

## Studi Skema Konfigurasi PLTS (Studi Kasus: Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara)

Hendra Budiono Putra Parapa

PT PLN (Persero) UPDL Makassar, Jl. Poros Malino, Gowa, 92119, Indonesia  
hendra.budiono@pln.co.id



### Abstract

*PLTS as one of the most promising technologies to produce economical, clean and sustainable electrical energy can currently increase the national energy mix because of its nature that can be easily built and its development requires a short time compared to other technologies. The purpose of this research is to study the PV mini-grid configuration scheme in the islands. The case study used in this research is on Kaledupa Island, Southeast Sulawesi. The data used is the actual data on the electrical load on the island of Kaledupa and data on the potential for solar radiation sourced from solarglobalatlas.info. Actual electrical load data and solar radiation potential data are processed using an excel application to calculate the PLTS capacity and energy storage system, then a capacity sizing analysis is carried out from the calculation results. This study concludes that the PV, Energy Storage System and Diesel configuration scheme is the most likely scheme to be applied to the electricity system on the island of Kaledupa, taking into account the load conditions in the electrical system.*

**Keywords:** PLTS; Configuration; Capacity

### Abstrak

*PLTS sebagai salah satu teknologi yang paling menjanjikan untuk menghasilkan energi listrik yang ekonomis, bersih dan sustainable saat ini dapat meningkatkan bauran energi nasional karena sifatnya yang dapat dengan mudah dibangun dan pengembangannya membutuhkan waktu yang singkat dibandingkan dengan teknologi lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan studi skema konfigurasi PLTS di kepulauan. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini yakni di Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara. Data yang digunakan adalah data aktual beban kelistrikan di pulau Kaledupa dan data potensi radiasi matahari yang bersumber dari solarglobalatlas.info. Data aktual beban kelistrikan dan data potensi radiasi matahari diolah menggunakan aplikasi excel untuk menghitung besarnya kapasitas PLTS dan energy storage systemnya, kemudian dilakukan analisa sizing kapasitas dari hasil perhitungan. Studi ini menyimpulkan bahwa skema konfigurasi PV, Energy Storage System dan Diesel merupakan skema yang paling mungkin diterapkan pada sistem kelistrikan dipulau Kaledupa, dengan mempertimbangkan kondisi beban disistem kelistrikan.*

**Kata Kunci:** PLTS; Konfigurasi; Kapasitas

## I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Photovoltaic (PLTS) adalah salah satu pembangkit energi terbarukan yang saat ini berkembang dengan pesat. Implementasi secara besar-besaran di dunia yang terjadi dalam dekade terakhir ini mengakibatkan PLTS menjadi semakin kompetitif, baik secara keekonomian maupun secara teknologi. Kondisi ini membuka peluang baru bagi dunia kelistrikan nasional dimana teknologi PLTS bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik Indonesia.

Dalam mencapai akses listrik luas di Indonesia serta mempromosikan penggunaan energi terbarukan, sebuah solusi yang cocok

untuk semua permasalahan tidak mungkin ada. Berbagai strategi perlu dilakukan untuk mencapai akses listrik luas dan meningkatkan pangsa energi terbarukan dalam bauran energi. Khusus untuk menyediakan listrik di pulau-pulau terpencil dan terluar, Indonesia jelas membutuhkan pendekatan baru yang terbukti layak secara teknis dan ekonomis. Pendekatan konvensional dengan menempatkan PLTD kecil ke pulau-pulau ini bukan lagi satu-satunya pilihan untuk menyediakan akses listrik yang andal dan hemat biaya. Untuk memberikan akses listrik di pulau-pulau terpencil dan terluar, sumber energi terbarukan yang tersedia secara lokal, yaitu photovoltaic (PV), akan memberikan opsi yang menjanjikan dan tidak hanya kompetitif dalam hal teknologi tetapi

juga dalam hal biaya jika dibandingkan dengan PLTD kecil [1].

