PEMANFAATAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI LANTAMAL III JAKARTA MENDUKUNG PERTAHANAN NEGARA

UTILIZATION OF THE POTENTIAL OF SOLAR POWER PLANT (PLTS) AT LANTAMAL III JAKARTA SUPPORTS STATE DEFENSE

Danisworo[1], Donny Yoesgiantoro[1], Suyono Thamrin[1]

PROGRAM STUDI KETAHANAN ENERGI, UNIVERSITAS PERTAHANAN
Email: danisworo2000@gmail.com, energyprogram@gmail.com, suyono.thamrin@gmail.com

Abstrak –Pemanfaatan energi matahari melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu alternatif teknologi yang biasanya digunakan di rumah/ gedung dalam hal mendukung adanya pasokan energi listrik.Jika dilihat dari potensinya lantamal III Jakarta Memiliki potensi yang bagus jika diterapkan adanya Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jika dilakukan penerapannya, PLTS memberikan peluang dan keuntungan jika diterapkan di gedung Lantamal III Jakarta karena dapat mendukung adanya ketahanan energi dan memberikan penghematan efisiensi biaya. Pada penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Berdasarkan hasil perhitungan di dapatkan data yaitu produksi enerdi dari PLTS atap mencapai 150,15 kWp. Sehingga jika diterapkan adanya penggunaan PLTS maka akan memiliki biaya Harga untuk PLTS dengan 150 kWp maka mendapatkan biaya sekitar Rp 2.637.000.000. Jika digunakan adanya PLTS maka akan memberikan keuntungan yaitu dengan Efisiensi listrik yg dihasilkan dari PLTS per bulan sekitar Rp26.089.128. Kesimpulan yang didapatkan masih belum adanya penerapan PLTS pada Lantamal III Jakarta, PLTS memiliki potensi di Lantamal III dan perlu adanya dukungan dari berbagai pihak dalam penerapannya.

Kata Kunci: Energi Surya, Lantamal III, Efisiensi, Pertahanan Negara, Ketahanan Energi

Abstract *– Utilization of solar energy through Solar Power Plants (PLTS) is an alternative technology that is usually used in homes/buildings in terms of supporting the supply of electrical energy. If viewed from its potential, Lantamal III Jakarta has good potential if a Solar Power Plant is implemented. If implemented, PLTS provides opportunities and benefits if applied in the Lantamal III Jakarta building because it can support energy security and provide cost efficiency savings. In this study using qualitative methods. Based on the results of the calculation, the data obtained, namely the energy production from rooftop solar power plants reached 150.15 kWp. So that if the use of PLTS is applied, it will have a cost. The price for PLTS with 150 kWp will get a cost of around Rp. 2,637,000,000. If PLTS is used, it will provide benefits, namely the electricity efficiency generated from PLTS per month is around Rp. 26,089,128. The conclusion obtained is that there is still no application of PLTS on Lantamal III Jakarta, PLTS has potential in Lantamal III and needs support from various parties in its implementation.*

Keywords: *Solar Energy, Lantamal III, Efficiency, National Defense, Energy Security*

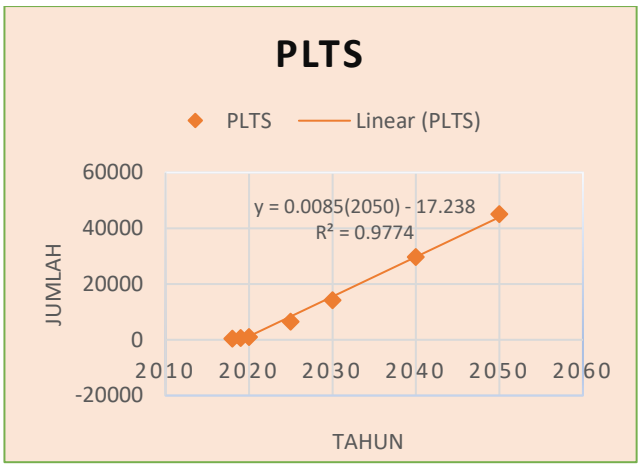
Pendahuluan

Kemajuan teknologi yang semakin canggih mengakibatkan konsumsi bahan bakar energi semakin besar. Besarnya konsumsi tersebut juga akhirnya berpengaruh terhadap pemakaian sumber energi yang dari waktu ke waktu mengalami tren peningkatan. Sementara itu ketersedian pasokan energi yang ada di Indonesia realtif umumnya saat ini

masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar energi yang tidak dapat diperbaharui, Bappenas (2011). Sejauh ini konsumsi energi dalam negeri masih sangat bergantung pada energi fosil, khususnya minyak bumi, yang mencapai 96% dari total konsumsi energi negara (minyak 48%, gas alam 18%, batubara 30%), dan upaya untuk memaksimalkan penggunaan energi terbarukan belum bisa dilakukan sesuai dengan yang direncanakan, Dewan Energi Nasional (2019).

Menurut Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 79 Tahun 2014, Tingginya konsumsi energi fosil disebabkan oleh adanya subsidi, membuat harga energi menjadi lebih murah, dan masyarakat menjadi sering melakukan pemborosan dalam penggunaan energi. Disamping itu, Indonesia masih dihadapkan oleh permasalahan terhadap adanya penurunan cadangan energi fosil dan belum ditemukannya sumber cadangan baru.

Indonesia sebetulnya memiliki banyak potensi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan bisa dikembangkan, seperti mikrohidro (tenaga air) yang bersih dan, panas bumi, biomassa, angin dan surya, namun pemanfaatannya belum dilakukan secara optimal, Kementerian ESDM (2020). Padahal bila melihat letak posisi Indonesia yang berada di garis khatulistiwa, potensi energi matahari yang dimiliki sangat begitu besar dengan rata-rata intensitas radiasi penyinaran matahari harian di seluruh Indonesia sekitar 4,8 kWh/m2 selama 10 sampai 12 jam dirasa cukup untuk mengembangkan sumber pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).



