

PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI KOTA SIBOLGA DALAM RANGKA Mendukung KETAHANAN ENERGI DAERAH

DEVELOPMENT OF SOLAR POWER PLANT (PLTS) IN THE CITY OF SIBOLGA IN THE ORDER OF SUPPORTING REGIONAL ENERGY SECURITY

Ahmad Munawir Siregar¹, M. Ikhwan Syahtaria², Rudy Laksmono³

Program Studi Ketahanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Unhan RI
(Amrmunawir@gmail.com¹, Syahtaria90@gmail.com², Laks102@yahoo.com³)

Abstrak – Indonesia merupakan wilayah yang memiliki potensi energi listrik yang sangat berlimpah salah satunya adalah energi surya. Penggunaan energi listrik di suatu wilayah memiliki kebutuhan yang berbeda-beda, tergantung dari luas wilayah dan kepadatan penduduk. Salah satu wilayah di Provinsi Sumatera Utara yang memiliki kebutuhan akan listrik yang terus berkembang adalah Kota Sibolga. Wilayah ini memiliki instansi strategis seperti (pemerintahan, rumah sakit, pertahanan dan keamanan) begitu juga dengan kepadatan penduduk yang cenderung memiliki *demand* energi yang cukup besar sehingga pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu cara dalam pemenuhan energi listrik yang efisien dan dapat mendorong peningkatan bauran energi nasional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kondisi wilayah kota Sibolga dalam memenuhi kebutuhan energi listrik, menganalisis penggunaan dan kebutuhan energi listrik, dan menganalisis pengembangan potensi energi surya di kota Sibolga. Metode penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif analisis yang bersumber dari wawancara, observasi, dokumentasi dan pengumpulan data sekunder. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan PLTS di kota Sibolga merupakan hal yang sangat strategis ketika dilihat dari potensi yang ada dengan rata-rata radiasi sinar matahari perbulan dalam hitungan pertahun mencapai 150,00 kWh/m². Bukan hanya itu saja, beberapa instansi pemerintahan yang strategis membutuhkan energi listrik yang berkelanjutan (*sustainable*) sehingga letak pembangunan PLTS yang strategis yang dapat dilakukan berada di kecamatan Sibolga utara dan Sibolga Kota.

Kata Kunci: Energi, Surya, Listrik, Ketahanan Energi, Pertahanan Negara, Potensi, Sibolga.

Abstract – Indonesia is a region that has a very abundant potential for electricity, one of which is solar energy. The use of electrical energy in a region has different needs, depending on the area and population density. One of the regions in North Sumatra Province that has a growing need for electricity is Sibolga City. This region has strategic agencies such as (government, hospitals, defense and security) as well as population density that tends to have a large enough energy demand so that the utilization of Solar Power Plants (PLTS) is one way in the fulfillment of efficient electricity and can encourage the improvement of the national energy mix. The purpose of this study was to analyze the condition of the Sibolga city area in meeting the needs of electrical energy, analyze the use and demand for electrical energy, and analyze the development of solar energy potential in the city of Sibolga. This research method uses qualitative methods with a descriptive approach to analysis sourced from interviews, observas, documentation and secondary data collection. The results of this study show that the development of PLTS in the city of Sibolga is a very strategic thing when viewed from the potential that exists with the average sunlight radiation per month in a matter of 150.00 kWh/m². Not only that, some strategic government agencies need sustainable electricity so that the strategic plts development that can be done is in the district of north Sibolga and Sibolga City

Keywords: Energy Security, Electricity, Potention, Solar Energy, Sibolga, State Defense.

Pendahuluan

Indonesia merupakan wilayah yang memiliki potensi energi yang sangat berlimpah. Sesuai dengan yang di amanatkan pada pasal 33 Undang - Undang Dasar Republik Indonesia Tahun 1945 menyatakan bahwa “kekayaan alam yang dikuasai oleh negara akan dipergunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat”. Pengelolaan, pemanfaatan, dan pengusahaan energi dilaksanakan secara optimal, berkelanjutan dan berkeadilan dengan tujuan agar terwujudnya ketahanan energi nasional berlandaskan 4A yakni *Availability* (ketersediaan sumber energi), *Accesability* (kemudahan dalam mengakses energi), *Affordability* (keterjangkauan harga energi), dan *Acceptability* (penerimaan terhadap energi). Saat ini pemakaian energi nasional didominasi oleh penggunaan energi fosil yakni 96% dari total konsumsi nasional. Adapun rincian energi tersebut di antaranya minyak bumi 48%, batu bara 30% dan gas bumi 18% (Syahputra, 2020). Energi ini merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari bagi masyarakat sehingga dapat meningkatkan kualitas hidup di sebuah wilayah (Bull, 2001). Salah satu energi

yang memiliki peran penting adalah energi listrik. Penggunaan energi listrik sangat masif digunakan, mulai dari sektor pemerintahan, industri, transportasi, pendidikan, kesehatan dan sektor lainnya.

Penggunaan energi listrik di suatu wilayah memiliki kebutuhan yang berbeda-beda, tergantung dari luas wilayah dan kepadatan penduduk. Wilayah yang memiliki kepadatan penduduk cenderung memiliki *demand* energi yang cukup besar. Salah satu wilayah di Provinsi Sumatera Utara yang memiliki kebutuhan akan listrik yang terus berkembang adalah Kota Sibolga. Secara geografis, Sibolga terletak antara 1° 42'1° 46 Lintang Utara dan 98° 44'-98° 48' Bujur Timur di pantai sebelah barat Provinsi Sumatera Utara. Kota Sibolga memiliki Luas 2.778 Ha (Kota Sibolga, 2021).

Daerah ini memiliki potensi yang cukup besar untuk pertumbuhan ekonomi mengingat kawasan wisata bahari yang ada di kota Sibolga. (Lindawati, 2016). Sibolga memiliki potensi pertumbuhan ekonomi yang layak dikembangkan seperti pelabuhan, sumber daya perikanan laut, pariwisata, dan sejumlah bidang industri lainnya (BPS

Kota Sibolga, 2021). Menurut BPS Kota Sibolga (2021), Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Sibolga selama lima tahun terakhir mengalami peningkatan. Pada tahun 2020 PDRB Kota Sibolga mencapai Rp5.605, 47 milyar. Data tersebut didasari oleh struktur ekonomi berdasarkan lapangan usaha dominan yang ada di Sibolga seperti perdagangan, pertanian, perikanan, kehutanan, konstruksi, transportasi dan pergudangan serta administrasi pemerintahan maupun bidang pertahanan. Semua struktur ekonomi tersebut membutuhkan energi listrik yang terus menerus mengingat pertumbuhan penduduk di kota Sibolga mencapai 0,59% per tahun. Seiring dengan hal tersebut, total konsumsi energi listrik pada tahun 2020 mencapai 170.612.086 kWh. Persentase konsumsi listrik menurut jenis pelanggan di antaranya adalah pelanggan rumah tangga 53,4%, Industri 22,9%, Pemerintah 10,4%, Bisnis 9,6%, dan Sosial 3,7%. Kebutuhan energi listrik di Kota Sibolga sepenuhnya di pasok dari PLTU Batubara Labuhan Angin.