Pemanfaatan energi surya yang bisa dilaksanakan adalah dalam bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [2]. Dalam pemanfaatan energi surya tersebut perlu memperhatikan beberapa hal diantaranya terkait potensi energi surya serta studi beban kelistrikan yang ada didaerah tersebut [3]. Dalam penelitian terdahulu telah dilakukan studi terkait sistem fotovoltaik surya 45 kW dengan tiga konfigurasi yakni grid terhubung dengan 0% backup, grid terhubung dengan cadangan 30% dan yang ketiga adalah, sistem off grid, dari hasil penelitian tersebut grid terhubung jaringan dengan cadangan 30% yang dipilih dengan mempertimbangkan biaya investasi dan waktu pengembalian modal [4], selain itu juga dilakukan studi kinerja dan ekonomi terkait sistem fotovoltaik on-grid dan off-grid, dari hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa sistem off-grid terbukti lebih ekonomis dan menguntungkan dibandingkan dengan sistem on-grid [5]. Pada penelitian lainnya dilakukan studi kelayakan tekno-ekonomi untuk sistem pembangkit hybrid untuk diaplikasikan pada remote area dengan menggunakan aplikasi HOMER [6]. Selain itu juga dilakukan desain dan perancangan terkait PLTS Hybrid di pedesaan [7], maupun gedung instansi pemerintah [8]. Namun kajian terkait studi skema konfigurasi PLTS di kepulauan belum banyak dilakukan, khususnya terkait pulau kaledupa. Oleh karena itu dilakukan kajian terhadap penelitian tersebut.

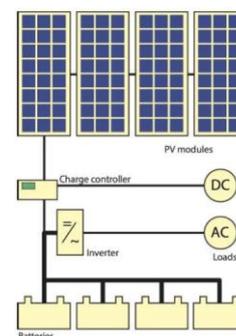
Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi skema konfigurasi PLTS di kepulauan. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini yakni di Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara. Dasar pemilihan lokasi studi kasus ini karena kecukupan listrik di Pulau Kaledupa belum cukup memadai walaupun telah ditopang oleh mesin diesel. Dengan melakukan penelitian ini maka diharapkan kecukupan listrik di pulau Kaledupa dapat terpenuhi dengan memperhatikan potensi energi yang dapat digunakan untuk menopang sistem kelistrikan yang ada saat ini.

## II. KAJIAN LITERATUR

Pada sistem PLTS terdapat beberapa konfigurasi yang umum digunakan yakni:

### 1. Off-grid PV system

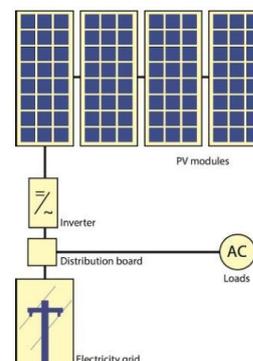
Sistem PV off-grid, yang juga disebut sistem yang berdiri sendiri (*standalone*), hanya mengandalkan tenaga surya. Sistem ini dapat terdiri dari modul PV dan beban saja atau dapat mencakup baterai untuk penyimpanan energi. Saat menggunakan pengontrol pengisian baterai disertakan, yang memutuskan baterai dari modul PV saat terisi penuh, dan dapat memutuskan sambungan beban untuk mencegah baterai habis di bawah batas tertentu. Baterai harus memiliki kapasitas yang cukup untuk menyimpan energi yang dihasilkan pada siang hari untuk digunakan pada malam hari dan selama periode cuaca buruk, misalnya pada kondisi musim hujan atau cuaca mendung dimana modul PV tidak cukup mendapatkan sinar matahari.



Gambar 1. Skema PLTS Off-grid [9].

### 2. On-grid PV System

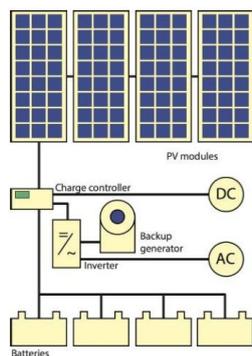
Sistem ini terhubung ke jaringan melalui inverter, yang mengubah daya DC menjadi listrik AC. Pada prinsipnya, sistem ini tidak memerlukan baterai, karena terhubung ke jaringan, yang bertindak sebagai penyangga di mana kelebihan pasokan listrik PV dikirim.



Gambar 2. Skema PLTS On-grid [9].

### 3. Hybrid PV System

Sistem hibrida menggabungkan modul PV dengan metode kelistrikan yang saling melengkapi dengan pembangkit listrik lainnya seperti diesel, gas atau turbin angin. Untuk mengoptimalkan berbagai suplai listrik, sistem hibrida biasanya memerlukan kontrol yang lebih canggih daripada sistem yang berdiri sendiri atau sistem PV yang terhubung ke jaringan. Misalnya, dalam kasus sistem PV/diesel, mesin diesel harus dihidupkan ketika baterai mencapai tingkat pelepasan tertentu, dan berhenti ketika baterai mencapai status pengisian yang memadai. Generator cadangan dapat digunakan untuk mengisi ulang baterai saja atau untuk memasok beban juga.



