

**ANALISA BIAYA DAN MANFAAT PENGGUNAAN PLTS DAN PLTD (HYBRID)
DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN LISTRIK SATUAN RADAR (SATRAD) DI
PERBATASAN
(STUDI KASUS PERENCANAAN SATRAD TNI AU TANJUNG SOPI,
KAB. PULAU MOROTAI)**

**COST ANALYSIS AND BENEFITS OF USING PLTS AND PLTD (HYBRID) IN
MEETING THE ELECTRICITY NEEDS OF RADAR BASE (SATRAD) AT THE BORDER
(CASE STUDY OF TANJUNG SOPI AIR FORCE SATRAD PLANNING, REGENCY OF
MOROTAI ISLAND)**

Chrysti Adi Wicaksono¹, Imam Supriyadi², M. Sidik Boedoyo³

UNIVERSITAS PERTAHANAN
(chrystiadi@gmail.com)

Abstrak - Secara geografis Pulau Morotai berbatasan dengan Negara tetangga, khususnya Filipina dan Palau serta perairan laut di sebelah timur, pulau Morotai juga termasuk dalam Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) III sebagai salah satu akses yang sangat terbuka untuk masuk dari segala segi, baik melalui udara maupun dari laut ditambah lagi kondisi wilayah tersebut adalah *blank spot area*, sehingga hal tersebut bisa menjadi salah satu ancaman pertahanan negara Indonesia. Oleh sebab itu sangat penting didirikan Satuan Radar sebagai mata Indonesia dalam menjaga wilayah udara di Indonesia khususnya di wilayah Maluku Utara. Pembangunan Satrad di Kab. Pulau Morotai yang terletak di area puncak bukit di Tanjung Sopi cukup jauh dari utilitas Listrik PLN, sedangkan dalam pengoperasionalan radar tersebut memerlukan sumber energi listrik yang harus selalu tersuplai setiap saat dan tidak boleh padam, oleh sebab itu dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisa biaya dan manfaat Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) dengan energi surya sebagai sumber utama dan *genset* sebagai sumber cadangan sehingga nantinya bisa digunakan sebagai pertimbangan kebijakan atasan dalam menentukan keputusan. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan cara wawancara dan observasi lapangan serta mencari data sekunder yang bisa dijadikan referensi dalam mendukung penelitian ini. Hasil pengolahan data dari penelitian ini menunjukkan potensi energi surya yang bagus untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), serta didapatkan nilai NPV lebih dari 0, nilai IRR 22,44% dan juga *payback period* 8 tahun 2 bulan. Sehingga dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa Pemanfaatan PLTH dengan memanfaatkan energi surya sebagai energi utama untuk mendukung operasional radar dalam perencanaan satuan radar Tanjung Sopi kabupaten Pulau Morotai dapat diaplikasikan dan layak untuk dilaksanakan.

Kata kunci : Analisa biaya dan manfaat, *blank spot area*, potensi energi surya, Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH), Satuan Radar Tanjung Sopi

¹ Program Studi Ketahanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan
² Program Studi Ketahanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan
³ Program Studi Ketahanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan

Abstract - Morotai Island is geographically bordered by neighboring countries, especially the Philippines and Palau and sea waters in the east, Morotai Island is also included in the Indonesian Archipelagic Sea Lane III (ALKI) III as a very open access to enter from all aspects, both through air or from the sea plus the condition of the region is a blank spot area, so that it can become one of the threats to Indonesia's defense. Therefore it is very important to establish a Radar Unit as the eye of Indonesia in maintaining airspace in Indonesia, especially in the North Maluku region. Development of Satrad in Kab. Morotai Island, which is located on the hilltop area in Tanjung Sopi, is quite far from the PLN Electricity utility, while the operation of the radar requires a source of electrical energy that must always be supplied at all times and must not be extinguished, therefore this research aims to analyze the costs and benefits Hybrid Power Plant (PLTH) with solar energy as the main source and generator set as a backup source so that later it can be used as a policy consideration for superiors in making decisions. This study uses qualitative methods by interviewing and observing the field and looking for secondary data that can be used as a reference in supporting this research. The results of data processing from this study indicate the potential of good solar energy for the development of Solar Power Plants (PLTS), as well as NPV values greater than 0, IRR value of 22.44% and payback period of 8 years and 2 months. So from these data it can be concluded that the utilization of PLTH by utilizing solar energy as the main energy to support radar operations in the planning of the Tanjung Sopi radar unit in the Morotai Island district can be applied and feasible to carry out.

Keywords: Cost and benefit analysis, blank spot area, solar energy potential, Hybrid Power Plant (PLTH), Tanjung Sopi Radar Base

Pendahuluan

Dalam pembangunan Satrad Tanjung Sopi Kab. Pulau Morotai⁴, energi adalah salah satu bagian yang penting untuk mendukung keberlangsungan operasional radar dan infrastruktur yang berada di lokasi radar tersebut, akan tetapi ada permasalahan yang terjadi dalam pemenuhan energi terutama listrik untuk pengoperasian radar tersebut, hal ini dikarenakan pembangunan jaringan listrik di lokasi radar belum tersedia selain itu sumber pembangkit listrik di Kab. Pulau Morotai masih terbatas dan kurang dalam pemenuhan permintaan kebutuhan listrik di Pulau tersebut. Permasalahan lain adalah pembangunan infrastruktur seperti jalan belum tersedia ke lokasi dan ketersediaan bahan bakar minyak

yang tidak stabil dikarenakan Depo bahan bakar minyak terletak di seberang Pulau Morotai yaitu Pulau Halmahera yang sangat berpengaruh terhadap pengiriman BBM akibat faktor cuaca serta bahan bakar tersebut juga belum mampu dalam memenuhi kebutuhan masyarakat di Kabupaten Pulau Morotai.

Melihat lebih dalam lagi tentang permasalahan energi di Kabupaten Pulau Morotai, berdasarkan data PLN Unit Daruba di Kab. Pulau Morotai kebutuhan Listrik di Kab. Pulau Morotai sekitar 1.250 Kw, sedangkan pembangkit yang dimiliki PLN di Kab. Pulau Morotai hanya sebesar 800 Kw⁵, artinya pasokan listrik ke Masyarakat masih kurang. Sedangkan untuk SPBU di Kab. Pulau Morotai cuma ada satu

⁴ Agus Supriatna, Air Defense Antara Kebutuhan dan Tuntutan, (Bogor: Universitas Pertahanan, 2012). Hal 12.

⁵ Badan Pusat Statistik Maluku Utara. "Rata-rata suhu udara, kelembaban, tekanan udara, kecepatan angin, curah hujan dan penyinaran matahari di Ternate", Provinsi Maluku Utara Dalam Angka 2018, Retrieved from malut.bps.go.id diakses pada 12 Mei 2019.

yaitu SPBU yang terletak di desa Daruba, sekitar 3 sampai dengan 4 jam dari desa Sopi (tempat lokasi perencanaan radar) sehingga banyak dimanfaatkan penjual eceran dengan harga yang relatif lebih tinggi, selain itu untuk pengiriman dari Depo di Halmahera utara bergantung pada cuaca yang tak menentu, apabila cuaca sedang buruk maka suplai bahan bakar minyak ke Kab. Pulau Morotai terhambat. Untuk kondisi iklim di Maluku utara menurut badan statistik Provinsi Maluku Utara mulai tahun 2015 adalah sebagai berikut : kecepatan angin rata-rata 5 Knot, curah hujan rata-rata 226 mm³, dan penyinaran matahari 57%. Sedangkan di tahun 2016 adalah: kecepatan angin rata-rata 4 knot, curah hujan rata-rata 187 mm³ dan penyinaran matahari 63%. Untuk di tahun 2017 sebagai berikut : kecepatan angin rata-rata 4 Knot, curah hujan rata-rata 228 mm³, dan penyinaran matahari 53%⁶.

