRR	%	22,4	Hasil Perhitungan
11	Nilai NPV	\$	13,260.074,84	Hasil Perhitungan
12	<i>Payback Period</i>		Tahun ke 5 beroperasi	Hasil Perhitungan

Dari nilai- nilai diatas, integrasi PLTS dinilai cukup layak untuk dikembangkan dan menarik minat para investor. Untuk nilai NPV sebagai sebuah nilai yang menunjukkan jumlah yang akan dihasilkan dari sebuah investasi, dikatakan bahwa proyek layak/ *feasible* dan diasumsikan memberi manfaat apabila nilai $NPV > 0$, tetapi sebaliknya jika $NPV < 0$, maka investasi diproyeksikan tidak dapat memberi manfaat/ tidak layak (*unfeasible*). Dengan nilai $NPV > 0$ maka proyek integrasi PLTS tersebut layak untuk dikembangkan. Sedangkan *payback period* yang merupakan periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek, didapatkan bahwa proyek akan mampu mengembalikan modal investasi awal pada tahun ke-5 beroperasi. Dengan nilai keekonomian seperti tabel diatas, maka skema pendanaan dapat dilakukan oleh pemerintah, dana hibah luar negeri, dan ditawarkan kepada investor atau pihak swasta untuk mengembangkannya.

5.2. Keberlanjutan dan Rekomendasi Untuk Keberlanjutan

Geosite Pantai Punai yang berada di Desa Tanjung Kelumpang merupakan salah satu destinasi wisata andalan di Kabupaten Belitung Timur dan juga merupakan bagian dari Kawasan *Geopark* Belitung. Sebagaimana dimuat di Peraturan Bupati Belitung Timur Nomor 4 Tahun 2016 tentang Rencana Induk Pembangunan Kepariwisata Kabupaten Belitung Timur Tahun 2016 – 2025, salah satu Kawasan Strategis Pariwisata Kabupaten (KSPK) yaitu Pantai Punai dan daerah sekitarnya. Dalam peraturan tersebut dimuat arah kebijakan kepariwisataan daerah diantaranya dengan peningkatan keterpaduan pembangunan infrastruktur untuk mendukung kemudahan aksesibilitas yang menghubungkan Kabupaten Belitung Timur dengan destinasi unggulan nasional dan sumber pasar wisatawan mancanegara, serta membangun destinasi pariwisata

dengan pelayanan infrastruktur berkualitas internasional dan berwawasan lingkungan. Permasalahan yang dihadapi dalam masyarakat di *Geosite* Pantai Punai, Desa Tanjung Kelumpang yaitu :

1. Ketergantungan akan sektor pertambangan yang masih sangat tinggi, selain sebagai nelayan dan petani pada perkebunan lada dan kelapa sawit, mayoritas mata pencaharian penduduk setempat yaitu sebagai penambang timah rakyat. Kondisi yang terjadi saat ini pada pertambangan timah di Belitung kurang begitu menguntungkan, dimana sumber daya yang semakin terbatas, kondisi politik yang memicu sulitnya pemasaran, dan isu- isu lingkungan yang disebabkan penambangan timah rakyat tersebut, serta tingginya angka penambangan liar;
2. Kurangnya edukasi dan pemahaman di masyarakat untuk menjadikan pariwisata berkelanjutan sebagai prioritas, padahal perkembangan sektor tersebut kedepannya sangat menjanjikan. Kajian Bappenas, 2021 menunjukkan bahwa perekonomian Bangka Belitung sedang mengalami transformasi dari perekonomian berbasis pertambangan ke perekonomian berbasis pariwisata, hal ini harus didukung dengan mempercepat pembangunan SDM pada sektor tersebut.

Integrasi PLTS pada sistem kelistrikan di Desa Tanjung Kelumpang, *Geosite* Pantai Punai dinilai dapat menjadi solusi penyediaan infrastruktur ramah lingkungan dan berkelanjutan yang akan berimplikasi pada pengembangan sektor pariwisata setempat. Integrasi PLTS pada jaringan kelistrikan PLN akan berdampak secara *multiplier effect* diantaranya keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan sistem kelistrikan terintegrasi, peningkatan pembangunan area, peningkatan kunjungan wisatawan, peningkatan perekonomian lokal.