Gambar 3. Skema PLTS Hybrid [9].

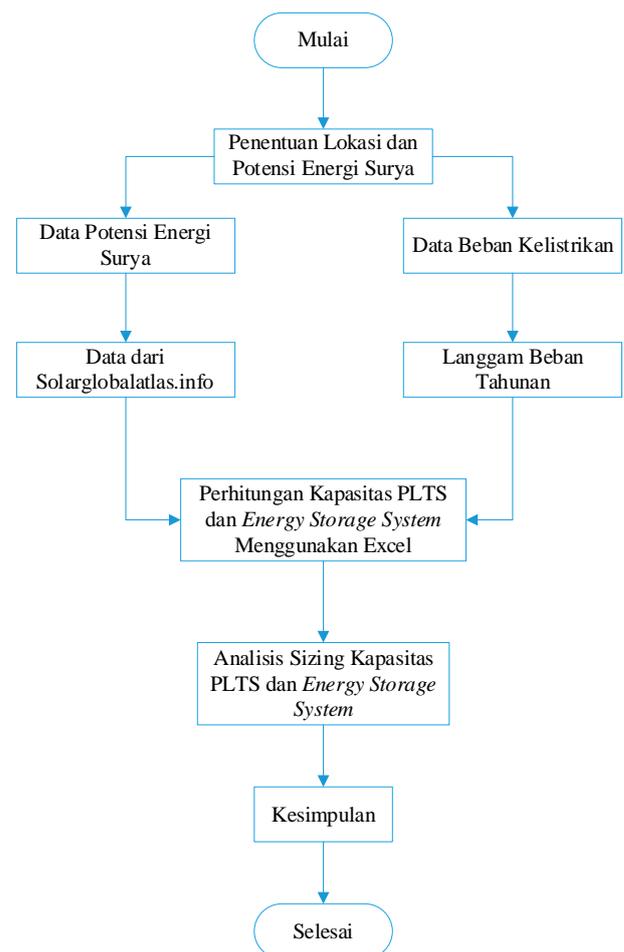
### III. METODE PENELITIAN

Berikut ini merupakan uraian metode yang digunakan untuk melakukan studi skema konfigurasi PLTS untuk studi kasus di pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara. Pulau Kaledupa adalah salah satu pulau di wilayah Kabupaten Wakatobi, Provinsi Sulawesi Tenggara dengan koordinat 5°32'59.5"S, 123°47'09.2"E. Pulau ini terletak di selatan pulau Wangi-wangi di utara pulau Tomia dan di barat pulau Hoga.



Gambar 4. Lokasi pulau Kaledupa dari Google Maps [10].

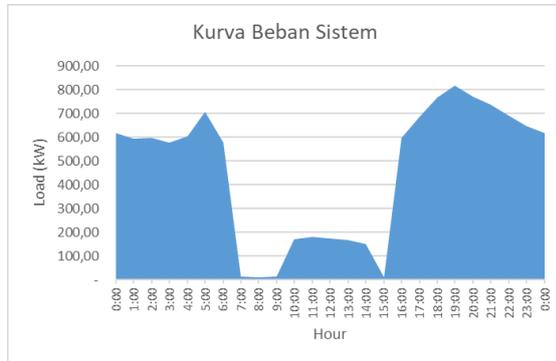
Sebagai penelitian berbentuk studi kasus, penelitian ini menggunakan data aktual beban kelistrikan di pulau Kaledupa dan data potensi radiasi matahari yang bersumber dari solarglobalatlas.info [11]. Data aktual beban kelistrikan dan data potensi radiasi matahari diolah menggunakan aplikasi excel untuk menghitung besarnya kapasitas PLTS dan energy storage systemnya, kemudian dilakukan analisa sizing kapasitas dari hasil perhitungan. Langkah – langkah dalam melakukan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Penelitian.