Dari data kondisi listrik dan bahan bakar minyak yang ada ditambah lagi dengan data perkiraan cuaca provinsi Maluku Utara, maka untuk sumber utama energi listrik baru terbarukan yang berasal dari matahari bisa dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan listrik operasional radar di desa Sopi, Kab. Pulau Morotai, dan diesel sebagai cadangan (*back up*) listrik untuk operasional radar, dikarenakan radar yang ideal harus terus menerus dioperasikan selama 24 jam⁷, selain itu energi terbarukan tersebut

diharapkan bisa memenuhi konsep ketahanan energi nasional yaitu *Availability, Accessibility, affordability dan acceptability* (4A) yang artinya kebijakan pengelolaan energi didasarkan pada prinsip keadilan, dan berwawasan lingkungan guna terciptanya dan ketahanan energi nasional⁸, serta *Sustainability* yang artinya berkelanjutan mendukung energi Nasional⁹

Oleh sebab itu penelitian ini penting untuk dilaksanakan agar dapat mengetahui kelayakan implementasi pemanfaatan PLTH atau PLTS *back up* genset dibandingkan dengan genset saja apabila sebagai sumber utama listrik untuk operasional radar di Kabupaten Pulau Morotai, sehingga bisa dijadikan sebagai masukan bagi Kementerian Pertahanan dan TNI Angkatan Udara, terutama untuk pemenuhan energi listrik dalam pembangunan satuan radar yang berada di daerah terpencil dan perbatasan.

Metode Penelitian

Metode yang dipakai dalam penelitian yang berjudul “Analisa Biaya dan Manfaat Penggunaan PLTS dan PLTD (*Hybrid*) Dalam Memenuhi Kebutuhan Listrik Satuan Radar (Satrad) di Perbatasan (Studi Kasus Perencanaan Satrad TNI AU Tanjung Sopi, Kab. Pulau Morotai)” adalah metode kualitatif dengan studi kasus perencanaan pembangunan satuan

⁶ Bappenas. “Morotai Tourism Information, Listrik Penerbangan dan Bahari”. Dalam //taiwanicdf-morotai.blogspot.com / 2014 / 10 /listrik - penerbangan - dan - bahari_23.html,2014, diakses pada tanggal 09 April 2019.

⁷ Doddy Setiawan, “Optimasi Pemanfaatan Tenaga Surya di Gedung Auditorium

Universitas Pertahanan Indonesia”, Tesis Universitas Pertahanan,2017, hlm 33.

⁸ Dewan Energi Nasional, “Ketahanan Energi Indonesia 2015”, (Jakarta : Sekjen Dewan Energi Nasional, 2015), Hlm 8

⁹ Purnomo Yoesgiantoro, “Pengantar Energi Pertahanan”, (Bogor : Universitas Pertahanan, 2016).

radar di Tanjung Sopi, Kab. Pulau Morotai. Metode pencarian data akan dilakukan dengan cara observasi lapangan, mencari literatur dari studi pustaka, wawancara informan dan pengambilan data – data dari instansi yang terkait¹⁰ dengan tujuan mengetahui keadaan listrik dan distribusi BBM di Kab. Pulau Morotai yang nantinya akan dipakai dalam perencanaan pemanfaatan teknologi PLTH yang menggunakan energi surya dan genset sebagai cadangan¹¹ untuk memenuhi kebutuhan listrik operasional satuan radar TNI Angkatan Udara di Tanjung Sopi. Setelah kegiatan pengumpulan data dilakukan analisis biaya manfaat terhadap perencanaan dan perancangan teknologi PLTH tersebut.

Tempat Penelitian

Tempat penelitian analisa dan manfaat penggunaan PLTH (surya dengan genset sebagai cadangan) dilaksanakan di lokasi perencanaan pembangunan satuan radar TNI Angkatan Udara yaitu di desa Tanjung Sopi, Kab. Pulau Morotai Provinsi Maluku Utara dan masuk dalam wilayah pangkalan TNI Angkatan Udara Leo Wattimena Morotai.

Subjek dan Obyek Penelitian

Setiap subyek dari obyek penelitian yang memberikan data, baik data primer maupun data sekunder dalam penelitian ini disebut sebagai sumber data. Data primer didapat dari wawancara terhadap *stakeholder* yang

terlibat dalam pengembangan energi terbarukan, penyediaan listrik dan instansi pertahanan. Diharapkan dalam pengambilan data tersebut didapat data yang masih orsinil dan belum diolah sebelumnya. Sedangkan data sekunder didapat dari penelitian - penelitian, jurnal ataupun buku yang berkaitan dengan PLTH dan data mengenai hal yang akan mendukung penulisan penelitian ini baik yang dibuat oleh pemerintah ataupun instansi lainnya.

Yang termasuk kedalam subjek dalam penelitian ini adalah Pihak yang terkait dengan pembangunan satuan radar Tanjung Sopi Kab. Pulau Morotai, pemanfaatan PLTH (PV-Genset), pengelola pasokan listrik dan pengelola pasokan BBM di Kab. Pulau Morotai, sedangkan obyek dalam penelitian ini adalah nilai biaya dan manfaat energi hibrid (PV-Genset) dalam memenuhi kebutuhan listrik satrad Tanjung Sopi, Kab. Pulau Morotai.

Teknik Pengumpulan Data, Pemeriksaan Keabsahan Data dan Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini dilaksanakan pengumpulan Jenis data yang dibutuhkan dengan menggunakan beberapa Teknik. Adapun teknik pengumpulan data yang dilaksanakan adalah dengan studi literatur, observasi lokus penelitian dan wawancara *purposive sampling* serta dokumentasi sebagai bukti orisinil dalam mencari keterangan.¹² Sedangkan dalam

¹⁰ John W. Creswell, Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran Edisi Keempat. (Yogyakarta: Penerbit Pustaka Belajar, 2016).

¹¹ Sai Manoj Rompicherla, “Solar Energy: The Future”, (International Journal of

Engineering Trends and Technology (IJETT), 2013).

¹² John W. Creswell, Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran Edisi Keempat. (Yogyakarta: Penerbit Pustaka Belajar, 2016).

pemeriksaan keabsahan data dilakukan dengan teknik triangulasi yaitu mengecek kebenaran data atau informasi yang diperoleh peneliti dari berbagai sudut pandang yang berbeda dengan cara mengurangi sebanyak mungkin bias yang terjadi pada saat pengumpulan dan analisis data¹³.