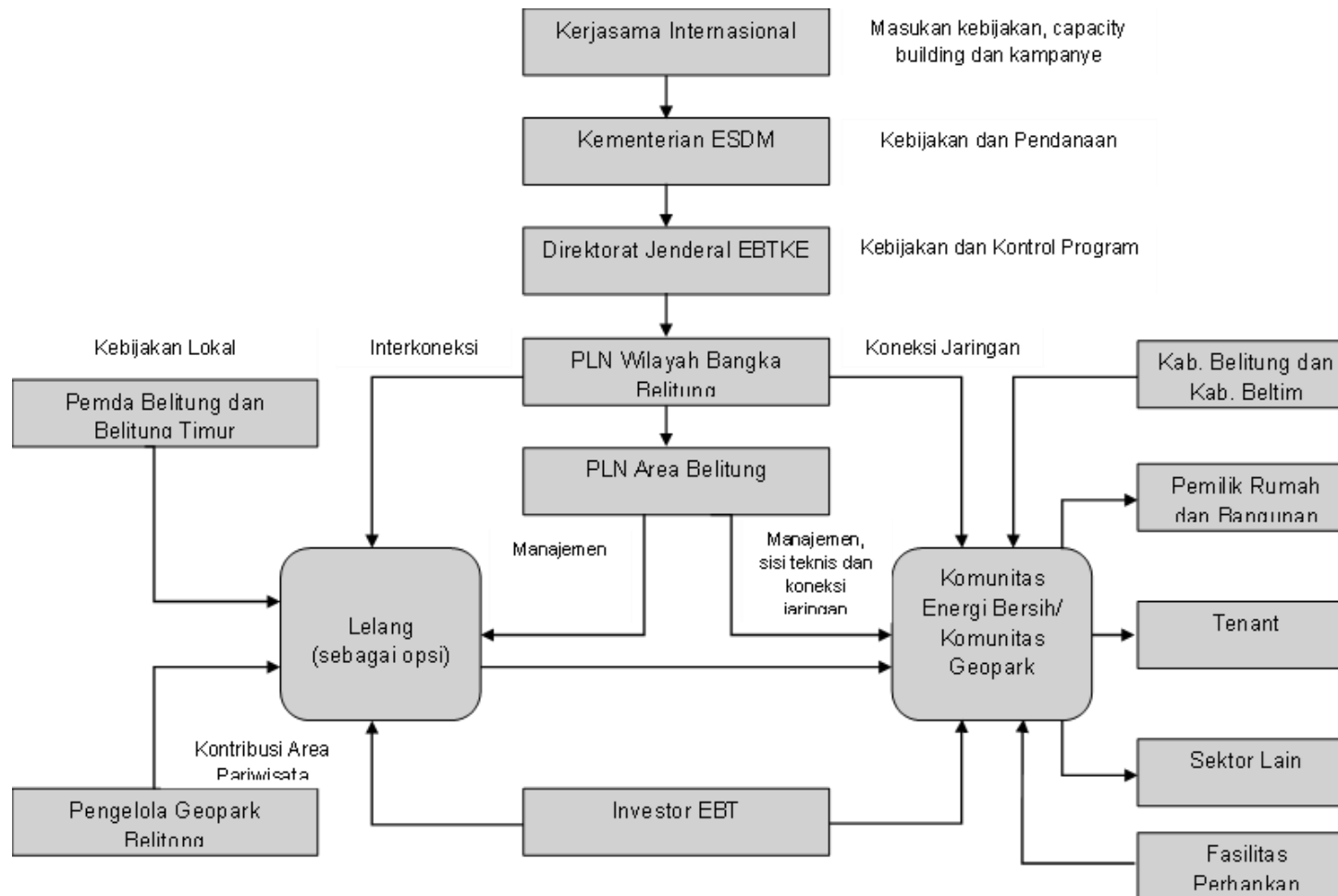
Merujuk dari beberapa hasil penelitian di lokasi kepulauan dimana integrasi pembangkit energi terbarukan dalam sistem kelistrikan memerlukan keterlibatan dari berbagai pihak dalam pengelolaannya. Hal tersebut juga diharapkan dapat diterapkan di Desa Tanjung Kelumpang yang menaungi *Geosite* Pantai Punai sebagai bagian kawasan *geopark* yang berskala internasional. Pihak- pihak berkepentingan mulai dari kerjasama internasional, pemerintah pusat yang menangani sektor energi dan pariwisata, pemerintah daerah, BUMN sub sektor kelistrikan, investor, pengelola *geopark* kawasan dan masyarakat setempat dapat mengambil peran dalam pengelolaan energi bersih tersebut.