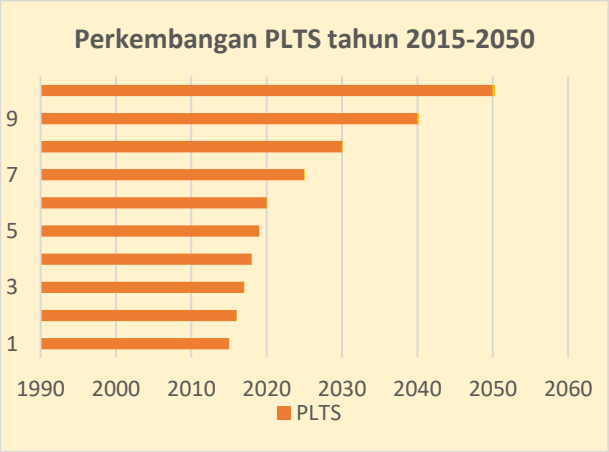
Gambar 1. Pasokan energi surya di Indonesia tahun 2015-2050
Sumber. Hasil Olah data, 2022

Berdasarkan wilayah, kawasan barat. Indonesia memiliki potensi sekitar 4,5 kWh/m2/hari dengan variasi bulanan mencapai 10%. Sedangkan kawasan umur Indonesia memiliki potensi sekitar 5,1 kWh/m2/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Indonesia memiliki potensi energi surya yang cukup besar dan relatif stabil sepanjang tahun, Custer, J., Lianda, J (2012). Aplikasi dari energi surya ini ada

dua macam, yaitu sebagai solar thermal untuk aplikasi pemanasan dan solar photovoltaic untuk pembangkitan tenaga listrik.

PLTS itu sendiri membutuhkan media penyimpan energi yang memiliki kepadatan energi (*energy density*) yang tinggi dan juga kepadatan daya (*power density*) yang cukup tinggi, J. Crishtian., Marciano (2020). Sebagai contoh, kita tidak dapat menggunakan kapasitor karena kepadatan energinya yang sangat buruk. Untuk penyimpanan jangka pendek hingga menengah, teknologi penyimpanan yang paling umum tentunya adalah baterai. Baterai memiliki kerapatan energi dan kerapatan daya yang tepat untuk memenuhi permintaan penyimpanan harian pada sistem PV berukuran kecil dan menengah. Secara umum baterai merupakan komponen yang mampu mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Beberapa tipe baterai yang dipakai pada sistem PLTS yaitu, Lead-Acid Batteries, terdiri dari Flooded, (Liquid vented), dan sealed kemudian Alkaline batteries, yang didalamnya yaitu Nickel-cadmium, dan nicle iron, Rohana., Z (2016).

Adapun potensi tenaga surya secara nasional mencapai 4,8 kWh/m2/hari atau setara dengan 207.898 MW. Saat ini pemanfaatan energi surya di Indonesia baru mencapai sekitar 0,05% atau 100 MW. Untuk mencapai target RUEN, diperlukan peningkatan pemanfaatan energi surya sekitar 900 MW. Pemerintah menyusun roadmap pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 sebesar 6,5 GW, Kementerian ESDM (2017). Jumlah ini menunjukkan potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa mendatang. Perkembangan PLTS dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Perencanaan Perkembangan PLTS tahun 2015-2050.
Sumber: ESDM, 2020.

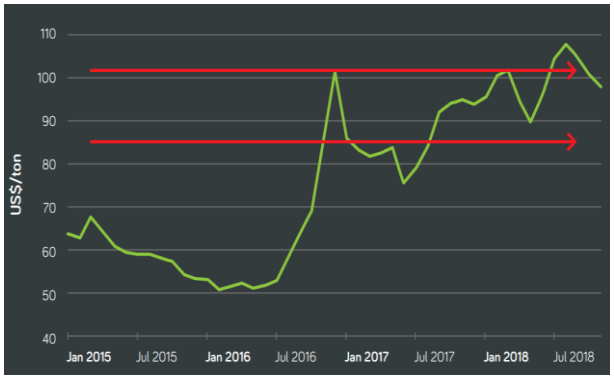
Untuk mencapai sasaran pengembangan PLTS di atas, kegiatan yang didorong untuk dilakukan dan ditingkatkan oleh K/L yang terkait, antara lain, IESR (2021):

1) Memberlakukan kewajiban pemanfaatan sel surya minimum sebesar 30% dari luas

atap untuk seluruh bangunan Pemerintah;

2) Memberlakukan kewajiban pemanfaatan sel surya minimum sebesar 25% dari luas atap (*roof top*) bangunan rumah mewah, kompleks perumahan, apartemen, kompleks melalui Izin Mendirikan Bangunan (IMB);

3) Memfasilitasi pendirian industri hulu hilir PLTS.



Gambar 3. Fluktuasi Harga Batu bara Acuan Indonesia Tahun 2015-2018.
Sumber. Katadata, 2018.

Dari gambar tersebut menunjukan bahwa harga batu bara mengalami fluktuasi harga. Kenaikan harga batubara meningkatkan pendapatan ekspor, yang pada gilirannya mempengaruhi pendapatan devisa dan pendapatan pemerintah dari industri batubara. Di sisi lain, kenaikan harga batu bara meningkatkan biaya pembangkit listrik berbahan bakar batu bara, yang pada gilirannya dapat membebani keuangan negara karena subsidi listrik meningkat, Rifan, M, dkk (2012).