Kita tahu bahwa berbagai instansi strategis seperti (pemerintahan dan pertahanan) di Sibolga memerlukan adanya sebuah energi alternatif yang

dapat melakukan *backup* apabila terjadi gangguan. Penggunaan sumber energi cadangan berbahan bakar diesel cenderung lebih mahal akibat dari penggunaan dalam skala besar. Selain itu, energi berbahan bakar fosil juga memiliki dampak buruk terhadap lingkungan di antaranya polusi udara, efek rumah kaca, hujan asam dan menipisnya lapisan ozon. Adapun energi alternatif yang ditawarkan tersebut adalah energi baru dan terbarukan yang bersumber dari surya atau matahari. Dengan adanya energi alternatif yang lebih bersih tentu akan meningkatkan kualitas hidup masyarakat kota Sibolga di semua sektor. (Ohira et al., 2018).

Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu cara dalam pemenuhan energi listrik yang efisien yang dapat mendorong peningkatan bauran energi nasional yakni energi baru dan terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Ketahanan Energi Nasional, 2014). Energi surya ini merupakan sebuah energi panas yang dikonversi menjadi energi listrik. Hasil konversi tersebut akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi yang diperlukan (Hafid et al., 2017). Iklim di

Kota Sibolga cenderung panas dengan suhu maksimum 37,10°C. Energi surya sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang cukup besar mengingat daerah Kota Sibolga merupakan daerah pesisir pantai dengan penyinaran matahari yang cukup lama. Bukan hanya itu saja kota Sibolga memiliki beberapa kawasan pulau kecil seperti Poncan, Gadang, Poncan Ketek, Pulau Sarudik, dan Pulau Panjang. Tentu dalam pengamanan wilayah di pulau tersebut juga membutuhkan pemenuhan akan pasokan energi listrik.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Kota Sibolga dalam Rangka Mendukung Ketahanan energi Daerah”.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan dengan metode penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif analitik. Dalam hal ini, menurut (Siyoto & Sodik, 2015) menyebutkan teknik kualitatif adalah metode yang menekankan aspek pemahaman secara mendalam dari rumusan masalah penelitian, kemudian data sekunder yang diambil dari beberapa sumber yang memiliki validitas akan

dieksplorasi. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik wawancara dengan narasumber, observasi lapangan serta melakukan dokumentasi terkait kasus yang akan diteliti oleh peneliti.

Menurut Sugiyono (2018), metode penelitian yang dilakukan dengan cara kualitatif adalah salah satu metode ilmiah dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai sampai pada titik jenuh dalam memperoleh data. Metode ilmiah yang dilakukan peneliti adalah cara yang diimplementasikan langsung dalam keilmuan terkait tema penelitian yang disusun secara rasional, empiris dan sistematis. Metode penelitian ini didasari oleh tujuan yang diinginkan oleh peneliti dengan memahami kondisi dan permasalahan yang ada di lapangan, dari hal tersebut peneliti akan mencegah dan mengantisipasi masalah yang akan terjadi pada saat melakukan penelitian. 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.

Desain penelitian ini berbentuk induktif yang diawali dengan fakta-fakta mengenai penelitian sehingga mengharuskan berbagai permasalahan yang ada pada penelitian ini dapat diselesaikan (Sugiyono, 2018). Penelitian ini dilakukan dengan proses analisis data menggunakan paradigma konstruktivisme dengan memandang kebutuhan akan energi alternatif ini dapat dianalisis secara sistematis dengan mengembangkan energi alternatif yang bersumber dari pembangkit listrik tenaga surya. Konsep penelitian ini dilakukan dengan memperbanyak wawancara, observasi lapangan dan dokumentasi kepada narasumber untuk mendapatkan informasi data yang obyektif. Hasil yang di dapatkan dari narasumber, peneliti tidak akan mengambil kesimpulan atas data-data yang diperoleh atau melakukan generalisasi data. Akan tetapi, peneliti akan mencari hubungan yang terkait dengan teori dan konsep berdasarkan studi pustaka sehingga hasil pengolahan data akan dipaparkan dalam bentuk rekomendasi yang dapat meningkatkan ketahanan energi daerah.

Penelitian ini akan dilakukan di berbagai instansi terkait seperti Badan

Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Sibolga, PT. PLN Unit Pelaksanaan Pelayanan Pelanggan (UP3) Area Sibolga, dan Lembaga Pertahanan dan Keamanan wilayah KOREM 023 Kawal Samudra. Penelitian ini dilaksanakan pada tempat-tempat tersebut dikarenakan adanya keperluan untuk wawancara dan pengumpulan data yang sesuai dengan kepentingan penelitian. Lembaga dan Instansi tersebut berlokasi di Kota Sibolga yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang di teliti langsung.

Teknik Pengolahan Data

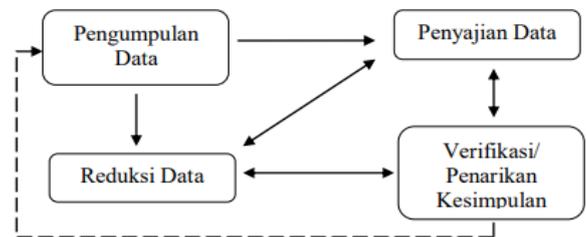
Pengolahan data setelah mendapatkan data dari informan atau narasumber, langkah selanjutnya adalah pengolahan data dengan memeriksa keabsahan data. Triangulasi merupakan salah satu metode pemeriksaan data yang paling umum dilakukan dalam penelitian kualitatif. Pemeriksaan validitas dan reliabilitas data dilakukan untuk memeriksa keabsahan data sehingga pada saat melakukan analisis data tidak terjadi kerancuan terhadap studi pustaka yang dilakukan. Dengan melakukan triangulasi data, derajat ketetapan antara data yang terjadi pada objek penelitian dengan data yang dilaporkan oleh peneliti memiliki pola yang sama atau dapat dibandingkan.