Perumusan PLTH (PV-Diesel) dapat dibuat menggunakan data yang dikumpulkan serta sudah dianalisis secara kualitatif. Setelah itu dilaksanakan analisa biaya dan manfaat pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, serta *Benefit cost Ratio*.¹⁴ Adapun tahapan analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Analisa hasil dari wawancara dan observasi tentang ketersediaan pasokan listrik untuk memenuhi kebutuhan operasional satuan radar, serta menganalisa pasokan BBM, potensi energi matahari dan potensi pembangunan teknologi PLTH di Kab. Pulau Morotai.
- b. Setelah itu dilaksanakan analisa atas teknologi PLTH (Pv-Genset) berdasarkan analisa potensi energi surya dan pasokan BBM serta ketersediaan lahan di lokasi perencanaan pembangunan satuan radar di Tanjung Sopi, Kab. Pulau Morotai.

- c. Selanjutnya adalah menghitung biaya dan manfaat pemanfaatan PLTH dengan sumber utama surya dan genset sebagai cadangan untuk operasional satuan radar di Tanjung Sopi, Kab. Pulau Morotai yang meliputi *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, dan *Payback Periode* dengan bantuan *software*.

Hasil dan Pembahasan

Dalam sektor pertahanan, kebutuhan akan energi listrik sangat penting untuk menjamin kelancaran tugas operasional Tentara Nasional Indonesia (TNI) dalam menjalankan kegiatan pertahanan negara. Energi listrik sangat dibutuhkan untuk mendukung operasional kinerja¹⁵ baik pangkalan – pangkalan maupun satuan – satuan khususnya satuan yang ada di daerah perbatasan, terlebih lagi bagi satuan radar sehingga salah satu faktor penunjang untuk mendukung kegiatan pertahanan negara adalah energi. Energi listrik selain digunakan untuk penerangan, di sektor pertahanan sangat dibutuhkan untuk mempertahankan negara dari ancaman-ancaman tentunya pada satuan radar energi listrik digunakan sebagai sumber energi untuk operasional radar.

Pada umumnya sumber energi listrik untuk operasional radar di satuan radar di Indonesia sebagian besar bersumber dari pembangkit listrik

¹³ Anggun Andreyani, “Analisa Biaya dan Manfaat Biodiesel Kemiri Sunan di Entikong Kalimantan Barat”, Tesis Ketahanan Energi Universitas Pertahanan, 2017, hlm 9.

¹⁴ Isna Royana, “Analisa Pemanfaatan Teknologi Energi Surya Untuk Dukungan Logistik Air dan Listrik Tentara Nasional

Indonesia di Perbatasan”, Tesis Ketahanan Energi Universitas Pertahanan, 2019, hlm 14.

¹⁵ Sugiyono, A., & Boedoyo, M. S., “Perubahan Pola Penggunaan Energi dan Perencanaan Penyediaan Energi”. Hasil-Hasil Lokakarya Energy Nasional Ke-17, 1999.

tenaga diesel saja (genset), karena aliran listrik oleh PLN tidak stabil apabila digunakan untuk menjalankan radar, maka peralatan radar yang sensitif dikawatirkan akan rusak. Akan tetapi permasalahan penggunaan genset di wilayah perbatasan dan kepulauan adalah suplai bahan bakar yang tidak lancar akibat terbatasnya stok bahan bakar dan akibat dari sulitnya aksesibilitas pengiriman bahan bakar itu sendiri serta kondisi cuaca perairan yang tidak menentu, dimana apabila suplai listrik utama terhenti akibat pasokan bahan bakar habis, maka operasional radar tidak berfungsi, penerangan tidak ada serta komunikasi terputus sehingga menyebabkan penurunan dalam sistem pertahanan negara terutama di daerah terluar yang berbatasan dengan negara lain akan sangat bahaya, karena rawan terjadinya ancaman dari luar.¹⁶

Agar kejadian tersebut tidak terjadi, maka dibutuhkan alternatif energi lain yang mandiri yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik seperti tenaga surya di kombinasi dengan genset atau yang dikenal dengan sebutan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH).

PLTH dalam penelitian ini, selain dimanfaatkan untuk dukungan operasional alat radar juga dimanfaatkan untuk sumber energi listrik di markas komando satuan radar, sehingga dalam pemakaiannya diharapkan dapat mengefisiensi pemakaian bahan bakar pada genset dan memperkecil resiko berhentinya operasional radar yang diakibatkan oleh kurangnya stok bahan bakar minyak di daerah perbatasan.

Dalam perencanaan satuan radar di Tanjung Sopi, Kabupaten Pulau Morotai belum ditetapkan rencana yang pasti untuk pengadaan radar, sehingga dalam perhitungan beban listrik radar di penelitian ini menggunakan gambaran beban listrik radar pada satuan radar yang ada di perbatasan lainnya yang terletak di wilayah Tarakan, Kalimantan Utara yang jangkauan radarnya ideal untuk radar pertahanan udara diperbatasan.

Adapun untuk radar yang digunakan adalah radar *Plessy Ar 325 Commander* yang mempunyai fungsi tidak hanya memberi *Early Warning* (EW), tetapi juga membawa peran taktis sebagai *Ground Controlled Interception* (GCI), yakni deteksi dini dan pengendalian langkap intersepsi pesawat tempur sergap, atau menuntun jet pemburu ke posisi *black flight*¹⁷. Radar ini pada dasarnya merupakan Radar *Early Warning* (EW) dengan Primary dan Secondary Radar.

Radar Primary dengan jarak jangkau 25 – 470 km, sedangkan Secondary Radar memiliki jarak jangkau 0 – 470 km, serta memiliki ketinggian jangkauan radar mencapai 18.000 meter. Primary Surveillance Radar (PSR) mampu mendeteksi sasaran di udara sejauh mungkin di wilayah udara nasional dengan memancarkan gelombang elektromagnetis dan memanfaatkan *signal echo* yang dipantulkan sasaran dan diproses sampai menjadi data tampilan dari sasaran yang ditangkap. Sementara Secondary Surveillance Radar (SSR) mampu mendeteksi sasaran di udara

¹⁶ Agus Supriatna, *Air Defense Antara Kebutuhan dan Tuntutan*, (Bogor: Universitas Pertahanan, 2012). Hal 16.

¹⁷ Indomiliter, “AR 325 Commander : Radar Kohanudnas Pemantau Ruang Udara ALKI II”, <https://www.indomiliter.com>, diakses 2 November 2019.

pesawat udara yang menggunakan transponder¹⁸.

Menurut Komando Pertahanan Udara Nasional, Radar *Plessy Ar 325 Commander* beserta peralatan pendukung operasional radar tersebut harus selalu berada di suhu ruangan kurang dari 25°C, oleh sebab itu di Satrad 225 Tarakan radar tersebut didukung dengan dengan 4 unit alat pendingin ruang operasional radar berupa *Air Conditioner (AC) 5 Pk*, 41,000 Btu/h yang mempunyai beban listrik masing – masing sebesar 4.800 Watt¹⁹.