Dari segi bisnis memang tidak menguntungkan. Dengan harga batu bara di atas USD 80/ton, kerugian PLN meningkat menjadi 14 triliun di tahun 2017. Kerugian ini akan semakin besar di tahun 2018 karena melemahnya nilai rupiah dan terus naiknya harga batu bara acuan. Hal tersebut mendorong Pemerintah melalui Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral menerbitkan Peraturan Harga Jual Batubara Dalam Negeri atau DMO (*Domestic Market Obligation*). Peraturan ini mewajibkan perusahaan batu bara menjual batu baranya untuk listrik rumah tangga, Kementerian ESDM (2021). produsen hingga 25% dari total pembangkit listrik dan menetapkan harga 70 USD/ton untuk pembangkit listrik PLN. Dimana hal ini menyebabkan seringnya terjadi kenaikan pada harga listrik, untuk itu dalam mendukung kelistrikan di Indonesia membutuhkan alternatif energi baru dan terbarukan salah satunya yaitu dengan pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya , PLN (2020).

Permasalahan yang umumnya seringkali dihadapi di lingkungan perumahan, gedung perkantoran, pendidikan dan rumah sakit adalah kurangnya ketersediaan sarana dan prasarana yang dibutuhkan sebagai antisipasi solusi alternatif bila terjadi kendala

dan bahkan kalaupun ada terkadang kurang berfungsi dengan baik serta terdapat resiko dalam penggunaannya, Wahyudi., H (2010). Hampir semua fasilitas sarana bangunan yang ada mengalami permasalahan tersebut, termasuk fasilitas gedung perkantoran pangkalan utama TNI AL III Jakarta (Lantamal III Jakarta). Salah satunya adalah besarnya beban konsumsi pemakaian listrik dan resiko bahaya keracunan, kebakaran serta besarnya kemungkinan terjadi ledakan dalam penggunaan genset bila terjadi pemadaman.

Oleh karena itulah Lantamal III Jakarta yang merupakan bagian dari salah satu aset yang dimiliki oleh TNI AL harus bisa mendukung pelaksanaan tugas operasionalnya sehingga selain dikaitkan dengan isu masalah keamanan wilayah maritim ada hal lain yang perlu menjadi perhatian khusus terkait dengan fasiitas sarana dan pasarana yang terdapat di gedung perkantorannya yaitu dalam hal penyediaan sumber pasokan energi listrik PLTS di gedung perkantorannya. Pemanfaatan PLTS sangat dibutuhkan oleh Lantamal III Jakarta sebagai alternatif solusi dalam penyediaan sumber energi dalam mendukung keberlangsungan tugas operasionalnya sesuai tugas pokok dan fungsinya serta tanggungjawabnya dalam membina potensi kekuatan pertahanan nasional serta menjaga keamanan negara di bidang kemaritiman secara optimal sebagai bagian dari unsur pelaksanaan operasi Keamanan Laut.

Berdasarkan kondisi tersebut, peneliti mencoba melakukan penelitian lebih lanjut tentang potensi energi matahari sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk pemenuhan kebutuhan listrik di Lantamal III Jakarta. Penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat menjadi referensi awal mengenai pemanfaatan energi matahari untuk mendukung adanya pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Ada pun judul yang diambil oleh peneliti adalah Pemanfaatan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Lantamal III Jakarta Mendukung Pertahanan Negara.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah kualitatif dengan pendekatan deskriptif analitis yang berupaya menggambarkan pemanfaatan pembangkit listrik tenaga listrik surya di Pangkalan Utama TNI AL III Jakarta guna mendukung pertahanan negara, sedangkan teknik pengumpulan data dilakukan melalui inventarisasi data primer dan sekunder. Pengumpulan data

primer diperoleh dari data empiris lapangan melalui teknik sebagai berupa wawancara mendalam dan observasi non-partisipan terhadap pemangku kepentingan yang terkait langsung dengan informan yang terlibat dalam pengembangan energi. Data sekunder diperoleh melalui penelusuran berbagai dokumen pemerintah, literatur, laporan media massa cetak dan elektronik, jurnal dan buku terkait kebijakan energi terbarukan sebagai aplikasi pengambilan data di lapangan.

Menurut Creswell (2016), Prosedur penelitian yang dilakukan juga akan mendapatkan data berbentuk deskriptif analitik berupa kalimat yang secara langsung diamati oleh peneliti melalui wawancara ataupun observasi kepada narasumber. Dari semua wawancara, observasi lapangan dan dokumentasi akan diarahkan oleh peneliti sesuai dengan latar belakang penelitian yang disusun secara holistik dan menyeluruh.

Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Lantamal III Jakarta

Lantamal III adalah Komando Pelaksana Dukungan (Kolakduk) yang berkedudukan langsung di bawah Pangkoarmada I berdasarkan Keputusan Kasal Nomor Kep/11/VII/2006 tanggal 18 Juli 2006 tentang Pembentukan Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut (Lantamal) III. Selaku pelaksana operasi lantamal III memiliki tugas melaksanakan operasi keamanan laut di wilayahnya dan meningkatkan daya guna dan hasil guna unsur-unsur secara optimal dalam pelaksanaan operasi keamanan laut. Untuk peran pemberdayaan wilayah pertahanan laut dilaksanakan melalui pembinaan potensi maritim seperti potensi geografi, demografi, sosial masyarakat pesisir, sarana prasarana maritim, rencana rinci wilayah pertahanan dan logistik wilayah, Mabes TNI AL (2019).