Untuk mengetahui validitas data terdapat tiga teknik triangulasi data yang digunakan yaitu Triangulasi antar sumber data, Triangulasi teknik, dan Triangulasi waktu.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data kualitatif memiliki metode dan prosedur yang sudah pasti dan jelas. Jika dibandingkan dengan analisis data kuantitatif maka perbedaannya adalah dari segi ketajaman hasil penelitian secara mendalam dan kongkret. Penelitian kualitatif ini membutuhkan analisis sejak awal dimulainya penelitian sehingga dapat menentukan proses penelitian selanjutnya. Miles et al., (2018), pada bukunya yang berjudul metodologi penelitian kualitatif menyatakan bahwa proses analisis data kualitatif dimulai dari menelaah seluruh data yang tersedia dari berbagai sumber yang telah didapatkan yaitu wawancara, observasi lapangan, dan dokumentasi. Langkah selanjutnya setelah ditelaah adalah mereduksi data sampai kepada tahapan kategorisasi data dengan tujuan untuk mendapatkan informasi yang memudahkan peneliti untuk melakukan penyajian data dan juga menarik kesimpulan dari hasil penelitian tersebut. Berikut Gambar 1. yang

memperlihatkan tahapan teknik analisis data pada penelitian kualitatif:



Gambar 1. Tahapan Teknik Analisis Data Kualitatif

(Sumber: Miles et al., 2018)

Tahapan teknik analisis data dimulai dari pengumpulan data yang bersumber dari hasil wawancara, observasi lapangan dan dokumentasi. Kemudian data tersebut direduksi sehingga layak untuk disajikan. Pada tahap penyajian data, semua informasi disusun secara terstruktur dan sistematis. Penyajian data ini meliputi berbagai model penyajian seperti matriks, grafik, ataupun bagan. Verifikasi hasil penelitian dilakukan pada tahap selama proses penyajian data berlangsung. Tahap akhir dari analisa data yang dilakukan adalah menarik kesimpulan secara jelas, jelas, terbuka dan terinci sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan tahapan-tahapan sebelumnya dan ter verifikasi dengan jelas kebenaran dan kecocokan dalam menganalisis hasil penelitian ini.

Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Obyek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa instansi pemerintah kota Sibolga yang terkait dengan pengembangan pembangkit listrik tenaga surya. Adapun instansi tersebut adalah Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota Sibolga, PLN UP3 Sibolga, KOREM 023 Kawal Samudra, dan beberapa tokoh masyarakat dikecamatan yang ditentukan. Kegiatan wawancara dilakukan kepada sejumlah narasumber yang sudah ditentukan, dimana terdapat 3 (tiga) kelompok, yaitu kelompok regulasi, kelompok operator, dan kelompok pengamat (pengguna). Penjelasan tentang hasil penelitian akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

Letak Geografis Kota Sibolga

Secara astronomis, Sibolga terletak antara $1^{\circ} 42' 10''$ Lintang Utara dan $98^{\circ} 44' - 98^{\circ} 48'$ Bujur Timur. Kota Sibolga merupakan wilayah yang dahulu menjadi pelabuhan dan perdagangan yang memiliki fungsi sebagai tempat bongkar muat barang. Pada awal kemerdekaan, kota Sibolga menjadi ibukota keresidenan tapanuli yang berada di bawah presiden. Melalui Surat Keputusan Gubernur Sumatera Utara No. 102 Tanggal 17 Mei 1946, Sibolga dijadikan sebagai daerah

otonom pada tingkat D dimana pada saat itu luas wilayahnya masih menjadi bagian dari kabupaten Tapanuli Tengah. Peraturan Pemerintah No. 19 yang dikeluarkan pada tahun 1979 tentang pola-pola dasar pembangunan daerah Sumatera Utara maka Sibolga dijadikan sebagai Wilayah I Pantai Barat Sumatera Utara yang kemudian pada tahun 2001 menjadi kota madya yang diatur oleh Peraturan Pemerintah Daerah No. 4 tahun 2001 terdiri atas 4 kecamatan diantaranya Kecamatan Sibolga Utara, Kecamatan Sibolga Kota, Kecamatan Sibolga Selatan dan Kecamatan Sibolga Sambas.

Berdasarkan posisi geografis kota Sibolga memiliki batas-batas wilayah sebelah utara, timur dan selatan berbatasan dengan kabupaten Tapanuli Tengah, sedangkan sebelah barat berbatasan langsung dengan teluk Tapani Nauli yaitu kabupaten Nias dan Samudra Hindia. Wilayah Sibolga berada pada ketinggian 0-150 m di atas permukaan laut dengan kemiringan wilayah kawasan kota antara 0-2% dan wilayah lainnya hampir mencapai 40%. Total luas wilayah Kota Sibolga adalah 10,77 km² yang terdiri atas daratan sebesar 88.900 Ha di pulau Sumatera dan 18.800 Ha berupa kepulauan.

Keadaan Iklim Kota Sibolga dengan iklim tropis bertekanan udara rata-rata 1008 mb, memiliki suhu maksimum mencapai 37,10 °C dengan rata-rata penyinaran matahari sepanjang tahun sebesar 58,51%. Kecepatan angin maksimum di kota Sibolga mencapai 12,35 m/detik dengan rata-rata per tahunnya sebesar 0,8 m/detik. Persentase luas daerah yang dibagi menurut kecamatan terdiri dari 30,9 Sibolga Utara, 29,1% Sibolga Selatan, 25,4% Sibolga Kota, dan 14,6% Sibolga Sambas. Penjabaran geografis wilayah Sibolga dapat dikategorikan memiliki potensi yang cukup besar dalam pemanfaatan energi bersumber dari matahari (surya) sebagai pendukung ketahanan energi daerah.

Secara Administratif, pemerintah Kota Sibolga memiliki 4 kecamatan dan 17 kelurahan. Jumlah penduduk kota Sibolga saat ini pada tahun 2020 adalah 89.584 jiwa dimana laki-laki sebanyak 44.915 jiwa, dan perempuan sebanyak 44.669 jiwa. Kepadatan penduduk di kota Sibolga saat ini mencapai 8.318 jiwa/km². Konsumsi energi listrik kota Sibolga sendiri 170.612.086 kWh dari total produksi 206.616.251 kWh. Konsumsi energi listrik didominasi oleh pelanggan rumah tangga sebesar 53,4%, industri sebesar 22,9%, pemerintah sebesar 10,4%, bisnis sebesar

9,6% dan sosial sebesar 3,7%. Permintaan terhadap ketersediaan energi listrik ini setiap tahunnya diprediksi akan naik mengingat kota Sibolga merupakan daerah strategis baik dari sisi pertumbuhan ekonomi, pariwisata, pertahanan dan keamanan wilayah. Hal ini di dasari oleh adanya KOREM 023/Kawal Samudra yang menjadi sektor pertahanan dan keamanan wilayah yang membutuhkan ketersediaan energi yang besar.