Hasil Penelitian

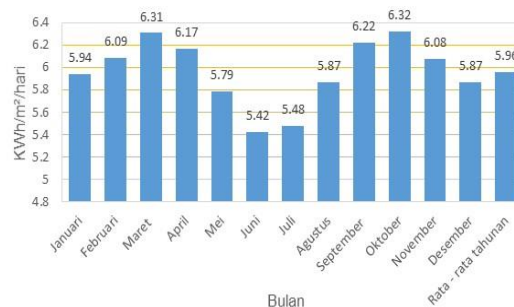
Dalam pengoperasionalan radar, satuan radar di Indonesia rata – rata menggunakan sumber listrik berupa pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) atau genset dan tidak menggunakan sumber listrik yang berasal dari PLN, hal ini dikarenakan tidak stabilnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh PLN dikawatirkan dapat merusak alat – alat atau komponen penting pada mesin radar. Oleh sebab itu untuk kondisi saat ini pasokan bahan bakar minyak juga sangat mempengaruhi beroperasinya satuan radar yang ada di Indonesia. Akan tetapi kondisi cuaca di laut yang tidak menentu ditambah lagi dengan biaya transport pengiriman solar yang cukup mahal dan sangat terbatas muatannya (max 10 ton sekali jalan) sehingga menghambat pasokan bahan bakar minyak yang akan dikirim ke Kabupaten Pulau Morotai. Sehingga terbatasnya pasokan bahan bakar minyak diesel juga dapat menghambat operasional radar pada satuan radar

¹⁸ Indomiliter, “AR 325 Commander : Radar Kohanudnas Pemantau Ruang Udara ALKI II”, <https://www.indomiliter.com>, diakses 2 November 2019.

Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai nantinya.

Potensi Energi Surya Kab. Pulau Morotai

Potensi energi surya kabupaten Pulau Morotai Berdasarkan data *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* (Retscreen, 2018), diketahui memiliki nilai radiasi matahari harian - horizontal dengan nilai tertinggi sebesar 6,32 kWh/m²/hari, yaitu terjadi pada bulan Oktober. Nilai radiasi matahari hariann- horizontal terendah yaitu sebesar 5,42 kWh/m²/hari yang terjadi pada bulan Juni. Bila dilihat secara tahunan, maka nilai rata – rata radiasi matahari harian – horizontal sebesar 5,96 kWh/m²/hari.



Gambar 1. Nilai radiasi matahari harian – horizontal Kab. Morotai

Sumber: Retscreen, diolah peneliti 2019

Jika beban listrik yang akan dilayani oleh pembangkit listrik tenaga surya stabil (tidak mengalami peningkatan) maka untuk menjamin suplai daya yang konstan, kapasitas pembangkitan harus dirancang berdasarkan nilai radiasi pada bulan terendah. Hal ini untuk mengantisipasi kekurangan energi listrik yang dihasilkan pada bulan

¹⁹ Wahanasuperstore, “Spesifikasi AC 5 PK”, www.wahanasuperstore.com, diakses 2 November 2019.

tersebut. Demikian juga suhu udara dan kelembaban pada lingkungan juga akan mempengaruhi suhu panel surya, sehingga perlu diketahui untuk potensi suhu udara, Kabupaten Pulau Morotai memiliki tingkat suhu udara tertinggi mencapai 25,8 °C, yaitu terjadi di bulan April, dan tingkat suhu udara terendah terjadi di bulan Juli mencapai 24,8 °C. Idealnya panel surya akan bekerja dengan optimum pada temperatur standar, yaitu 25 °C. Peningkatan suhu akan mempengaruhi menurunkan efisiensi kinerja panel surya.

Demikian juga untuk jumlah hari hujan, dalam penelitian ini jumlah hari hujan diambil dari data simulasi hujan selama 1 tahun di Kabupaten Pulau Morotai pada tahun 2018 dengan menggunakan *software* yaitu *Jaxa Global Rainfall Watch*, hal ini bertujuan untuk mengasumsi lama pemakaian genset di setiap tahunnya, dari data *Jaxa Global Rainfall Watch*, didapatkan jumlah hari hujan selama tahun 2018 adalah 21 hari, sehingga pemakaian genset untuk back up PLTS direncanakan 21 hari, hal tersebut mempengaruhi biaya dari pembelian bahan bakar minyak untuk genset.



Gambar 2. Jumlah hari hujan 2018 di Kab. Pulau Morotai

Sumber: *Jaxa Global Rainfall Watch*, diolah peneliti 2019

Analisis Kebutuhan Daya Listrik Perencanaan Satuan Radar Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai

Sampai saat ini perencanaan pembangunan satuan radar Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai belum dibuat masterplannya dan oleh sebab itu untuk dijadikan dasar perhitungan kebutuhan daya listrik, peneliti mengambil gambaran masterplan satuan radar yang paling baru yaitu satuan radar Tanjung Datuk dan daya listrik radar *ar Plessey 325 C* yang merupakan radar di satuan radar 225 Tarakan, serta peneliti juga memakai data dari peraturan Kasau mengenai standarisasi bangunan dilingkungan TNI AU dan peraturan Kementerian Pertahanan tentang standarisasi pemakaian listrik di lingkungan Kementerian Pertahanan untuk dijadikan dasar perhitungan kebutuhan daya listrik seperti tertulis di gambaran umum.

Berdasarkan pada data-data tersebut, untuk mengoperasikan fasilitas satuan radar Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai akan dibangun beberapa bangunan yaitu kantor staf satuan radar, bangunan operasional radar, gudang minyak, rumah genset, dan pos jaga serta instalasi pompa air serta gudang penyimpanan *sparepart* radar (gudang TB). Sehingga dari data yang sudah diolah tersebut dapat dilihat bahwa energi nyata yang dibutuhkan untuk operasional perencanaan satuan radar Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai dalam beroperasi selama satu hari adalah 1.992,84 kWh.

Menurut PT SUP dan PT SEI, dalam merencanakan desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya energi nyata harian harus ditambah dengan perhitungan *energy reserve* sebesar 15% dan *sistem losses* sebesar 5% dari total

energi nyata harian yang ada, sehingga didapat angka aman terhadap desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada sistem PLTH Satrad Tanjung Sopi.

Masing – masing energi nyata pada Satuan radar Tanjung Sopi, Kab. Pulau Morotai dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Perencanaan Total Energi Nyata Satuan Radar Tanjung Sopi Morotai

Load	Total Capacity (W)	Total Energy/day (Wh)
Kantor Satrad	4,400	35,200
Gudang Minyak	8,500	17,000
Rumah Jaga	900	10,800
Radar ar Plessey 325 C	59.030,8	1.416.739
Unit AC 5 PK	19,200	460,800
Penerangan & Sarpras	900	21,600
Rumah genset	1,500	1,500
Pompa Submersible	2,200	2,200
Gudang TB	2,250	27,000
Sub Total 1	98.880	1.992.839,2
Energy Reserve	15%	298.925,88
Sub Total 2		2.291.765,1
System Losses	5%	114.588,25
TOTAL		2.406.353,33

Sumber: Kohanudnas, diolah peneliti 2019

Perencanaan Sistem PLTH

Perencanaan instalasi PLTH pada perencanaan pembangunan satuan radar Tanjung Sopi, Kabupaten Pulau Morotai akan dilakukan dua skenario. Skenario pertama adalah instalasi PLTS sebagai sumber listrik utama setiap hari untuk mengoperasikan seluruh kebutuhan instalasi satuan radar baik instalasi radar ataupun keseluruhan bangunan yang ada di satuan radar tersebut, dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dalam hal ini mesin genset hanya digunakan sebagai

cadangan serta dioperasikan ketika jumlah curah hujan sangat tinggi dan intensitas matahari tidak cukup mengcover sistem di PLTS yang ada selama satu hari penuh.