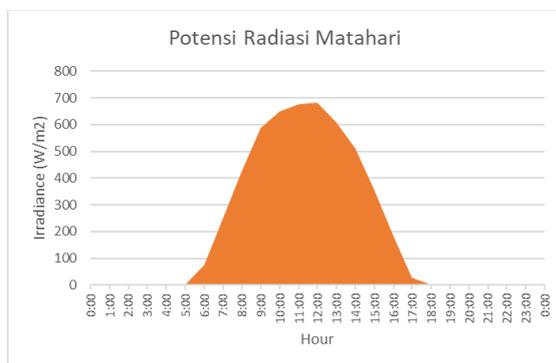
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data beban kelistrikan harian dipulau Kaledupa dapat dilihat pada gambar 6, dan data potensi radiasi matahari dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 6. Grafik beban kelistrikan harian pulau Kaledupa.

Dari gambar 6 diketahui bahwa beban puncak dimalam hari sebesar 816,5 kW. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa sistem kelistrikan Pulau Kaledupa pada pukul 07.00 – 15.00 disistem Pulau kaledupa cukup rendah, Hal ini di karenakan, jam nyala di Kaledupa masih 12 Jam nyala (hanya menyala pada malam hari), dan mengandalkan mesin diesel sehingga kecukupan energi listrik di pulau kaledupa belum memadai.

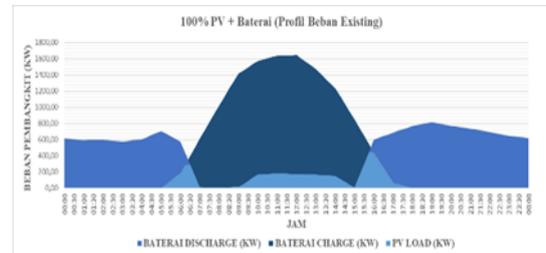


Gambar 7. Potensi radiasi matahari selama satu tahun dipulau Kaledupa [11].

Berdasarkan sumber data iradiasi globalsolaratlas.info maka potensi global horizontal irradiance (GHI) pada Pulau Kaledupa sebesar 1895,9 kWh/m<sup>2</sup> atau setara dengan 5,194 kWh/m<sup>2</sup>/day.

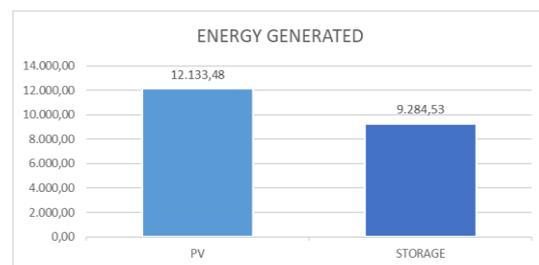
Berdasarkan data beban kelistrikan dan potensi radiasi matahari di pulau Kaledupa, maka dapat dilakukan perhitungan kapasitas PLTS dan energy storage systemnya dengan beberapa skema konfigurasi yakni:

1. Skema 100% PV dan energy storage tanpa diesel dengan profil beban eksisting.



Gambar 8. Grafik sistem dengan 100% PV dan baterai dengan profil beban eksisting.

Berdasarkan gambar 8, produksi PV disiang hari sebagian kecil akan digunakan dan sisanya disimpan di baterai untuk digunakan di malam hari. Untuk persentase energi mix pembangkit di pulau Kaledupa pada skema kesatu yakni sistem PV sebesar 57% dan energy storage sebesar 43%. Untuk prediksi energy generated yang dihasilkan oleh PV dan Energy storage system dapat dilihat pada gambar 9.

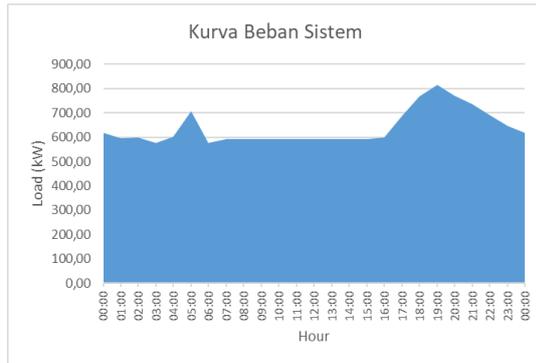


Gambar 9. Prediksi energy generated di sistem untuk 100% PV dan storage dengan profil beban eksisting

Berdasarkan gambar 8, prediksi energy generated PV dalam satu hari sebesar 12,133 MWh/day dan 9,284 MWh/day untuk energy storage.