Sumber dan Konsumsi Energi Listrik Kota Sibolga

Energi Listrik merupakan sebuah kebutuhan yang sangat penting sehingga pemenuhan energi listrik menjadi salah satu faktor dalam menentukan pembangunan di Kota Sibolga. Sumber energi listrik Kota Sibolga berasal dari PLN UP3 Sibolga, dimana pasokannya berasal dari fosil dan ada beberapa unit kecil Pembangkit Listrik Tenaga Air yang beroperasi. Adapun Pasokan utama PLN UP3 Sibolga berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuhan angin dengan kapasitas terpasang saat ini sebesar 2 x70 MW dan juga Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Sipan Sipahoras yang memiliki dua pembangkit dengan kapasitas terpasang 33 MW dan 17 MW.

Semua Pembangkit ini terletak di Kabupaten Tapanuli Tengah yang berbatasan langsung dengan Kota Sibolga.

Kota Sibolga sepenuhnya belum memiliki pembangkit listrik tersendiri yang dapat memenuhi listrik semua sektor di Kota Sibolga. Hal ini merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan tujuan agar ketahanan energi daerah dapat terpenuhi secara mandiri.

Berdasarkan data sekunder yang didapatkan langsung dari Laporan Penjualan PLN UP3 Sibolga, konsumsi energi listrik Kota Sibolga terpenuhi dengan aman bergitu juga dengan sistem kelistrikan di Kota Sibolga yang hampir 100% sudah dialiri oleh listrik.

Jumlah pelanggan tertinggi dari tahun 2016 sampai pada tahun 2020 selalu didominasi oleh pelanggan rumah tangga. Hal ini dapat dilihat dari Laporan penjualan pada tahun 2020 dimana pelanggan Rumah Tangga sebesar (265.484), Industri (153), Bisnis (7.651), pemerintah (2.513), dan Umum (7.482). Total pelanggan dari seluruh sektor pengguna energi listrik di Kota Sibolga pada tahun 2020 mencapai 283.500 Pelanggan.

Potensi Energi Surya

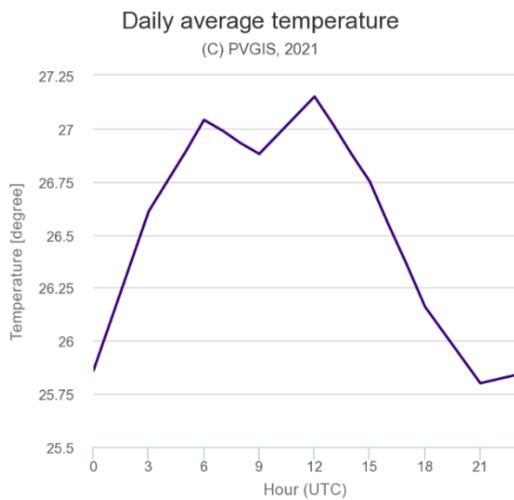
Kota Sibolga memiliki letak yang sangat strategis terhadap potensi energi surya untuk pemanfaatan PLTS. Berdasarkan data klimatologi, Kota Sibolga berada antara 1–50 meter diatas permukaan laut yang memiliki iklim cukup panas. Pada tahun 2020 tercatat bahwa suhu maksimum kota Sibolga mencapai 37,10 °C dan Suhu minimum 19,69 °C pada tahun 2018.

Sejalan dengan data diatas, dengan rata-rata kelembaban yang cukup tinggi diakibatkan oleh rata-rata curah hujan yang mengalami peningkatan. Sedangkan penyinaran Matahari dari tahun 2016-2020 memiliki rata-rata sebesar 50% keatas. Data lengkapnya akan disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Penyinaran Matahari, Kecepatan Angin dan Penguapan

Tahun	Penyinaran Matahari (%)	Rata-rata Kecepatan Angin	Penguapan (mm)
2016	50,33	7,16	5,64
2017	52,08	9	4,26
2018	44,08	8	4,85
2019	42,66	7,5	4,8
2020	58,51	12,35	n/a

Sumber: RPJMD Kota Sibolga 2021-2026 (diolah oleh peneliti, 2021)



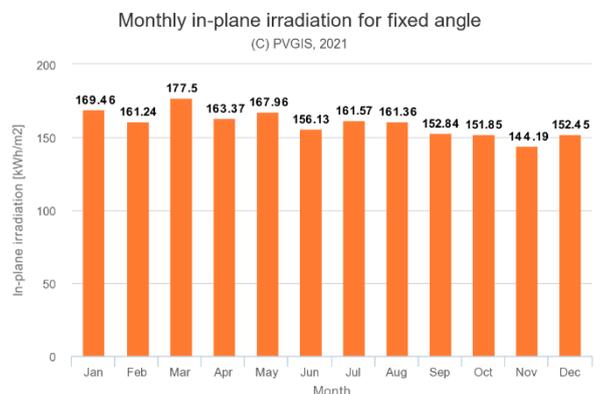
Gambar 2. Suhu Rata-Rata Wilayah Kota Sibolga

Sumber: (diolah oleh peneliti, 2021)

Pengembangan PLTS di kota Sibolga merupakan hal yang sangat strategis ketika dilihat dari potensi yang ada. Bukan hanya itu saja, beberapa instansi pemerintahan yang strategis membutuhkan energi listrik yang berkelanjutan (sustainable). Ada beberapa instansi yang harus terpenuhi energi listriknya sesuai dengan prosedur tetap (protap) agar tidak mengganggu pelaksanaan kinerja instansi pemerintah secara keseluruhan. Begitu juga dengan instansi berhubungan dengan pertahanan dan keamanan wilayah. Instansi pemerintahan yang sangat strategis ini terletak di wilayah Sibolga Utara dan Sibolga Kota. Hal ini diungkapkan langsung oleh Bapak Drs. Junedi Tanjung, M.Pd sebagai Kepala badan Perencanaan Pembangunan

Daerah Kota Sibolga pada saat wawancara dilakukan.