Lantamal III Jakarta terletak di Jl. Gn. Sahari No.1, RW.13, Pademangan Barat, Kecamatan Pademangan, Kota Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Sejarah berdirinya Lantamal III Jakarta berdasarkan SK Menteri Pertahanan No. 641/MP/6/50 Tanggal 27 Oktober 1950 dengan dibentuknya Komandemen Daerah Maritim Djakarta (KDMD) dengan komandan pertama yakni Mayor Laut Adm Saleh Bratawijaya. Kemudian beberapa kali mengalami perubahan nama yakni tahun 1960 diubah menjadi Komando Daerah Maritim (Kodamar) III, tahun 1970 diganti menjadi Komando Daerah Angkatan laut (Kodaeral) III, tahun 1984 diubah lagi menjadi Pangkalan

Utama TNI Angkatan Laut (Lantamal) II Jakarta dan pada 13 Juli tahun 2006 terbit keputusan Kasal No. Kep/10/VII/2006 tentang perubahan penomoran Lantamal yang akhirnya mengubah Lantamal II Jakarta menjadi Lantamal III Jakarta hingga sekarang.

Secara geografis Lantamal III Jakarta terletak pada koordinat 06°07'57" Lintang Selatan dan 106°49'54" Bujur Timur dengan batas wilayah:

1. Sebelah utara : Ancol
2. Sebelah selatan : Kecamatan Kemayoran
3. Sebelah barat : Kecamatan Sawah Besar
4. Sebelah timur : Kecamatan Tanjung Priok

Lantamal III Jakarta memiliki luas tanah sebesar 51.752 m² dan luas bangunan sebesar 5.286 m². Gambar 4.1 menunjukkan peta lokasi Lantamal III Jakarta.

Gambar 4. Peta Lokasi Lantamal III Jakarta
Sumber: Google Maps, 2022

Kondisi Kelistrikan Lantamal III Jakarta

Kelistrikan Lantamal III Jakarta berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai sumber daya listrik utama dan Generator diesel sebagai sumber daya listrik cadangan (*back up*). Sumber daya listrik utama Lantamal III Jakarta tetap menggunakan daya listrik komersial yang disediakan oleh PLN. Sedangkan generator diesel secara otomatis akan bekerja setelah sumber daya PLN tidak berfungsi. Lantamal III Jakarta berlangganan jaringan distribusi PLN dengan daya sebesar 414 KVA. Untuk suplay listrik yang didapatkan di Lantamal III sudah cukup optimal dan minim terjadi pemadaman listrik karena memiliki cadangan yaitu menggunakan Genset. Selain itu dalam sistem alur distribusi listrik semuanya sudah ditanggung oleh negara dimana Lantamal III Jakarta

melakukan pengajuan biaya dan kebutuhan listriknya selama sebulan yang diserahkan ke Mabes AL lalu dilakukan koordinasi oleh Mabes AL untuk diberikan anggran oleh negara dalam mencukupi kebutuhan operasional gedung terutama untuk pembiayaan listrik kepada PLN.

Tabel 1. Tagihan Listrik Mako Lantamal III JakartaTahun 2020-2021

No	Bulan	2020		2021	
		KWH	Tagihan (Rp)	KWH	Tagihan (Rp)
1	Januari	103.590	117.771.438	83.61	95.412.409
2	Februari	100.986	114.784.848	80.83	92.128.329
3	Maret	88.656	100.599.714	78.68	89.804.853
4	April	99.786	113.459.303	93.58	106.490.751
5	Mei	96.066	109.019.178	89.85	102.109.487
6	Juni	96.522	110.219.861	104.98	119.129.652
7	Juli	104.448	118.257.065	86.62	99.584.659
8	Agustus	104.562	118.599.185	88.09	100.453.359
9	September	92.766	105.219.336	96.06	109.784.296
10	Oktober	96.600	109.535.479	107.15	122.332.069
11	November	100.032	114.035.326	93.48	106.481.477
12	Desember	99.744	113.209.455	92.42	105.278.605
Total		1.183.758	1.344.710.188	1.095.39	1.248.989.946

Sumber: Lantamal III, 2021.

Pemakaian Listrik dari Generator Diesel

Generator diesel di Lantamal III Jakarta dioperasikan hanya pada saat terjadi gangguan jaringan listrik PLN. Standar operasional generator diesel tersebut mampu beroperasi selama 3x24 jam. Kegiatan perawatan generator diesel dilakukan setiap minggu dua (2) kali dengan durasi waktu pengoperasian selama 30 menit. Kegiatan ini dilakukan untuk menjaga generator diesel siap sedia apabila akan digunakan sewaktu-waktu. Pada Tabel 4.2 disajikan data spesifikasi generator diesel yang ada di Lantamal III Jakarta.

Tabel 2. Spesifikasi Generator Diesel di Lantamal III Jakarta

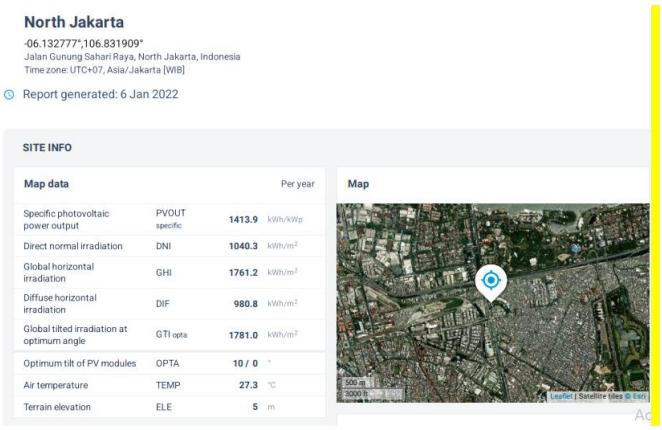
Spesifikasi Teknik	Keterangan
Jumlah	2
Model	GNRC275 6LTAA8. 9-G2
Prime Power	200 kW/ 250 kVA
Standby Power	220 kW/ 275 kVA
Frequency	50 Hz
Fuel Consumption, Prime (100% load)	53,4 lt/hr
Fuel Consumption, Standby (100% load)	58,4 lt/hr
Load Factor	0,80

Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2022

Potensi PLTS di Gedung Mako Lantamal III Jakarta

Indonesia adalah negara yang memiliki potensi pembangkit listrik tenaga surya yang luas. Selain itu Indonesia juga banyak memberikan suplay pasokan yang banyak, sehingga bisa dimanfaatkan dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga surya. Saat ini peneliti memiliki tujuan untuk melakukan analisis dengan mengetahui potensi pembangkit listrik tenaga surya yang nantinya bisa dapat di implementasikan untuk kebutuhan efisiensi energi pemakaian listrik dimana

nanti dapat dilakukan penerapan untuk pengembangan PLTS di Lantamal III Jakarta. Berdasarkan dari data Global Solar Atlas tahun 2021, Lantamal III Jakarta memiliki potensi tenaga surya yang cukup baikk. Untuk itu dari pasokan tenaga surya yang didapatkan bisa memberikan peluang yang cukup baik untuk implementasi PLTS di lantamal III. Lalu berdasarkan data yang didapatkan Lantamal III Jakarta memiliki *Global Horizontal Irradiation* sebesar 1761.2 kWh/m².



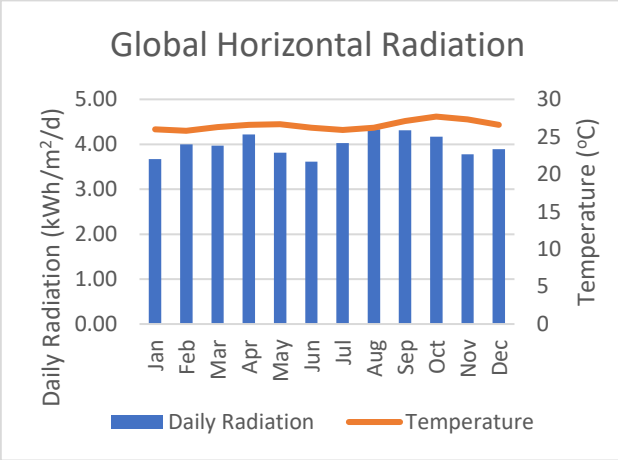
Gambar 5. Potensi Tenaga Surya di Lantamal III Jakarta
Sumber: Global Solar Atlas, 2021

Berdasarkan gambar di atas, Lantamal III memiliki potensi energi surya yang cukup baik. Namun implementasi energi surya di Lantamal III Jakarta saat ini masih belum dimanfaatkan untuk pengembangan PLTS. Dengan adanya pemanfaatan tenaga surya di wilayah lantamal III maka dapat memberikan hemat dan efisiensi energi, selain itu dapat lebih memanfaatkan potensi sumber daya alam untuk mendukung kebutuhan listrik disana. Selain itu dengan adanya pengembangan PLTS, bisa mendukung Lantamal III dalam menerapkan *Smart Energy Building*, sehingga dapat mendukung adanya energi yang lebih hemat dan modern untuk melengkapi sarana dan prasaran di Lantamal III yang dapat mendukung ketahanan energi di wilayah tersebut.

Berdasarkan data *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), Retscreen (2021), di wilayah Jakarta (Lantamal III Jakarta) diketahui memiliki nilai radiasi matahari harian - horizontal dengan nilai tertinggi sebesar 4,33 kWh/m²/hari, yaitu terjadi pada bulan Agustus. Nilai radiasi matahari harian - horizontal terendah yaitu sebesar 3,61 kWh/m²/hari yang terjadi pada bulan Juni. Bila dilihat secara tahunan, maka nilai rata – rata radiasi matahari harian – horizontal sebesar 3,98 kWh/m²/hari.

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 tersebut, Bakhtiar & Tadjuddin (2017).



Gambar 6. Radiasi Matahari Harian di Lantamal III Jakarta
Sumber: Retscreen, 2021.

Berdasarkan hasil wawaancara dengan Bapak Radit dari PT Solar Kita Teknologi, menyatakan bahwa suhu udara juga akan mempengaruhi kinerja panel surya, sehingga perlu diketahui kisaran suhu udara di Lantamal III Jakarta. Berdasarkan Gambar 6, suhu udara tertinggi mencapai 27,7 °C, yaitu terjadi di bulan Oktober, dan tingkat suhu udara terendah terjadi di bulan Februari mencapai 25,8 °C serta suhu udara rata – rata tahunan mencapai 26,5 °C. Idealnya panel surya akan bekerja dengan optimum pada temperatur standar, yaitu 25°C. Peningkatan suhu akan mempengaruhi menurunkan efisiensi kinerja panel surya. Rata-rata suhu di Indonesia pada rentang 25°C – 35°C, menyebabkan degradasi efisiensi produksi energi sebesar 10%, Janaloka (2015)

Berdasarkan data yang diperoleh dari *database* NASA yang ditunjukkan pada Gambar 6 tersebut, maka perhitungan daya yang dihasilkan dari modul surya di Lantamal III Jakarta menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$E_{el} = \frac{P_{PV} \times H_{avg} \times \eta_b \times \eta_{inv} \times T_{cf}}{I_0}$$