Perencanaan pembangunan PLTS yang akan digunakan sebagai sumber energi listrik utama dalam memenuhi kebutuhan listrik satuan radar Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai adalah dengan menggunakan PLTS *off grid*, Skenario tersebut dirancang dengan tanpa tersambung jaringan PLN dan menggunakan baterai sebagai penyimpan energi serta genset sebagai sumber energi cadangan. Hal ini dikarenakan belum adanya jaringan PLN di lokasi perencanaan pembangunan satuan radar Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai, selain itu kondisi suplai bahan bakar minyak di Kab. Pulau Morotai sangat terbatas dan untuk aksesibilitasnya juga tidak mudah.

a. Penentuan area *array* (PV area)

Dalam spesifikasi PV pada PT Len Solar menyatakan bahwa untuk membangun PLTS dengan kapasitas 1,5 KW dibutuhkan lahan seluas 12 m² sehingga total lahan yang diperlukan untuk PLTS 594 KWP sekitar 4.752 m².

b. Daya yang dibangkitkan PLTS dan Jumlah Modul Planel Surya

Berdasarkan luas PV area yang sudah diketahui maka kebutuhan daya yang akan dibangkitkan dapat dihitung dengan mengkalikannya terhadap nilai *Peak Sun Insolation* (PSI) dan efisiensi modul panel surya yang digunakan²⁰. Berdasarkan perhitungan design PLTS (Tabel 1) maka daya PV yang akan dibangkitkan untuk memenuhi kebutuhan listrik satuan radar Tanjung Sopi, Kabupaten Pulau Morotai sebesar 593.670 Wp atau dengan pembulatan

²⁰ Dafi Dzulfikar, “Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah

Tangga”, Seminar Nasional Fisika (E-Journal), 2016.

agar daya instalasi PV menjadi genap sebagaimana umumnya sekitar 593,67 KWp ~ 594 KWp.

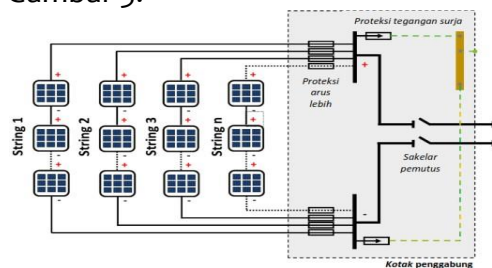
Modul yang akan digunakan adalah modul surya yang diproduksi oleh PT.LEN. Jenis modul yang akan digunakan adalah modul Len 330 Wp *Monocrystalline* dibuat dari solar cell yang memiliki efisiensi tinggi sehingga dapat menghasilkan daya yang maksimal dan dapat bekerja saat intensitas pencahayaan rendah seperti ketika kondisi langit berawan dan waktu hujan. Setelah didapatkan jumlah kebutuhan listrik dan jenis modul surya, maka jumlah panel dapat diketahui sebanyak 1799 modul.

c. Combiner box

Menurut Bagus Ramdhani dalam GIZ 2018, *Combiner box* atau kotak penggabung berfungsi untuk menggabungkan kumpulan string modul PV yang sudah dirancang agar mendapatkan arus keluaran larik PV yang lebih tinggi. Kelima String modul PV yang sudah tersusun dihubungkan pada busbar yang sama kemudian digunakan selengkap pelindung (*enclosure*) sebagai pelindung secara elektrik maupun mekanis. Isi dalam *combiner box* pada umumnya terdapat busbar atau terminal tambahan perangkat proteksi tegangan surja (*surge protection device*), perangkat proteksi arus lebih (*overcurrent protection*) string, batang pembumian (*grounding bar*) dan sakelar pemutus arus. Setelah komponen-komponen tersebut digabungkan dalam *combiner box* dan menghasilkan keluaran, kemudian dihubungkan ke *solar charge controller* yang terdapat pada sistem DC-coupling atau ke inverter jaringan pada sistem AC-coupling, dalam

rangkaian ini dihubungkan ke inverter jaringan pada sistem AC-coupling.

Pemasangan *combiner box* harus di tempat yang aman dan dibawah modul PV agar temperatur dalam kotak yang dikehendaki terjaga, karena secara signifikan kondisi lingkungan dapat mempengaruhi temperatur lingkungan *combiner box* sehingga dapat menurunkan kinerja komponen listrik yang didalamnya²¹. Gambaran diagram listrik instalasi rangkaian modul PV beserta *combiner box* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka teoritis

Sumber: Bagus Ramdhani, 2018

d. Kapasitas inverter

Modul-modul surya dapat dipasang membentuk rangkaian (*String*). Rangkaian yang dibentuk dapat dihubungkan secara seri ataupun paralel. Penentuan rangkaian seri dan paralel PV tergantung pada input inverter yang akan digunakan. Adapun inverter yang akan digunakan adalah inverter Sunny Boy 5.0-`AV-41.

e. Jumlah Baterai

Penentuan kapasitas baterai yang dibutuhkan agar konsumsi dapat *continue*, diasumsikan Jumlah hari otonomi pada penelitian ini adalah 1,5 hari. Baterai yang akan digunakan adalah tipe LiFePO₄ 12 V 12.8V 100 Ah Lithium Baterai. Baterai dengan bahan tersebut mempunyai *life cycle* lima kali lebih lama dari pada baterai biasa saat ini yaitu antara 3000 sampai 5000 cycle,

²¹ Ramdhani, Bagus, "Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Dos & Don'ts", (Jakarta: GIZ, 2106).

sehingga mempunyai *life time* yang lebih lama yaitu bisa lebih dari 10 tahun, selain itu baterai LiFePO₄ mempunyai berat dan dimensi lebih kecil dari baterai biasa yaitu sekitar 13 kg perbaterai, sehingga menghemat tempat dan pengiriman.

f. Pemasangan Panel Surya

Pemasangan modul PV agar menghemat pemakaian luas lahan yang dibutuhkan oleh keseluruhan unit, saat pemasangan modul PV dibutuhkan penyangga panel surya yang digunakan untuk mendudukan modul PV sehingga dapat mengatur arah dan sudut kemiringan modul sedemikian rupa agar sinar matahari yang diterima modul dapat maksimal. Daya yang dihasilkan akan lebih optimal ketika sinar matahari yang datang ke modul dari arah tegak lurus sehingga luas permukaan modul yang tersinari optimal juga.

Analisa Biaya dan Manfaat Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH)

Analisis data dilakukan terhadap data kualitatif. Data kualitatif yang didapat dari narasumber lokus penelitian dianalisis untuk mengetahui potensi energi dan spesifikasi material baik PLTS maupun genset yang digunakan untuk mendesain PLTH, baik itu yang dirumuskan dalam kebijakan yang sudah ada atau wacana kebijakan²². Analisis data pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran nilai manfaat dan biaya untuk dapat merumuskan usulan kebijakan yang tepat²³.

Dalam penelitian ini sistem PLTH diasumsikan selama 20 tahun, hal ini dikarenakan panel surya yang dipakai mempunyai efisiensi pemakaian selama 20 tahun²⁴. Selain itu dalam penelitian ini, komponen-komponen manfaat dan biaya yang bersifat tangible dan intangible dari sistem PLTH dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai sumber listrik utama yang mempunyai kapasitas 594 KWp dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (Genset) berkapasitas 150 KVa sebagai cadangan yang digunakan untuk mensubsidi kebutuhan listrik perencanaan satuan radar Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai

Analisis Biaya

Analisis biaya pada sistem peningkatan ini merupakan biaya sistem PLTH, dengan lama proyek selama 20 Tahun meliputi biaya investasi dan biaya operasional dan pemeliharaan.

a. Biaya Investasi

Biaya investasi merupakan modal awal yang digunakan untuk membangun PLTH dengan PLTS sebagai sumber utama listrik dengan kapasitas sebesar 594 KWp dan genset sebagai cadangan dengan kapasitas sebesar 150 KVa. Adapun biaya investasi awal tersebut sebagai berikut:

²² Zulfakar Athur Banartama,dkk, "Sistem Tenaga Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Yang Dibuat Di Kedubes Austria", 2017.