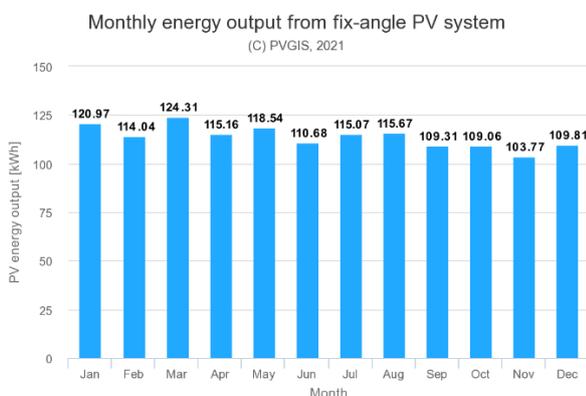
Secara umum, suhu rata-rata Kota Sibolga memiliki potensi yang besar dalam pengembangan PLTS, hal ini terlihat pada hasil pengolahan suhu rata-rata perhari menggunakan *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. Dapat dilihat bahwa suhu puncak tertinggi mencapai 27,15 °C pukul 12:00 WIB sampai dengan 15:00 WIB. Kenaikan suhu ini terjadi pada pukul 10:00 WIB pagi dan terjadi penurunan lagi pada sore hari pukul 15:00 WIB. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat rasionalitas dalam pengembangan Pembangkit Listrik di Kota Sibolga berbanding lurus dengan potensi yang ada. Terbukti Gambar 4.3 pengolahan data yang dilakukan untuk melihat radiasi matahari perbulan terhadap solar panel dalam pengembangan PLTS dengan *fixed angle*.



Gambar 3. Radiasi Sinar Matahari PerTahun

Sumber (diolah oleh peneliti, 2021)

Radaiasi sinar matahari terbesar yang dihasilkan modul surya permeter persegi dalam hitungan bulan mencapai 177,5 kWh/m² di bulan maret. Sedangkan radiasi sinar matahari terkecil yang dihasilkan modul surya permeter persegi mencapai 144,19 kWh/m² pada bulan November. Rata-rata radiasi sinar matahari yang didapatkan perbulan dalam hitungan pertahun mencapai 150,00 kWh/m². Total radiasi dalma setahun mencapai 1919,91 kWh/m². Kalkulasi ini dilakukan untuk mendapatkan intensitas radiasi matahari terhadap wilayah kota Sibolga. Dari hasil tersebut, maka produksi energi listrik yang dihasilkan melalui PLTS ini juga berbanding lurus dengan radiasi sinar matahari yang didapatkan. Berikut Pada Gambar 4.4 grafik rata-rata hasil energi PLTS perbulan dengan kurun waktu 1 tahun.



Gambar 4. Produksi Energi Surya PerTahun
(Sumber: diolah oleh peneliti, 2021)

Produksi energi listrik energi listrik mencapai 124,31 kWh/peak pada bulan Maret dan energi listrik terkecil yang diproduksi adalah 103,77 kWh/peak dibulan November. Jumlah produksi pertahunnya mencapai 1366,28 kWh/peak dengan system loss sebesar 14%. Rata-rata produksi energi listrik menggunakan PLTS di wilayah kota Sibolga mencapai 115,00 kWh/peak/bulan. Data radiasi dan produksi energi listrik menggunakan PLTS dapat dilihat pada Tabel 4.5 yang tersaji.

Tabel 2. Radiasi dan Produksi Energi Listrik PLTS

Bulan	H(i)_m (kWh/m ²)	E_m (kWh/peak)	SD_m (kWh)
January	169,5	121,0	5,8
February	161,2	114,0	5,9
Maret	177,5	124,3	4,9
April	163,4	115,2	4,4
Mei	168,0	118,5	6,3
Juni	156,1	110,7	6,3
Juli	161,6	115,1	6,0
Agustus	161,4	115,7	3,8
September	152,8	109,3	6,1
Oktober	151,8	109,1	5,2
November	144,2	103,8	4,2
Desember	152,4	109,8	5,8

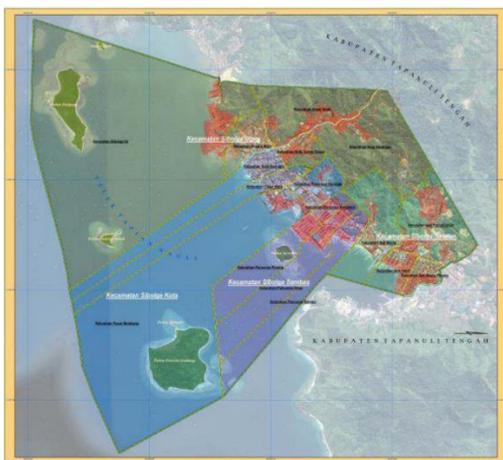
Sumber: PVGis (diolah oleh peneliti, 2021)

Dari data tersebut, H(i)_m merupakan rata-rata radiasi sinar matahari yang diterima modul surya permeter persegi, kemudian E_m adalah rata-rata produksi energi listrik dari satu keping modul surya perbulan. Sedangkan

SD_m adalah standar deviasi produksi energi listrik perbulan.

Letak Pengembangan PLTS

Pada indikator *planning* (perencanaan), dijelaskan bahwa letak pembangunan PLTS yang strategis dapat dilakukan di kecamatan Sibolga utara dan Sibolga Kota. Sibolga Utara merupakan daerah instansi pemerintah yang cukup strategis mengingat terdapat beberapa daerah terbuka seperti Stadion, Taman Kota (Lapangan). Sedangkan kecamatan Sibolga Kota sendiri merupakan wilayah yang dekat dengan pelabuhan dan juga KOREM 023 Kawal Samudra, hal ini tentu dapat dilakukan pembangunan berupa PLTS Apung. Penempatan ini ditinjau dengan menggunakan faktor pertumbuhan ekonomi masyarakat dan juga letak instansi pemerintahan yang strategis. Peta wilayah administrasi Kota Sibolga dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Letak Pengembangan PLTS
Sumber: (RPJMD Kota Sibolga, 2021)

Topografi wilayah kota Sibolga terbagi atas dia kategori yakni wilayah data dan wilayah terjal yang berbatasan langsung dengan pegunungan bukit barisan. Semua kecamatan berbatasan langsung dengan pantai dimana 6 kelurahan berada didaerah berbukit dan 11 kelurahan lainnya berada di daerah dataran (pantai). Kota Sibolga didominasi oleh lahan terjal dengan kemiringan >40% atau hampir 59,70% dari luas wilayah kota Sibolga. Berikut adalah hasil pengolahan ketinggian permukaan tanah kota Sibolga yang diperoleh dari data sekunder:

Tabel 3. Ketinggian Permukaan Tanah Kota Sibolga

Kecamatan	Tinggi DPL (m)
Sibolga Utara	0-200
Sibolga Kota	0-60
Sibolga Sambas	0-40
Sibolga Selatan	0-120
Kota Sibolga	0-200

Sumber: BPN Kota Sibolga (diolah oleh peneliti, 2021)

Sebaran penduduk berdasarkan permukaan tanah ini tentu dapat dikaji lebih lanjut dimana masyarakat kota Sibolga memiliki pekerjaan utama sebagai nelayan (sektor perikanan) yang mayoritas berada didaerah pesisir pantai

dan selanjutnya pada sektor perdagangan dan pariwisata. Letak pengembangan PLTS ini tentu akan berdampak dimana kecamatan Sibolga Kota adalah wilayah yang mayoritas berada di pesisir pantai dan terdapat pelabuhan sebagai faktor pertumbuhan ekonomi masyarakat kota Sibolga. Sedangkan untuk kecamatan Sibolga Utara terdapat pusat instansi pemerintah daerah dan kawasan ekonomi kreatif yang juga sangat strategis untuk dilakukan pengembangan PLTS.

Pembahasan

Pengembangan sistem kelistrikan di Provinsi Sumatera utara berdasarkan Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN tahun 2021-2030 didasari oleh pembangunan sarana pembangkit, transmisi dan distribusi yang memperhatikan potensi sumber energi listrik daerah. Dari hasil rekapitulasi rencana pembangunan pembangkit, jumlah kebutuhan tenaga listrik pada tahun 2030 mencapai 3.152 MW (PT PLN (Electricity State Company), 2021). Rincian rencana pembangunan pembangkit ini terdiri atas pembangkit PLN, IPP dan kerjasama wilayah usaha. Saat ini wilayah kota Sibolga belum termasuk dalam rencana pengembangan

pembangkit yang sudah dicanangkan dalam RUPTL, melainkan ada beberapa wilayah yang strategis dalam pengembangan PLTS Seperti Pulau Nias. Akan tetapi dalam proyek pengembangan Sumatera terdapat pengembangan surya sebesar 50,1 MW yang tersebar di seluruh wilayah Provinsi Sumatera Utara. Hal ini diharapkan kota Sibolga menjadi salah satu rencana wilayah yang patut dipertimbangkan melihat potensi energi yang sudah dikaji oleh peneliti. Pada draft final Rencana Umum Energi Daerah Sumatera Utara yang didapatkan oleh peneliti juga memiliki visi yang sangat mendukung penelitian ini, dimana visi energi daerah Sumatera Utara adalah tersedianya pasokan energi yang cukup dengan mengembangkan potensi energi setempat secara optimal, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan dalam rangka mewujudkan kemandirian dan ketahanan energi daerah untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Hal tersebut terdapat beberapa kata kunci yang menguatkan pengembangan potensi energi daerah. Adapun kata kunci tersebut adalah berwawasan lingkungan dan berkelanjutan yang berarti pengelolaan energi ini harus mengutamakan energi bersih yakni energi baru dan terbarukan.

Kemdua kata kunci kemandirian adalah adanya ketersediaan energi yang memadai dengan memanfaatkan potensi energi daerah. Kata kunci yang paling utama adalah ketahanan energi daerah, dimana diibaratkan dalam suatu kondisi energi listrik di berbagai daerah yang ada di Provinsi Sumatera Utara haru memiliki ketesediaan, akses yang terjangkau terhadap energi listrik sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat, begitu juga dengan penyediaan listrik pada sektor yang strategis yakni pemerintahan, sosial, dan kemanan wilayah.

Rencana Umum Energi Daerah Sumatera Utara sendiri memiliki sasaran yang strategis yakni terciptanya bauran energi baru terbarukan sebesar 23,9% di tahun 2025 dan 49,91% pada tahun 2050 (Pemprov Sumatera Utara, 2021). Untuk mewujudkan hal tersebut, langkah yang tepat adalah mendorong percepatan pengembangan infrastruktur energi yang berwawasan lingkungan, kemudian meningkatkan pemanfaatan sumber energi yang memiliki potensi seperti energi baru dan terbarukan. Pengembangan diversifikasi energi berbasis EBT juga harus ditingkatkan mulai dari yang paling bawah yakni desa mandiri energi sehingga dapat

memperluas akses dan ketersediaan energi listrik itu sendiri. Melakukan sinergitas antar pemangku kebijakan adalah hal yang utama dalam pengelolaan energi berbasis EBT dengan tujuan agar dapat memaksimalkan potensi daerah terhadap sumber energi. Ada beberapa instrumen kebijakan yang dapat mendukung implementasi kebijakan dan strategi energi daerah yaitu:

1. RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik)
2. Renstra (Rencana Strategis) Daerah;
3. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD)
4. RTRW (Rencana Tata Ruang dan Wilayah).
5. Peraturan Daerah tentang Ketenagalistrikan

Semua instrumen kebijakan ini memiliki keterkaitan yang dapat mewujudkan pengembangan energi baru dan terbarukan terutama pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di kota Sibolga dalam rangka mendukung ketahanan energi daerah. Matriks Rencaa Umum energi Daerah (RUED) Sumatera Utara terdapat rencana kegiatan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang bakalan tersebar di Sumatera Utara sebesar 51,7 MW.

Rencana kegiatan ini dimulai pada tahun 2025 dengan sumber pendanaan PLN, hal ini diharapkan menjadi salah satu sarana untuk pengembangan PLTS di kota Sibolga dengan mempertimbangkan instrumen kebijakan dan juga potensi energi surya di wilayah administrasi kota Sibolga. Program peningkatan peran EBT dalam bauran energi juga terdapat kegiatan yang dapat menunjang pemanfaatan energi surya. Kegiatan ini ditujukan kepada perangkat daerah, badan usaha dan masyarakat dengan memanfaatkan sel surya minimum 30% dari total luas atap dari seluruh bangunan sehingga dapat dijadikan sebagai PLTS *rooftop on-grid*. Sumber pendanaan ini diharapkan dapat diambil dari APBD/APBN dan juga modal badan usaha dan perorangan sehingga dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya penggunaan energi bersih yang ramah lingkungan. Program kegiatan yang paling mendukung lainnya menurut peneliti adalah peningkatan penggunaan EBT pada sektor produktif, ada beberapa kegiatan yang direncanakan sesuai dengan periode yang disusun dalam Rencana Umum Energi Daerah (RUED) Sumatera Utara. Kegiatan tersebut adalah pembangunan PLTS untuk penggunaan sektor produktif

dengan sumber pendanaan APBD/APBN maupun badan usaha dengan rencana kegiatan pada tahun 2021-2026 oleh kelembagaan pemerintah daerah. Hal ini juga sejalan dengan program pemberdaan masyarakat untuk menunjang keberlanjutan instalasi EBT, dimana kegiatan yang di rencanakan adalah:

1. Pelatihan pemeliharaan dan pengoperasian instalasi EBT (PLTS Komunal/Terpusat, PLTMH, Biogas) untuk operator
2. Pelatihan bisnis perdesaan dengan memanfaatkan komoditas lokal bagi masyarakat pengguna instalasi EBT (PLTS Komunal/Terpusat, PLTMH, Biogas)

Kedua jenis kegiatan ini merupakan tindak lanjut dari rencana pengembangan PLTS dan beberapa pembangkit berbasis EBT yang dilaksanakan pada tahun 2022-2050. Diharapkan kegiatan ini dapat di implementasikan dengan tujuan agar terwujudnya ketahanan energi daerah terutama di wilayah administrasi kota Sibolga.

Potensi pengembangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di wilayah kota Sibolga sangat mungkin untuk di implementasikan mengingat hasil

pengolahan data yang telah dilakukan. Pemenuhan PLTS ini bisa dilakukan dengan menggunakan panel-panel surya untuk menerangi jalan-jalan kota, karena situasi saat ini beberapa Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) tidak terpasang. Hal ini dapat dijadikan sebagai alternatif untuk penerangan LPJU berbasis Solar Panel. Selain itu, Pengembangan PLTS di wilayah yang telah ditentukan yakni Kecamatan Sibolga Kota dan Sibolga Utara merupakan proyek besar yang dapat terealisasi. Faktor ekonomi adalah hal yang utama dalam pengembangan PLTS skala besar, akan tetapi sektor sosial dalam hal memenuhi ketersediaan listrik di wilayah kota Sibolga bisa menjadi dasar dalam pengembangan PLTS di Kota Sibolga. Bahkan dari sektor pertahanan dan keamanan wilayah adalah hal yang harus diperhitungkan mengingat wilayah kota Sibolga merupakan wilayah yang sangat strategis dan rawan akan terjadinya infiltrasi dan berbagai anacam.

Pada penelitian Amalia (2019) tentang kesiapan masyarakat dalam pemanfaatan potensi energi surya sebagai sumber alternatif berkelanjutan sejalan dengan penelitian ini, terbukti dengan beberapa narasumber yang telah

dilakukan wawancara pada saat pengambilan data lapangan dan dilakukan pengolahan data tentang penerimaan masyarakat kota sibolga terhadap pengembangan pembangkit listrik tenaga surya di wilayah kota Sibolga memberikan feedback positif yang bermakna bahwa masyarakat sangat menerima rencana ini sehingga perlu adanya peran pemerintah daerah dalam menindaklanjuti hal tersebut dalam bentuk kebijakan maupun sosialisai yang intensif terhadap masyarakat yang ada di wilayah administratif kota Sibolga (Amalia, 2019). Saat ini, penyediaan listrik di kota Sibolga belum menjadi kendala yang besar karena kebutuhan akan energi listrik masih terpenuhi dengan adanya pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) labuhan angin dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Sipansipahoras yang ada di kabupaten tapanuli tengah. Akan tetapi, menurut Ohira et al., (2018) pengembangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) ini dapat dijadikan sebagai energi alternatif dalam penyediaan energi listrik bagi sektor strategis yang membutuhkan energi listrik yang berkelanjutan (Ohira et al., 2018). Salah satu sektor strategis yang dikaji dalam penelitian ini adalah sektor pertahanan dan keamanan mengingat

wilayah kota sibolga yang berbatasan langsung dengan samudra hindia. Tentu sejalan dengan penelitian Rismunandar (2018), dimana kebutuhan energi listrik yang besar dan dibantu oleh PLTS akan mendukung kekuatan KOREM 023 Kawal Samudra dalam menjaga pertahanan dan keamanan wilayah administratif kota Sibolga (Rismunandar, 2018). Dengan adanya pengembangan PLTS ini dari sisi ekonomi juga akan berdampak positif mengingat wilayah kota Sibolga merupakan kota wisata bahari dan memiliki sektor pariwisata yang menjanjikan sehingga taman-taman kota yang dulunya gelap dapat diterangi oleh lampu jalan berbasis surya. Kota Sibolga juga merupakan wilayah yang strategis sehingga menurut Fauziah et al., (2020) salah satu kawasan dengan pertumbuhan ekonomi yang menjanjikan patut dilakukan pengembangan PLTS didalam penelitiannya berjudul Analisis Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Kawasan Ekonomi Sei Mangke (Fauziah et al., 2020).

Kota Sibolga merupakan salah satu daerah dalam lingkup Provinsi Sumatera Utara. Wilayah kota Sibolga merupakan daerah dengan pertumbuhan ekonomi yang menjanjikan. Pengembangan PLTS di Kota Sibolga tentunya dapat

meningkatkan kualitas masyarakat lingkungan hidup sehingga pembangunan yang menjamin keadilan dapat terlaksana dengan tata kelola yang baik. Dalam rangka membangun daerah, pemerintah daerah perlu membuat prioritas kebijakan. Penentuan prioritas pembangunan daerah sangat diperlukan pembangunan daerah yang lebih terarah sehingga lebih efektif dan efisien.

Berdasarkan laporan Pemerintah Kota Sibolga (2021), mengenai RPJMD kota Sibolga tahun 2021-2026 pengembangan PLTS di kota Sibolga belum termasuk proyek strategis. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat menjadi masukan dalam menyusun RPJMD selanjutnya sehingga dapat dijadikan sebagai proyek prioritas strategis (*Major Project*) dalam rangka mendukung ketahanan energi daerah.

Kesimpulan dan Saran

Kota Sibolga merupakan salah satu daerah dalam lingkup Provinsi Sumatera Utara. Wilayah kota Sibolga merupakan daerah dengan pertumbuhan ekonomi yang menjanjikan. Pengembangan PLTS di Kota Sibolga tentunya dapat meningkatkan kualitas masyarakat lingkungan hidup sehingga pembangunan yang menjamin keadilan

dapat terlaksana dengan tata kelola yang baik. Dalam rangka membangun daerah, pemerintah daerah perlu membuat prioritas kebijakan. Penentuan prioritas pembangunan daerah sangat diperlukan pembangunan daerah yang lebih terarah sehingga lebih efektif dan efisien.