Dengan mengambil nilai rata-rata radiasi matahari harian di Lantamal III Jakarta (H_{avg}) bulan Januari sebesar 3,67 kWh/m²/hari; radiasi standar (I_0) = 1 kW/m²; efisiensi baterai (η_b) = 0,95; efisiensi Inverter (η_{inv}) = 0,95 dan nilai (T_{cf}) = 1,1, maka untuk kapasitas PV 1 kWp menghasilkan energi listrik sebesar:

$$E_{el} = \frac{(1\ kWp) \times (3{,}67\ kWh/m^2/hari) \times 0{,}95 \times 0{,}95 \times 1{,}1}{(1\ kW/m^2)}$$

$E_{el} = 3{,}64\ kWh$ (energi *output* PV untuk 1 jam)

Jumlah energi untuk 4 jam efektif PV per hari adalah:

$$E_{el} = 3{,}64\ kWh\ \times 4 = 14{,}57\ kWh/hari$$

Sehingga, jumlah energi *output* modul surya 1 kWp bulan Januari adalah:

$$E_{el} = (14{,}57\ kWh/hari) \times 22\ hari = 320{,}62\ kWh/bulan$$

Catatan: Jumlah hari efektif PV bulan Januari = jumlah hari - jumlah hari mendung. Jumlah hari efektif PV bulan

Januari = 31 – 9 hari mendung = 22 hari. Produksi energi per tahun yang dihasilkan oleh PV dengan kapasitas 1 kWp adalah sebesar 4.634,08 kWh.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak Latamal III Jakarta, pemanfaatan PLTS di Lantamal III Jakarta dapat diterapkan di gedung Mako Lantamal III dengan dipasang di atap gedung (*rooftop*). Data dari *database* NASA dan BMKG akan digunakan untuk menghitung total kapasitas PLTS yang mampu terpasang di atap gedung Mako Lantamal III. Pada penelitian ini kapasitas panel surya yang digunakan adalah 330 Wp/panel dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Teknis Panel Surya Canadian Solar

Max Power CS6U-330P

Spesifikasi	Keterangan
Max. Power (Pmax)	330 W
Max. Power Voltage (Vmp)	37,2 V
Max. Power Current (Imp)	8,88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45,6 V
Short Circuit Current (Isc)	9,45 A
Module Efficiency	16,97%
Nominal Operating Cell Temp (NOCT)	-40°C ~ +85°C
Max. System Voltage	1000 V
Max. Series Fuse	15 A
Weight	22,4 kg
Dimension	1960 x 992 x 40 mm
Cell Type	*Poly-crystalline,* 6 in
Ambient Temperature	20°C

Sumber: Solaris-shop.com, 2021

Perhitungan pemanfaatan PLTS pada Lantamal III Jakarta

Pada gedung Mako Lantamal III Jakarta, lokasi yang memiliki potensi untuk dipasang PLTS *rooftop.* Berdasarkan hasil pengukuran luas atap gedung Mako Lanal III Jakarta diperoleh data yaitu luas atap sebesar 2 x 441.92 m² (dua sisi) atau sebesar 883.88 m². Dari data tersebut kemudian dihitung jumlah panel surya yang dapat dipasang, yaitu sebagai berikut:

$$Jumlah\ panel\ surya = \frac{Luas\ Atap}{Luas\ Panel\ Surya}$$

$$Jumlah\ panel\ surya = \frac{883{,}88\ m^2}{1{,}94\ m^2}$$

$$Jumlah\ panel\ surya = 454{,}596 \approx 455\ panel$$

Dari hasil perhitungan, jumlah panel surya yang dapat dipasang di atap gedung Mako Lantamal III Jakarta yaitu sebesar 455 panel. Pemasangan PLTS di atap gedung pemerintahan minimal 25% dari luas atap bangunan, dan untuk di Gedung Mako Lantamal III Jakarta sudah mencapai 51,4%.

Tabel 4. Potensi PLTS di Gedung Mako Lantamal III Jakarta (Kapasitas PV 150,15 kWp)

No	Bulan	Radiasi Matahari Harian-Horizontal (kWh/m²/d)	Energi Listrik (4 jam efektif PV)	
			kWh/hari	kWh/bulan
1	Januari	3,67	2.188,22	48.140,9

2	Februari	4,00	2.384,98	42.929,7
3	Maret	3,97	2.367,10	52.076,10
4	April	4,22	2.516,16	57.871,60
5	Mei	3,81	2.271,70	56.792,5
6	Juni	3,61	2.152,45	58.116,06
7	Juli	4,03	2.402,87	69.683,3
8	Agustus	4,33	2.581,74	77.452,4
9	September	4,31	2.569,82	69.385,2
10	Oktober	4,17	2.486,34	67.131,3
11	November	3,78	2.253,81	51.837,6
12	Desember	3,89	2.319,40	51.026,7
Jumlah kWh/tahun				**70.2442,96**
Rata-rata kWh		**3,98**	**2.374,55**	**58.536,91**
Persentase hari mendung/tahun				**19,2**
Persentase har efektif PV/tahun				**80,8**

Sumber: Hasil olah data, 2022

Kapasitas panel surya yang dapat terpsang di atap gedung Mako Lantamal III Jakarta adalah sebagai berikut:

$$Kapasitas\ panel\ surya = Jumlah\ Panel \times P_{PV}$$

$$Kapasitas\ panel\ surya = 455 \times 330$$

$$Kapasitas\ panel\ surya = 150.150\ W \approx 150{,}15\ kWp$$

Kapasitas total PLTS *rooftop* yang dapat terpasang di atap Gedung Mako Lantamal III Jakarta adalah 150,15 kWp dengan jumlah modul surya sebanyak 455 buah. Energi yang dihasilkan dari modul surya di Gedung Mako Lantamal III Jakarta dapat dihitung menggunkana persamaan (4.1), sebagai berikut:

$$E_{el} = \frac{P_{PV} \times H_{avg} \times \eta_b \times \eta_{inv} \times T_{cf}}{I_0}$$