Peran dan keterlibatan pihak berkepentingan dalam kerangka bisnis dan pengelolaan integrasi energi bersih seperti dalam diagram alir diatas dapat dipetakan sebagai berikut:

1. Kerjasama internasional dapat berasal dari berbagai program, seperti misalnya pembentukan UGGp saat ini merupakan kerjasama dengan UNESCO, dalam pengaplikasian *microgrid* dan pengelolaan energi bersih dapat bekerjasama dengan badan internasional lainnya seperti dalam hal penelitian untuk dasar pengambilan kebijakan, penilaian teknis maupun dukungan pendanaan;
2. Kementerian ESDM c.q. Direktorat Jenderal EBTKE sebagai *leading sector* yang mengeluarkan kebijakan terkait energi khususnya sub sektor energi terbarukan, pendanaan program serta kontrol teknis pelaksanaan program, contohnya salah satu kebijakan yang dapat membantu program tersebut yaitu Permen ESDM No 26 Tahun 2021 tentang PLTS Yang terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang IUPTL Untuk Kepentingan Umum. Terkait kebijakan lokal pada kawasan *geopark* tersebut merujuk pada kebijakan energi yang ada di Kep.

Bangka Belitung c.q. Pemerintah Kabupaten Belitung Timur;

3. Dalam hal pelaksanaan teknis program, pembuat kebijakan atau pemerintah yang memberikan pendanaan menugaskan PLN wilayah dalam hal ini PLN Wilayah Bangka Belitung dan PLN Area Belitung untuk mendukung koneksi jaringan, pelaksanaan operasional dan pemeliharaan terhadap penggunaan pembangkit komunal, manajerial sistem, kontrol dan pengumpulan pembiayaan proyek sebelum dibangun;
4. Adapun yang dapat bertindak sebagai *prosumer* yaitu pemilik rumah tinggal/ bangunan, pengelola akomodasi hotel/ penginapan, tenant, maupun sektor lainnya khususnya yang berada dan berdekatan dengan lokasi *geosites* sebagai pusat konservasi dan pariwisata pada kawasan *geopark*;
5. Sektor Perbankan dapat membantu memfasilitasi pendanaan dan kredit untuk mencapai pemenuhan pembiayaan dan memberikan gambaran dampak ekonomi dan sosial masyarakat terhadap proyek EBT skala kecil dan menengah;
6. Investor EBT dan sektor swasta dapat berinvestasi dalam proyek- proyek berkapasitas besar dan menyediakan kebutuhan teknis EBT bagi *prosumer* masyarakat lokal maupun sektor komersil dan sektor lainnya. Selain itu juga dapat ikut terlibat dalam pengelolaan energi bersih seperti memberikan pelatihan teknis, operasional dan pemeliharaan pada sistem *microgrid* dan pelakunya;
7. Pemerintah daerah bekerjasama dengan Pengelola Kawasan *Geopark* Belitung melakukan manajemen konservasi dan pariwisata berkelanjutan pada kawasan tersebut. Pihak tersebut dapat melakukan kampanye dan menggalang pendanaan teknologi bersih berkelanjutan untuk mendukung pariwisata.