Pengembangan PLTS di kota Sibolga merupakan hal yang sangat strategis ketika dilihat dari potensi yang ada. Bukan hanya itu saja, beberapa instansi pemerintahan yang strategis membutuhkan energi listrik yang berkelanjutan (*sustainable*). Secara umum, suhu rata-rata Kota Sibolga memiliki potensi yang besar dalam pengembangan PLTS, hal ini terlihat pada hasil pengolahan suhu rata-rata perhari menggunakan *Photovoltaic Geographical Information System* (PVGIS). Dapat dilihat bahwa suhu puncak tertinggi mencapai 27,15 °C. Radaiasi sinar matahari terbesar yang dihasilkan modul surya permeter persegi dalam hitungan bulan mencapai 177,5 kWh/m² di bulan maret. Sedangkan radiasi sinar matahari terkecil yang dihasilkan modul surya permeter persegi mencapai 144,19 kWh/m² pada bulan November. Rata-rata radiasi sinar matahari yang didapatkan perbulan dalam hitungan pertahun mencapai 150,00 kWh/m². Total radiasi dalam

setahun mencapai 1919,91 kWh/m². Kalkulasi ini dilakukan untuk mendapatkan intensitas radiasi matahari terhadap wilayah kota Sibolga.

Pada indikator *planning* (perencanaan), dijelaskan bahwa letak pembangunan PLTS yang strategis dapat dilakukan di kecamatan Sibolga utara dan Sibolga Kota. Sibolga Utara merupakan daerah instansi pemerintah yang cukup strategis mengingat terdapat beberapa daerah terbuka seperti Stadion, Taman Kota (Lapangan). Sedangkan kecamatan Sibolga Kota sendiri merupakan wilayah yang dekat dengan pelabuhan dan juga KOREM 023 Kawal Samudra, hal ini tentu dapat dilakukan pembangunan berupa PLTS Apung.

Berdasarkan laporan RPJMD kota Sibolga tahun 2021-2026 pengembangan PLTS di kota Sibolga belum termasuk proyek strategis. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat menjadi masukan dalam menyusun RPJMD selanjutnya sehingga dapat dijadikan sebagai proyek prioritas strategis (*Major Project*) dalam rangka mendukung ketahanan energi daerah. Hal ini tentu dilihat dari Rencana Umum Energi Daerah Sumatera Utara sendiri memiliki sasaran yang strategis yakni terciptanya bauran

energi baru terbarukan sebesar 23,9% di tahun 2025 dan 49,91% pada tahun 2050.

Kota Sibolga memiliki potensi besar dalam pengembangan PLTS, dalam hal ini diharapkan pemerintah kota Sibolga dapat melakukan *feasibility study* (FS) dengan tujuan untuk mengetahui besar kapasitas pembangkit yang dibutuhkan di wilayah administratif kota Sibolga. Dengan Rencana Umum Energi Daerah (RUED) Sumatera Utara, diharapkan program pengembangan PLTS tersebar di wilayah Sumatera Utara sebesar 51,7 MW menjadi wilayah yang diprioritaskan untuk dilakukan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Daftar Pustaka

Amalia. (2019). Kesiapan Masyarakat Semarang dalam Pemanfaatan Potensi Energi Surya sebagai Sumber Energi Alternatif Berkelanjutan. *SAINTEK: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi Industri*, 2(2), 39. <https://doi.org/10.32524/sainstek.v2i2.462>

BPS Kota Sibolga. (2021). *Produk Domestik Regional Bruto Kota Sibolga Menurut Lapangan Usaha Tahun 2016-2020*. CV. Serasi Berjaya.

BPS Kota Sibolga. (2021). *Kota Sibolga Dalam Angka 2021*. CV. Serasi Berjaya.

Bull, S. R. (2001). Renewable energy today and tomorrow. *Proceedings of the IEEE*, 89(8), 1216–1226. <https://doi.org/10.1109/5.940290>

Fauziyah, N. N., Sasongko, N. A., & Thamrin, S. (2020). ANALISIS PENGEMBANGAN PEMBANGKIT

LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI KAWASAN EKONOMI KHUSUS SEI MANGKEI ANALYSIS OF PLTS DEVELOPMENT IN SPECIAL ECONOMIC ZONE SEI MANGKEI. *Jurnal Ketahanan Energi*, 6, 60–73.

Hafid, A., Abidin, Z., Husain, S., Umar, R., & Pendahuluan, I. (2017). Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Balang Lompo. *Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 14(1), 6–12.

Kota Sibolga. (2021). *Topografi Sibolga – Situs Resmi Pemerintah Kota Sibolga*. <https://sibolgakota.go.id/home/topografi-sibolga/>

Lindawati, S. (2016). Penggunaan Metode Deskriptif Kualitatif Untuk Analisis Strategi Pengembangan Kepariwisata Kota Sibolga Provinsi Sumatera Utara. *Seminar Nasional APTIKOM (SEMNASTIKOM), Hotel Lombok Raya Mataram*, 833–837.

Miles, M. B., Hubberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative Data Analysis*. In *Sage Publication* (3rd ed.). SAGE Publication.

Ohira, Y., Indarto, A., & Hudaya, C. (2018). Analysis of solar power as an alternative electrical supply for the oil and gas field development. *Proceedings of 2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering: Smart Technology for Better Society, ICITEE 2018*, 432–437. <https://doi.org/10.1109/ICITEED.2018.8534840>

Pemerintah Kota Sibolga. (2021). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Sibolga Tahun 2021-2026*.

Pemprov Sumatera Utara. (2021). *Final Draft Rencana Umum Energi Daerah (RUED) 2021-2050 Provinsi Sumatera Utara*.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Ketahanan Energi nasional, (2014).
- PT PLN (Electricity State Company). (2021). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030*.
- Rismunandar, A. (2018). *Kebutuhan Energi Listrik Mendukung Pengembangan Kekuatan TNI AL di Kabupaten Sorong*. Universitas Pertahanan Indonesia.
- Siyoto, S., & Sodik, A. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian*. Literasi Media Publishing.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung Alfabeta.
- Syahputra, R. (2020). *Planning of Hybrid Micro-Hydro and Solar Photovoltaic Systems for Rural Areas of Central Java, Indonesia*. 2020.