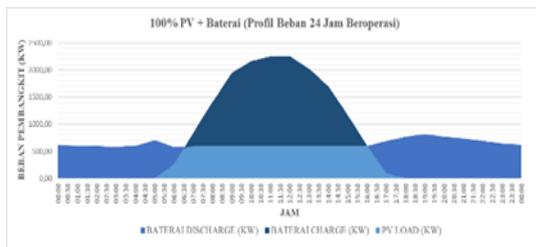
2. Skema 100% PV dan energy storage tanpa diesel dengan kondisi sistem beroperasi 24 jam

Jika sistem kelistrikan di pulau Kaledupa diinginkan beroperasi 24 jam dengan asumsi profil beban pada siang hari sebesar 70% dari beban puncak rata-rata sistem, maka profil beban dapat dilihat pada gambar 10.



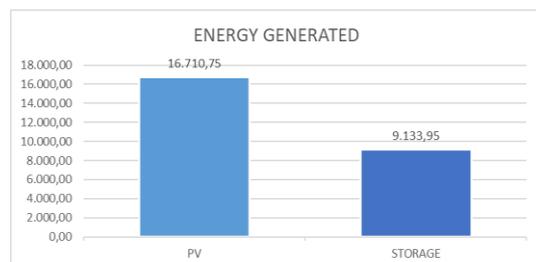
Gambar 10. Grafik beban kelistrikan pulau Kaledupa jika beroperasi 24 jam.

Dengan menggunakan grafik beban pada gambar 9, jika skema 100% penggunaan PV dan Energy storage tanpa diesel dan beroperasi 24 jam, dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik sistem dengan 100% PV dan baterai dengan profil beban sistem beroperasi 24 jam.

Berdasarkan gambar 11, produksi PV disiang hari sebagian akan digunakan untuk menyuplai ke sistem dan sisanya disimpan di baterai untuk digunakan di malam hari. Untuk persentase energi mix pembangkit di pulau Kaledupa pada skema kedua yakni sistem PV sebesar 65% dan energy storage sebesar 35%. Untuk prediksi energy generated yang dihasilkan oleh PV dan Energy storage system dapat dilihat pada gambar 12.

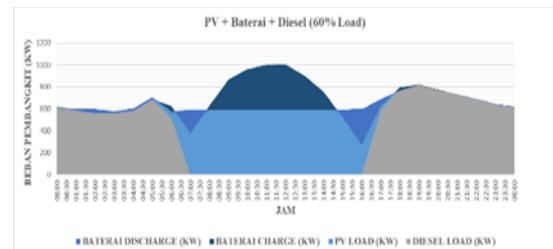


Gambar 12. Prediksi energy generated di sistem untuk 100% PV dan storage dengan profil beban sistem beroperasi 24 jam.

Berdasarkan gambar 12, prediksi energy generated PV dalam satu hari sebesar 16,71

MWh/day dan 9,133 MWh/day untuk energy storage.

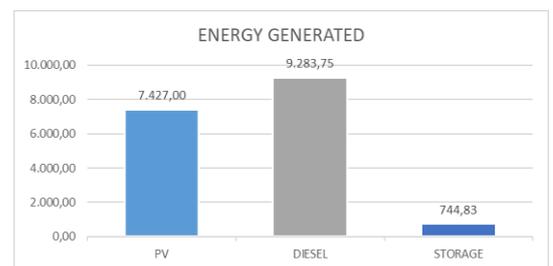
3. Skema Diesel beroperasi dimalam hari dengan beban 60% dari beban puncak rata-rata dan sisanya menggunakan PLTS PV + Energy Storage



Gambar 13. Grafik sistem dengan PV, baterai dan Diesel (60% Load) dengan profil beban sistem beroperasi 24 jam.

Berdasarkan gambar 13, pada skema ini Diesel akan beroperasi dari pukul 15.00 – 07.00 dengan load 60% dari beban puncak rata-rata, kemudian kebutuhan listrik sisanya akan disuplai dari PLTS dan baterai sesuai dengan profil beban 24 jam di pulau kaledupa.

Untuk persentase energi mix pembangkit di pulau Kaledupa pada skema ketiga yakni sistem PV sebesar 43%, energy storage sebesar 4% dan diesel sebesar 53%. Untuk prediksi energy generated yang dihasilkan oleh PV dan Energy storage system dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Prediksi energy generated di sistem untuk PV, baterai dan Diesel (60% Load) dengan profil beban sistem beroperasi 24 jam.