Gambar 8. Usulan Skema Bisnis dan Pengelolaan *Microgrid* Pada Desa Tanjung Kelumpang (*Geosite* Pantai Punai, Kawasan *Geopark* Belitung)
 Sumber: Analisis Penulis Berdasarkan Referensi Paper Almeida, Aquilera [13]

Beberapa rekomendasi yang dapat diberikan untuk pengelolaan sistem PLTS di area *Geosite* Pantai Punai, Kawasan *Geopark* Belitung yaitu:

1. Arah kebijakan pemerintah daerah diharapkan tidak hanya berfokus pada pengembangan sektor pariwisata, tetapi juga pada sektor- sektor lain yang mendukung pengembangan pariwisata tersebut, salah satunya sektor energi, pekerjaan umum, lingkungan, dll;
2. Pemerintah Daerah Belitung Timur harus mengeluarkan kebijakan terkait percepatan integrasi energi terbarukan pada area *geosite*. Kebijakan tersebut setidaknya memuat hal- hal terkait optimalisasi penggunaan sumber energi lokal, pembentukan komunitas energi bersih, mekanisme pengelolaan infrastruktur energi terbarukan, pola kerjasama dengan pihak luar untuk pengelolaan infrastruktur energi terbarukan, investasi maupun peningkatan kapasitas SDM lokal;
3. Pemerintah Daerah agar melakukan pendekatan dan menjangkau kerjasama dengan pihak - pihak lain baik lembaga pemerintah lainnya maupun non pemerintah untuk mengakselerasikan penerapan penggunaan energi terbarukan di area *geosite*;
4. Pemerintah Daerah melalui Badan Pengelolaan *Geopark* Belitung perlu melakukan peningkatan kapasitas SDM di lokasi *geosite* khususnya terkait integrasi dan pengelolaan infrastruktur energi bersih, baik dari sisi teknis, keekonomian maupun manajerial;
5. Perlu segera membentuk kelompok energi bersih pada setiap area *geosite*. Kelompok energi bersih tersebut harus memiliki motor penggerak yang dapat dilakukan oleh investor atau pihak lain yang berkompeten dan

selanjutnya melibatkan kalangan masyarakat setempat dalam proses pengelolaan energi bersih tersebut. Pembentukan kelompok energi bersih dikoordinir secara terpadu oleh Badan Pengelolaan *Geopark* Belitung.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diberikan untuk hasil penelitian integrasi PLTS pada sistem kelistrikan eksisting untuk penyediaan tenaga listrik di Desa Tanjung Kelumpang Belitung Timur yaitu:

1. Simulasi integrasi PLTS pada sistem kelistrikan eksisting Desa Tanjung Kelumpang dapat menjadi solusi untuk penyediaan energi bersih, ramah lingkungan dengan tarif yang kompetitif dibawah tarif listrik rumah tangga saat ini. Dari profil beban listrik Desa Tanjung Kelumpang rata-rata sebesar 24.000 kWh/ hari, PLTS dengan total kapasitas 2.556 kW dapat mencukupi kebutuhan beban listrik pada siang hari, sedangkan pada malam hari masyarakat dapat menggunakan suplai listrik dari jaringan PLN 20 kV dan 30 % kapasitas PLTD eksisting;
2. Arah pembangunan Bangka Belitung saat ini mengalami peralihan dari perekonomian berbasis pertambangan menuju perekonomian berbasis pariwisata yang berkelanjutan. Integrasi pembangkit listrik energi terbarukan yaitu PLTS di area *geosite* dinilai dapat memunculkan *multiplier effect* untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan pada sektor pariwisata. Sejumlah metode harus didorong dan diakselerasikan untuk mencapai hal tersebut, seperti pembuatan kebijakan, penyediaan infrastruktur, peningkatan kompetensi SDM, pola kerjasama dan investasi, serta

keterlibatan aktif masyarakat dalam prosesnya.