²³ Pamela Misuraca, "The Effectiveness of a Costs and Benefits Analysis in Making Federal Government Decisions", (International

Journal of Center for National Security:The MITRE Corporation, 2106).

²⁴ Dharmendra thakur, "A Review on Immersion System to increase the efficiency of Solar Panels", (International Journal of Advanced Research, 2016).

Tabel 2. Biaya Investasi Awal PLTH

Beban Kebutuhan	Jumlah	Harga
Solar Panel	1799 bh	6.086.461.353
Baterai	2360 pcs	4.987.152.000
Inverter controler	+ 593,67 Kwp	2.121.954.681
Beban Kebutuhan	Jumlah	Harga
Monitoring System	1 Ls	76.600.000
Panel Distribusi	1 Ls	53.000.000
Kabel Power dan Acc	1 Ls	197.100.000
Shelter (5x32 m)	1 Ls	626.580.000
Transportasi Pengiriman	5 Kontainer	200.000.000
Total PV System		14.348.828.034
Lahan	4909,36 m²	122.734.000
Genset 150 Kva + Rumah + Kirim	1 Ls	711.710.000
Total Investasi Awal		15.183.272.034

Sumber: PT. Surya Utama Putra, diolah peneliti 2019

Selain Biaya investasi awal dalam menjalankan PLTH ini diperlukan biaya investasi tambahan yaitu bahan bakar minyak (solar industri) untuk genset yang digunakan apabila energi surya dari PLTS tidak dapat beroperasi maksimal untuk mengisi baterai dikarena sumber energi matahari tidak ada atau sangat sedikit di hari tersebut, didapat kebutuhan solar pemakaian genset sebanyak 21 hari yaitu sebesar 15.876 liter, sedangkan untuk harga solar Industri PT Pertamina (HSD) periode 15 oktober sd 31 oktober 2019 pada wilayah IV (Maluku – Papua) diharga Rp. 11.600 sehingga biaya investasi tambahan yang dikeluarkan untuk bahan bakar minyak diesel selama satu tahun sebesar Rp. 184.955.400 dan investasi tambahan tersebut dihitung selama *life time* panel surya yaitu selama 20 tahun.

Selain kebutuhan bahan bakar minyak diesel untuk genset, ada investasi tambahan lainnya yaitu berupa

penggantian baterai LiFePO₄ 12 V 12.8V 100 Ah yang cyclenya bisa mencapai 3000 sampai 5000 cycle yaitu antara 8 tahun sampai 13 tahun dengan penurunan efesiensi menjadi 80%, sehingga dalam penelitian ini diasumsikan *life time* baterai adalah 10 tahun dan penggantian nya adalah keseluruhan jumlah baterai yang ada yaitu sebesar 2360 Pcs di spesifikasi baterai yang sama, dan diasumsikan juga harga baterai tidak berubah karena nilai jual baterai yang semakin lama semakin efisien dan murah yaitu sebesar Rp. 4.987.152.000.

b. Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan atau *operational and Maintenance (O&M)* merupakan biaya yang meliputi biaya O & M dari investasi sistem PLTS dan Genset. Pada umumnya biaya operasional dan pemeliharaan pertahun diperhitungkan sebesar 1-2% total anggaran yang dikeluarkan untuk pembagunan awal sistem PLTH. Dikarenakan Indonesia merupakan wilayah tropis yang memiliki musim hujan dan kemarau, sehingga pemeliharaan akan lebih mudah dibandingkan negara lain yang memiliki banyak musim maka persentasi biaya operasional dan pemeliharaanya diasumsikan sebesar 1%. Penentuan persentase 1% dilihat juga dari tingkat upah di Indonesia, dimana apabila dibandingkan dengan negara maju, tingkat upah tenaga kerja Indonesia lebih rendah, sehingga biaya operasional dan pemeliharaan dalam sistem PLTH dapat ditentukan sebesar 1% dari biaya ivestasi awal yaitu Rp.151.832.720,34/Tahun.

Analisis Kelayakan Finansial (NPV, IRR, Payback Period)

Analisis kelayakan finansial dilakukan untuk mengetahui kelayakan proyek ditinjau dari sisi ekonomi. Analisis kelayakan finansial dilakukan untuk menilai seberapa ekonomis penggunaan PLTH dalam hal ini penggunaan energi surya dipakai sebagai sumber energi utama dan PLTD dipakai sebagai cadangan untuk mengoperasikan radar. Parameter nilai kelayakan ditinjau dari nilai (*Net Present Value*) NPV, (*Internal Rate of Return*) IRR, (*Net Benefit Cost Ratio*) Net BCR, dan (*Payback Period*) PBP. Dilanjutkan dengan analisis sensitivitas untuk menjamin kepastian usaha pada perubahan kondisi normal.

Dalam menghitung nilai NPV, IRR, BCR, dan PBP, terlebih dahulu harus dihitung nilai dari masing-masing elemen penyusun analisis yaitu, nilai investasi, nilai biaya keseluruhan (*cost*) dan nilai pendapatan²⁵, selain itu dalam penelitian ini juga menggunakan asumsi dasar yang dipakai dalam perhitungan kelayakan finansial sebagai berikut :

- a. Usia PLTH diasumsikan sampai 20 tahun (berakhir pada tahun 2039).
- b. Suku bunga bank diasumsikan 12,5% (Bank Indonesia 2019).
- c. Inflasi bersifat stagnan.
- d. Harga bahan bakar minyak diesel tidak mengalami perubahan.
- e. Tidak diberikan subsidi oleh pemerintah.
- f. Waktu pemakaian genset adalah waktu hari hujan selama satu tahun di tahun 2018 dan dipakai acuan untuk perkiraan hari hujan tahun berikutnya sampai 2039.

Secara umum investasi merupakan modal yang dibutuhkan untuk melakukan proses produksi dalam upaya menghasilkan keuntungan. Dalam proyek PLTH yang menggunakan energi surya sebagai pembangkit listrik utama dan genset sebagai cadangan, investasi merupakan modal yang dibutuhkan untuk pengadaan sistem PLTH dalam penelitian ini adalah pengadaan sistem PLTS *off grid* dan pengadaan genset beserta pengiriman ke lokasi satuan radar Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai, dan pengadaan lahan untuk penempatan sistem PLTH.