Berdasarkan gambar 13, diketahui bahwa energy prediction pada PLTS PV sebesar 7,43 MWh/day, energy storage sebesar 744,83 kWh/day, dan diesel sebesar 9,283 MWh/day.

Untuk kapasitas pembangkit pada setiap skema dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kapasitas pembangkit untuk setiap skema

Skema	PV (kWp)	Energy Storage System (kW)	Diesel (kW)
1	2919,93	1615,39	-
2	4021,45	1837,24	-
3	1787,31	454,47	944,99

Berdasarkan tabel 1, skema yang paling mungkin untuk diterapkan dipulau Kaledupa yakni skema ketiga. Hal ini disebabkan karena dipulau Kaledupa masih terdapat diesel yang dioperasikan sehingga dengan skema ketiga maka diesel masih dapat dioperasikan 60% dari daya terpasangnya. Selain itu jika melihat pada skema satu dan dua, kapasitas terpasang dari PV dan Energy Storage System yang dibutuhkan sangat besar untuk menopang sistem, dan tentunya juga harus mempertimbangkan kondisi beban disistem kelistrikan.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa skema konfigurasi PV, Energy Storage System dan Diesel merupakan skema yang paling mungkin diterapkan pada sistem kelistrikan dipulau Kaledupa, dengan mempertimbangkan kondisi beban disistem kelistrikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada rekan-rekan operasional dari PLN UP3 Bau-Bau dan PLN UPDL Makassar, atas bantuan dan kerjasamanya sehingga penelitian ini dapat dilakukan dengan baik.

## REFERENSI

- [1] D. Gumintang, "Design and Control of PV Hybrid System in Practice," p. 122, 2020.
- [2] S. Hafidz, Mohammad; Sukmajati, "Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw on Grid Di Yogyakarta," *Jur. Tek. Elektro, Sekol. Tinggi Tek. PLN*, vol. 7, no. JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 7 NO. 1, JANUARI-MEI 2015, p. 49, 2015.
- [3] K. Kunaifi, "Desain Pembangkit Listrik Hybrid (Plts/Diesel) untuk Meningkatkan Pelayanan Kesehatan di Puskesmas Kecamatan Gema Kabupaten Kampar," *J. Sains dan Teknol. Ind.*, vol. 10, no. 1, pp. 15–21, 2011.
- [4] R. Sharma and L. Gidwani, "Pre-feasibility study for solar photovoltaic system of residential non-teaching staff colony in RTU Kota," *2nd IEEE Int. Conf. Innov. Appl. Comput. Intell. Power, Energy Control. with their Impact Humanit. CIPECH 2016*, pp. 150–154, 2017, doi: 10.1109/CIPECH.2016.7918756.
- [5] C. Aarthy Vigneshwari, S. Siva Sakthi Velan, M. Venkateshwaran, M. Adam Mydeen, and V. Kirubakaran, "Performance and economic study of on-grid and off-grid solar photovoltaic system," *2016 Int. Conf. Energy Eff. Technol. Sustain. ICEETS 2016*, no. 2011, pp. 239–244, 2016, doi: 10.1109/ICEETS.2016.7582933.
- [6] B. K. Das, N. Hoque, S. Mandal, T. K. Pal, and M. A. Raihan, "A techno-economic feasibility of a stand-alone hybrid power generation for remote area application in Bangladesh," *Energy*, vol. 134, pp. 775–788, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.06.024.
- [7] A. N. Azizah and S. Purbawanto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PV dan Mikrohidro) Terhubung Grid (Studi Kasus Desa Merden, Kecamatan Padureso, Kebumen)," *J. List. Instrumentasi dan Elektron. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 6–10, 2021, doi: 10.22146/juliet.v2i1.64365.
- [8] E. T. Abit Duka, I. N. Setiawan, and A. Ibi Weking, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung," *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, p. 67, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p09.
- [9] A. H. Smets, K. Jäger, O. Isabella, R. A. van Swaaij, and M. Zeman, *Solar energy, The physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems*, vol. 249, no. 5459. London: UIT Cambridge, 2015.
- [10] "Map data ©2016 Google 1 km," 2016. .

- [11] World Bank Group, “Global Solar Atlas,” 2016.  
<https://globalsolaratlas.info/downloads/iran?c=32.62087,45.087891,5>.