SARAN

Saran yang dapat diberikan dari penelitian Integrasi PLTS pada Sistem Kelistrikan untuk Penyediaan Listrik di Desa Tanjung Kelumpang, Belitung Timur (Area *Geosite* Pantai Punai, Kawasan *Geopark* Belitung) yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengoptimalkan hasil penelitian diperlukan beberapa data tambahan seperti *trend* penggunaan PLTD di lokasi setempat, informasi kepemilikan lahan, data kunjungan turis lokal dan mancanegara, dan lain-lain;
2. Pengembangan penelitian selanjutnya dapat menasar ke aspek sosial ekonomi di daerah dan masyarakat setempat dengan dilakukannya integrasi PLTS pada sistem kelistrikan, terutama untuk pemberdayaan masyarakat dan peningkatan ekonomi lokal;
3. Perlu dilakukan penelitian yang membahas kajian dan *feasibility study* secara khusus terhadap lokasi-lokasi yang dimungkinkan untuk membangun PLTS, baik dari sisi teknis, keekonomian, lingkungan, dampak sosial dan penerimaan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Forina Lestari, Ira Indrayati, “Pengembangan Kelembagaan dan Pembiayaan Geopark di Indonesia: Tantangan dan Strategi”, ISSN 2549-3922 EISSN 2549-3930, 2022.
- [2] Yujin Lee, Ramasamy Jayakumar, “Economic Impact of UNESCO Global Geoparks on Local Communities: Comparative Analysis of Three UNESCO Global Geoparks in Asia”, Elsevier IJGEO-00059, 2020, pp. 10.
- [3] “Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN Persero 2021 – 2030”, Keputusan Menteri ESDM No 188.K/HK.02/MEM.L/2021 tentang Pengesahan Rencana Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN Persero 2021 – 2030, 2021.
- [4] Saima Ishaq, “A Review on Recent Developments in Control and Optimization of Microgrids. Energy Reports”, Elsevier, 2022.
- [5] Antonio Colmenar-Santos, Carlos de Palacio, Lorenzo Alfredo Enríquez-García, África López-Rey, “A Methodology for Assessing Islanding of Microgrids: Between Utility Dependence and Off-Grid Systems”, *Energies*, ISSN 1996-1073, 2015.
- [6] Zhikang Shuai, et al. “Microgrid stability: Classification and a review. Renewable and Sustainable Energy Review”, Elsevier, 2016.
- [7] Jesús Rodríguez-Molina, Margarita Martínez-Núñez, José-Fernán Martínez, Waldo Pérez-Aguilar, “Business Model in Smart Grid: Challenges, Opportunities and Proposals for Prosumer Profitability”, *Energies* ISSN 1996 – 1073, 2014.
- [8] “Renewable Power Generation Cost in 2021”, IRENA, 2021.
- [9] Sugirianta, Giriantari, Kumara, “Analisa Keekonomian Tarif Listrik PLTS 1 MWP Bangli Dengan Metode *Life Cycle Cost*”. ISSN 1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372 – Teknologi Elektro Vol 15, 2016.
- [10] Cinicy, Windarta, Saptadi, “Studi Kelayakan Ekonomi PLTS Rooftop 32 kWp di Gedung Kantor PT. KPJB, PLTU Tanjung Jati B, Kabupaten Jepara”, *Jurnal Energi*

Baru dan Terbaru - Vol. 4, No. 2,
pp 97 – 107, 2023.

- [11] “Technology Data for Indonesian Power Sector: Catalogue for Generation and Storage of Electricity”, Kementerian ESDM dan *Danish Energy Agency*, 2021.
- [12] “Peraturan Presiden No 9 Tahun 2019 tentang Pengembangan Taman Bumi (*Geopark*)”, 2019.
- [13] Andrea A. Eras-Almeida, Miguel A. Egado-Aguilera, Philipp Blechinger, Sarah Berendes, Estefanía Caamaño, Enrique García-Alcalde, “Decarbonizing the Galapagos Islands: Techno-Economic Perspectives for the Hybrid Renewable Mini Grid Baltra-Santa Cruz”, MDPI, 2020