Penghitungan total biaya adalah biaya yang dikeluarkan untuk operasional dan pemeliharaan PLTH setiap tahunnya. Total biaya yang dikeluarkan bersumber dari biaya pemeliharaan dan operasional PLTH serta pembelian bahan bakar minyak diesel untuk pemakaian genset ketika hari hujan ditambah lagi dengan biaya asumsi penggantian baterai di tahun ke-11 karena diperkirakan *life time* baterai akan menurun menjadi 80% diakhir tahun ke-10. Penghitungan total pendapatan dihitung dari penghematan bahan bakar minyak diesel apabila diasumsikan pengoperasionalan radar menggunakan genset sebagai sumber utama listrik tentunya diasumsikan pemakaian pertahun adalah 11 bulan 9 hari dikarenakan dalam sistem PLTH juga ada penggunaan bahan bakar minyak diesel selama 21 hari yang masuk dalam total biaya, selain biaya penghematan bahan bakar minyak diesel juga terdapat pendapatan

²⁵ Eka Razak Kurniawan, "Analisa Biaya dan Manfaat Energi Surya Untuk Mendukung Pasokan Energi Integrated Cold Storage di

SKPT Kota Sabang", Tesis Ketahanan Energi Universitas Pertahanan, 2019.

proyeksi *social cost carbon* (SSC)²⁶ selama 20 tahun atau selama waktu efisien umur panel surya. Sehingga untuk menghitung kajian finansial PLTH didapat dari mengkalkulasi investasi, total biaya, dan pendapatan pada pada sistem PLTH pada perencanaan satuan radar Tanjung Sopi, Kabupaten Pulau Morotai.

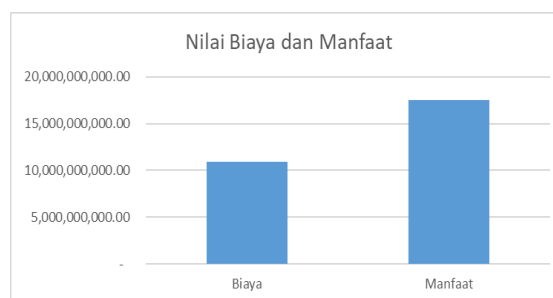
Analisis Sensitivitas

Analisis yang digunakan untuk melihat pengaruh terhadap proyek akibat kemungkinan terjadinya keadaan atau kondisi yang berubah-ubah disebut sebagai analisis sensitivitas²⁷. Dalam dunia usaha analisis sensitivitas juga dilakukan untuk menjamin kepastian usaha, sehingga dalam penelitian ini analisis sensitivitas juga digunakan sebagai parameter efisiensi apabila terjadi kondisi atau keadaan yang berubah-ubah. Dalam proyek PLTH dengan menggunakan PLTS sebagai sumber utama listrik dan PLTD sebagai cadangan untuk operasional perencanaan radar Tanjung Sopi di Kabupaten Pulau Morotai, Analisis sensitivitas dilakukan dengan simulasi penurunan dan peningkatan nilai investasi, operasional, dan pendapatan pada rentang 75%, 80%, 100%, 120%, dan 135%. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai kritis terhadap investasi yang nantinya bisa menjadi gambaran dalam pelaksanaan suatu proyek.

Nilai Biaya dan Manfaat

Perumusan biaya dan manfaat dilakukan dengan mengelompokkan

biaya dan manfaat yang disesuaikan dengan kondisi lokus penelitian. Adapun nilai yang layak bisa dilihat dari dilihat nilai NPV lebih besar dari 0, yaitu dengan nilai Rp. 6.596.752.221,68. Dari nilai tersebut apabila dilihat dari segi nilai NPV, maka proyek PLTH yang menggunakan energi surya sebagai sumber utama dan genset sebagai cadangan untuk operasional perencanaan satuan radar Tanjung Sopi Kabupaten Morotai dinilai layak. Sedangkan jika dilihat dari nilai IRR, proyek PLTH ini memiliki nilai IRR sebesar 22,44%. Hal tersebut dinilai layak dan menarik dikarenakan nilai IRR pada proyek PLTH ini lebih besar dari asumsi suku bunga bank dengan nilai suku bunga sebesar 12,5%. Dan apabila ditinjau dari *payback period*, proyek PLTH ini juga dinilai layak karena *payback period* dalam penelitian ini terjadi pada 8 tahun 2 bulan. Selain itu besaran nilai biaya dan manfaat dinilai layak, hal ini dikarenakan nilai manfaat sebesar Rp. 17.477.866.319 lebih besar dari nilai biaya yaitu sebesar Rp. 10.881.114.097.



Gambar 4. Nilai biaya dan manfaat PLTH renc. Satrad Tanjung Sopi di Kab. Pulau Morotai

Sumber: Perhitungan nilai Analisa biaya dan manfaat, diolah peneliti 2109

²⁶ World Bank Group, “State and Trends of Carbon Pricing 2018” hlm.17-22. Dalam, <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29687/9781464812927.pdf?sequence=5&isAllowed=y>, diakses pada 21 januari 2019.

²⁷ Isna Royana, “Analisa Pemanfaatan Teknologi Energi Surya Untuk Dukungan Logistik Air dan Listrik Tentara Nasional Indonesia di Perbatasan”, Tesis Ketahanan Energi Universitas Pertahanan, 2019.

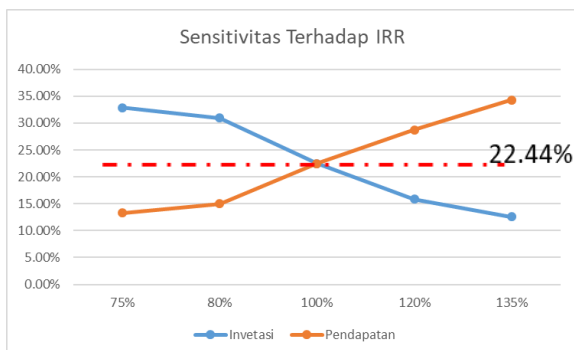
Dari pembahasan analisis ekonomi penggunaan PLTS dan PLTD (Hibrid) dalam memenuhi kebutuhan listrik radar Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai, proyek PLTH tersebut menarik untuk dilaksanakan.

Pembahasan Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas pada penelitian ini dilakukan dengan simulasi penurunan dan peningkatan nilai investasi dan pendapatan pada rentang 75%, 80%, 100%, 120%, dan 135%. Dengan rentang prosentase pertumbuhan investasi maupun pendapatan tersebut dapat dilihat perubahan terhadap IRR dan *payback period*.

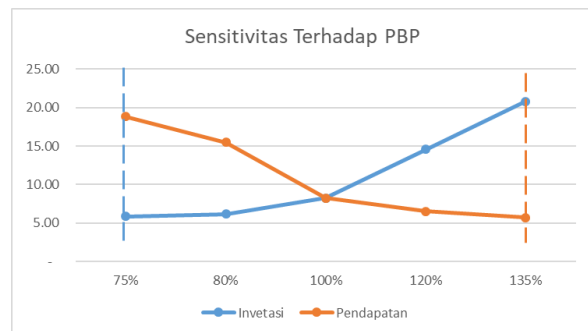
Dilihat sensitivitas nilai IRR, apabila nilai investasi bisa ditekan atau turun sampai 75% maka nilai IRR akan naik sebesar 32,85%, tetapi apabila nilai investasi karena keadaan tertentu mengalami kenaikan sampai 135%, maka nilai IRR menjadi 12,56%. Demikian jika ditinjau dari segi pendapatan, apabila pendapatan mengalami penurunan (penurunan harga bbm diesel) sebesar 75%, maka nilai IRR menjadi 13,29%.