Dengan mengambil nilai rata-rata radiasi matahari harian di Lantamal III Jakarta (H_{avg}) bulan Januari sebesar 3,67 kWh/m²/hari; radiasi standar (I_0) = 1 kW/m²; efisiensi baterai (η_b) = 0,95; efisiensi Inverter (η_{inv}) = 0,95 dan nilai (T_{cf}) = 1,1, maka untuk kapasitas PV 150,15 kWp menghasilkan energi listrik sebesar:

$$E_{el} = \frac{(150{,}15\ kWp) \times (3{,}67\ kWh/m^2/hari) \times 0{,}95 \times 0{,}95 \times 1{,}1}{(1\ kW/m^2)}$$

$E_{el} = 547{,}0554\ kWh$ (energi *output* PV untuk 1 jam)

Jumlah energi untuk 4 jam efektif PV per hari adalah:

$$E_{el} = 547{,}0554\ kWh \times 4 = 2.188{,}22\ kWh/hari$$

Sehingga, jumlah energi *output* modul surya 150,15 kWp bulan Januari adalah:

$$E_{el} = (2.188{,}22\ kWh/hari) \times 22\ hari = 48.140{,}87\ kWh/bulan$$

Hasil perhitungan energi *output* untuk bulan Februari dan seterusnya. Produksi energi per tahun yang dihasilkan oleh PV dengan kapasitas 150.15 kWp adalah sebesar 58.536,91 kWh.

Berdasarkan tabel diatas di dapatkan perhitungan yaitu:

- Kapasitas PLTS: 150 kWp
- Peak hour : 3,9 jam/hari

- Total hari dalam 1 bulan: 30,4 (365 hari/12 bulan)
- Harga listrik PLN/kWh: Rp 1.467 (Harga untuk Komersial).

  150 kWp = 15 x 10 kWp.

  Harga panel surya 10 kWp = Rp 175.800.000.
- Hasil penghitungan efisiensinya:

  150 x 3,9 x 30,4 x 1.467 = Rp 26.089.128/bulan
- BEP investasi pembelian PLTS sebesar 150 kWp adalah: Rp 2.637.000.000/Rp 26.089.128 = 101,076 bulan.

  101,076/12 = 8,42 tahun
- Garansi alat dari PLTS adalah 12 tahun sehingga sisa optimal alat setelah BEP= 12 tahun - 8,4 tahun = 3,6 bulan.

  3,6 bulan = 42 bulan
- Jadi, penghematan anggaran negara setelah BEP investasi pembelian PLTS adalah : Rp 26.089.128 x 42 bulan = Rp 1.095.743.376,-
- Sehingga jika diterapkan adanya penggunaan PLTS di Lantamal III Jakarta maka akan memiliki biaya Harga untuk PLTS dengan 150 kWp maka mendapatkan biaya sekitar Rp 2.637.000.000,-

  15 x 10 kWp= 150 kWp

  Untuk harga panel surya 10 kWp = Rp 175.800.000,-

  (15 x Rp 175.800.000 = Rp 2.637.000.000,-)

Ketersediaan energi listrik di Lantamal III Jakarta memiliki ketersediaan yang terpenuhi. Lantamal III Jakarta sampai saat ini tidak pernah mengalami kekurangan pasokan energi listrik. Menurut asil wawancara yang dilakukan dengan pihak Lantamal III mengatakan bahwa, "Pemenuhan Ketersediaan energi listrik di Lantamal III Jakarta sangat kuat, berasal dari PLN dan mendapat dukungan dari Mabesal dan Pemerintah." Selain itu dalam Pemenuhan energi listrik di Lantamal III Jakarta sepenuhnya tidak memiliki kendala yang besar, mengingat sudah banyaknya fasilitas yang disediakan dalam mendukung adanya kebutuhan listrik di wilayah tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan di dapatkan data yaitu produksi enerdi dari PLTS atap mencapai 150,15 kWp. Sehingga jika diterapkan adanya penggunaan PLTS di Lantamal III Jakarta maka akan memiliki biaya Harga untuk PLTS dengan 150 kWp maka mendapatkan biaya sekitar Rp 2.637.000.000. Jika digunakan adanya PLTS maka akan memberikan keuntungan yaitu dengan Efisiensi listrik yg dihasilkan

dari PLTS per bulan sekitar Rp 26.089.128. hal ini memberikan keuntungan yang tepat untuk Lantamal III jika diterapkan adanya penggunaan PLTS dalam memenuhi kebutuhan energi listrik sehingga memberikan efisien dan memberikan hemat dari segi biaya, dapat berguna hingga jangka panjang, berkelanjutan dan ramah lingkungan, H.M. Yudha (2021). Jadi jika diterapkan PLTS, investasi terkait PLTS 150 kWp akan menemui titip impas setelah pemakaian sekitar 101 bulan atau sekitar 8,4 tahun. Dan mendapatkan Garansi produk dr solar kita sekitar Rp 12 tahun, sehingga memberikan kemudahan untuk lantamal III dalam menerapkan adanya penggunaan PLTS dan memberikan bantuan terkait kendala dan pemasangan pada PLTS disana. Jadi sampai digunakan hingga penyusutan PLTS itu nol (rusak) selama 12 tahun maka dapat menghemat pengeluaran sebesar Rp 1,04 miliar.

Dengan adanya penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Lantamal III Jakarta merupakan suatu hal yang penting dilakukan karena potensi energi surya sendiri merupakan salah satu dari energi baru dan terbarukan yang saat ini sedang dikembangkan oleh pemerintah dalam mendukung adanya ketanaga listrikan di Indonesia serta mendukung adanya efisiensi penggunaan kelistrikan yang lebih hemat dan ramah lingkungan. Adanya implementasi Pembangkit Tenaga Surya pada Lantamal III Jakarta akan meningkatkan ketahanan energi dalam negeri, dimana dapat dikaitkan dengan konsep ketahanan energi yaitu 4A+1S yang terdiri dari *availability* (ketersediaan), *accessibility* (kemudahan), *affordibility* (jangkauan), dan *acceptability* (penerimaan), serta *sustainability* (keberlanjutan) (Kementerian ESDM, 2019). Maka perlu dilakukan implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Lantamal III Jakarta, sehingga akan memberikan dampak positif dari sisi ketahanan energi dan dapat membantu Lantamal III Jakarta untuk menggunakan sistem yang lebih modern, hemat dan efisien guna mendukung adanya pertahanan negara.

Kesimpulan, Saran, dan Pembatasan

Pada penelitian ini telah diuraikan terkait analisis mengenai pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Lantamal III Jakarta, maka didapatkan kesimpulan yang dijelaskan sebagai berikut :

a. Lantamal III memiliki potensi energi surya yang cukup baik. Namun implementasi energi surya di

Lantamal III Jakarta saat ini masih belum dimanfaatkan untuk pengembangan PLTS. Dengan adanya pemanfaatan tenaga surya di wilayah lantamal III maka dapat memberikan hemat dan efisiensi energi, selain itu dapat lebih memanfaatkan potensi sumber daya alam untuk mendukung kebutuhan listrik disana. Selain itu dengan adanya pengembangan PLTS, bisa mendukung Lantamal III dalam menerapkan *Smart Energy Building*, sehingga dapat mendukung adanya energi yang lebih hemat dan modern untuk melengkapi sarana dan prasaran di Lantamal III yang dapat mendukung ketahanan energi di wilayah tersebut.

b. Pemanfaatan potensi energi surya di Kompleks kantor pangkalan utama TNI AL III Jakarta guna mendukung ketahanan energi: Perlu adanya pengoptimalan dan dukungan yang lebih dalam mendukung adanya penerapan untuk penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Melihat dari data didapatkan bahwa Lantamal III Jakarta memiliki potensi yang baik jika dilakukan pengembangan pada Panel surya karena akan memberikan pasokan listrik dan kemandirian energi yang nantinya akan mendukung lantamal III dalam mendukung kebutuhan listrik disana.

Saran Kepada Lantamal III Jakarta dan Mabesal, yaitu perlu adanya peranan aktif dan antusias yang kuat dalam melakukan penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di militer khususnya untuk Lantamal III Jakarta, sehingga memberikan efisiensi biaya, hemat energi dan ramah lingkungan. Kepada Pemerintah, yaitu perlu adanya dukungan kebijakan dalam penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di gedung-gedung, sehingga nantinya dapat mendukung penerapan *Smart Energy Building* pada gedung militer yang dapat membantu kemampuan operasi militer.

Daftar Pustaka

Bakhtiar & Tadjuddin. (2017). *Optumalisasi Hibrid PLTS-PLN Pada Waktu Beban Puncak.* Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M), 55-60.

Bappenas. (2011). *Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta

Creswell, John. W. (2016). *Research Design: Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif dan Campuran.* Edisi Keempat. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Custer, J., Lianda, J., (2012). *Analisa Pemanfaatan Energi Surya Sebagai*

Sumber Energi pada Perumahan Kategori R1 900 VA di Pulau Bengkalis. Kepulauan Riau.

Dewan Energi Nasional. (2019). *Indonesia Energy Outlook 2019.* Jakarta: KESDM Press

H.M. Yudha. (2021). *Life Cycle Analysis for the Feasibility of Photovoltaic System Application in Indonesia. IOP Conf. Series*: Earth and Environmental Science.

IESR. (2021). *Indonesia International Energy Agency. 2020*. Net Zero by 2050, a Roadmap for the global Energy sector. Jakarta

J. Crishtian., Marciano. (2020). *Peran Kendaraan Listrik dalam Dekarbonasi sector Transportasi Darat Indonesia.* Institute for Essential Services Reform (IESR). Jakarta.

Kementerian ESDM. (2017). *Panduan Pengoperasian dan Pemeliharaan PLTS Off-Grid.* Jakarta: KESDM Press

Kementerian ESDM. (2019). *Buku Ketahanan Energi.* Jakarta: KESDM Press

Kementerian ESDM. (2020). *Buku Energi Baru Terbarukan.* Jakarta: KESDM Press

Kementerian ESDM. (2021). *Strategi Cerdas Sektor Ketenaga Listrikan dan Utilitas untuk Mencapai Carbon Neutral 2050*. Jakarta: KESDM Press

Keputusan Kasal Nomor Kep/11/VII/2006 tanggal 18 Juli 2006 *tentang Pembentukan Pangkalan Utama TNI Angkatan Laut (Lantamal) III*.

Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 79 Tahun 2014 menggantikan Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 *tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN).*

PLN. (2020). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2021-2030*. Jakarta.

Rifan, M, dkk. (2012). *Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari.* Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. *Jurnal EECCIS, 6*(1).

Rohana., Z. (2016). *Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Meningkatkan Kapasitas Daya Listrik.* Graduate Thesis, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Wahyudi., H. (2010). *Optimasi PLTS dengan Mengembangkan Sistem Pengendali Panel Surya Otomatis.* Graduate Thesis, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.