Di tinjau dari sensitivitas nilai IRR baik dari segi penurunan pendapatan sampai 75% ataupun kenaikan investasi sampai 135%, walaupun sudah tidak menarik tapi masih dikatakan layak. Hal ini dikarenakan nilai PLTH dalam penelitian ini masih melebihi asumsi suku bunga dari bank yaitu 12,5%.



Gambar 5. Sensitivitas terhadap IRR
Sumber: Perhitungan nilai sensitivitas, diolah peneliti 2019

Demikian juga ditinjau dari sensitivitas *payback period*, apabila pendapatan yang turun sampai 75% maka *payback period* menjadi 18 tahun 10 bulan. Akan tetapi jika investasi naik sampai 135% *payback period* menjadi 20 tahun 8 bulan dan jika pendapatan naik 135% maka *payback period* hanya menjadi 5 tahun 8 bulan saja. Tentunya untuk sensitivitas *payback period*, apabila ditinjau dari kenaikan investasi menjadi 135% ataupun penurunan pendapatan menjadi 75% tetap layak tapi menjadi tidak menarik, karena secara ekonomi pengembalian modal membutuhkan waktu yang lama.



Gambar 6. Sensitivitas Investasi dan Pendapatan terhadap *Payback Period*
Sumber: Perhitungan nilai sensitivitas, diolah peneliti 2019

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, disimpulkan bahwa Penggunaan PLTS dan PLTD (*Hybrid*) dalam memenuhi kebutuhan listrik Satrad di perbatasan yaitu di Tanjung Sopi Kabupaten Pulau Morotai, adalah sebagai berikut:

1. Potensi energi surya di Tanjung Sopi, kabupaten Pulau Morotai cukup tinggi, hal ini bisa dilihat dari nilai rata-rata radiasi matahari tahunan di daerah Tanjung Sopi kabupaten Pulau Morotai sebesar 5,96 kWh/m²/hari dengan batas terendah sebesar 5,42 kWh/m²/hari dan batas tertinggi sebesar 6,32 kWh/m²/hari. Selain memiliki radiasi matahari yang tinggi daerah Tanjung Sopi juga memiliki hari hujan yang tidak banyak, sepanjang tahun 2018 hari hujan tercatat sebanyak 21 hari, sehingga dari potensi tersebut didapatkan perhitungan energi surya dapat dioperasikan 100% selama 24 jam x 344 hari baik secara langsung dari panel surya dan dari energi surya yang tersimpan pada baterai. Selain itu dari jumlah kebutuhan panel surya juga didapatkan luas area sebesar 4.909,36 m². Oleh sebab itu Pemanfaatan PLTH dengan memanfaatkan energi surya sebagai energi utama untuk mendukung operasional radar dalam perencanaan satuan radar Tanjung Sopi kabupaten Pulau Morotai dapat diaplasiakan.
2. Berdasarkan hasil analisa nilai biaya dan manfaat maka dihasilkan perbandingan nilai manfaat yang lebih besar daripada nilai biaya, manfaat yang telah di analisis terdiri dari NPV, IRR dan

payback periode yang bernilai positif, apabila perbandingan nilai manfaat dan biaya dirupiahkan maka didapatkan nilai manfaat Rp. 17.477.866.319 lebih besar dari nilai biaya yaitu sebesar Rp. 10.881.114.097. Artinya nilai ekonomi pemanfaatan PLTH dengan memanfaatkan energi surya sebagai energi utama untuk mendukung operasional radar dalam perencanaan satuan radar Tanjung Sopi kabupaten Pulau Morotai layak dinilai layak.

3. Untuk mendukung program pemerintah dalam mewujudkan bauran energi baru terbarukan sebanyak 23% ditahun 2025 serta berdasarkan kelayakan investasi maka TNI Angkatan Udara perlu mengaplikasikan pemanfaatan PLTH dengan menggunakan energi surya sebagai energi utama pada satuan radar atau pangkalan TNI lainnya di Perbatasan terutama diderah yang sulit mendapatkan bahan bakar minyak ataupun belum teraliri listrik.

Daftar Pustaka

Buku

- Agus Supriatna (2017). *Air Defense Antara Kebutuhan dan Tuntutan*.
- Dewan Energi Nasional, (2015) "Ketahanan Energi Indonesia 2015", Jakarta : Sekjen Dewan Energi Nasional.
- John W. Creswell (2016). *Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran Edisi Keempat*.
- Ramdhani, Bagus. (2018). *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Dos & Don'ts*. Jakarta: GIZ

Yoesgiantoro P, (2016), "Pengantar Energi Pertahanan", Bogor : Universitas Pertahanan.

Tesis

Anggun Andreyani. (2018). "Analisa Biaya dan Manfaat Biodiesel Kemiri Sunan di Entikong Kalimantan Barat", Tesis Ketahanan Energi Universitas Pertahanan.

Doddy Setiawan. (2016). "Optimasi Pemanfaatan Tenaga Surya di Gedung Auditorium Universitas Pertahanan Indonesia", Tesis Universitas Pertahanan.

Eka Razak Kurniawan. (2018). "Analisa Biaya dan Manfaat Energi Surya Untuk Mendukung Pasokan Energi Integrated Cold Storage di SKPT Kota Sabang", Tesis Ketahanan Energi Universitas Pertahanan.

Isna Royana. (2019). "Analisa Pemanfaatan Teknologi Energi Surya Untuk Dukungan Logistik Air dan Listrik Tentara Nasional Indonesia di Perbatasan", Tesis Ketahanan Energi Universitas Pertahanan.

Jurnal

Dafi Dzulfikar. (2016). "Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga", Seminar Nasional Fisika (E-Journal).

Misuraca Pamela. (2014). "The Effectiveness of a Costs and Benefits Analysis in Making Federal Government Decisions", International Journal of Center for National Security, The MITRE Corporation.

Sai Manoj Rompicherla. (2013). "Solar Energy: The Future", International

Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT).

Sugiyono, A., & Boedoyo, M. S. (1999). Perubahan Pola Penggunaan Energi dan Perencanaan Penyediaan Energi. Hasil-Hasil Lokakarya Energy Nasional Ke-17

Thakur Dharmendra. (2016). "A Review on Immersion System to increase the efficiency of Solar Panels", International Journal of Advanced Research.

Zulfakar Athur Banartama,dkk. (2017). "Sistem Tenaga Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) Yang Dibuat Di Kedubes Austria".

Internet

Bappenas. (2014). Morotai Tourism Information, Listrik Penerbangan dan Bahari. Retrieved from //taiwanicdf-morotai.blogspot.com/2014/10/listrik-penerbangan-dan-bahari_23.html, diakses pada tanggal 09 April 2019.

Badan Pusat Statistik Maluku Utara. (2018). "Rata-rata suhu udara, kelembaban, tekanan udara, kecepatan angin, curah hujan dan penyinaran matahari di Ternate", Provinsi Maluku Utara Dalam Angka 2018, Retrieved from malut.bps.go.id diakses pada 12 Mei 2019.

Indomiliter, "AR 325 Commander : Radar Kohanudnas Pemantau Ruang Udara ALKI II", <https://www.indomiliter.com>, diakses 2 November 2019.

Wahanasuperstore, "Spesifikasi AC 5 PK", www.wahanasuperstore.com, diakses 2 November 2019.

World Bank Group, “State and Trends of Carbon Pricing 2018” hlm.17-22. Dalam, <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29687/9781464812927.pdf?sequence=5&isAllowed=y>, diakses pada 21 januari 2019.