

Analisis Teknis dan Biaya Investasi Pemasangan PLTS On Grid dan Off Grid di Indonesia

Levin Halim¹

¹⁾ Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94 Bandung
Email: ¹⁾ halimlevin@unpar.ac.id

ABSTRAK

Indonesia berada di garis katulistiwa membuat indonesia mempunyai sumber energi surya yang besar dengan intensitas radiasi matahari yang nilai rata-ratanya sekitar 4.8 kWh/m² per hari. Namun hal tersebut belum dimanfaatkan secara optimal, sedangkan masih ada wilayah di indonesia yang belum teraliri listrik karena tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Terdapat beberapa solusi dari masalah ini salah satunya adalah dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), terdapat dua jenis sistem PLTS yaitu sistem on grid dan off grid kedua sistem ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing masing baik dalam segi teknis dan biaya yang harus dikeluarkan. Pada makalah ini akan membahas hal tersebut dan juga beberapa peraturan kementerian ESDM dan peraturan lain yang berkaitan tentang pemasangan PLTS on grid dan off grid serta peraturan tentang jual beli energi listrik kepada PLN peraturan tersebut dibahas pada permen no 49 tahun 2018

Kata Kunci : Instalasi PLTS, On-Grid/Off-Grid, Intensitas Radiasi Matahari, analisis biaya investasi

ABSTRACT

Indonesia is located at the equator, making Indonesia have a large source of solar energy with the intensity of solar radiation with an average value of about 4.8 kWh/m² per day. However, this has not been used optimally, while there are still areas in Indonesia that do not have electricity because they are not covered by the PLN electricity network. There are several solutions to this problem, one of which is to use a photovoltaic power plant, there are two types of photovoltaic power plant systems, namely on grid and off grid systems. This paper will discuss this as well as several regulations from the Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM) and other regulations related to the installation of on grid and off grid photovoltaic power plant as well as regulations regarding the sale and purchase of electrical energy to PLN.

Keywords : PV plant installation, On-Grid/Off-Grid, Solar Radiation Intensity, analysis of investment costs

1 PENDAHULUAN

Indonesia berada di garis katulistiwa membuat indonesia mempunyai sumber energi surya yang besar dengan intensitas radiasi matahari yang nilai rata-ratanya sekitar 4.8 kWh/m² per hari. Namun hal tersebut belum dapat dimanfaatkan secara optimal, sedangkan masih ada wilayah di indonesia yang belum teraliri listrik karena tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN [1].

Di Indonesia penggunaan energy fosil, seperti BBM dan batubara masih berada pada rating teratas sebagai sumber energi primer pada pembangkit listrik. Dewan Energi Nasional (DEN) telah menskenarioakan, pada tahun 2025 pemanfaatan EBT di Indonesia menjadi berimbang dengan penggunaan energy fosil. Penggunaan energi EBT dari 5.7% diharapkan meningkat hingga 25.9% pada tahun 2025 [2]

Dimasa ini tenaga listrik merupakan Tenaga listrik merupakan salah satu jenis energi yang sangat diperlukan dalam pembangunan. Oleh karena itu dengan pertumbuhan ekonomi yang diperkirakan sekitar 7% - 10% per tahun sampai dengan tahun 2025 konsumsi penggunaan listrik di Indonesia akan meningkat dengan cepat [3].

Agar penerapan PLTS dapat berjalan optimal perlu dilakukan studi, apakah secara ekonomis layak diterapkan pada sistem ketenagalistrikan di Indonesia. Jurnal ini dimaksudkan untuk melakukan analisis terhadap harga energi PLTS sebagai basis bagi penetapan harga tarif dasar PLTS dengan analisa terhadap penggunaan sistem On-Grid dan Off-Grid. Faktor yang akan digunakan untuk analisa ekonomi pada jurnal ini adalah biaya investasi, garansi pada sistem, perbandingan kedua sistem dalam 10 tahun pemakaian.

Pada jurnal ini analisis teknis dan biaya yang dilakukan adalah dengan memakai asumsi biaya listrik yang dikeluarkan oleh rumah sebesar Rp. 300.000,- perbulan. Dengan pembayaran sebesar Rp. 300.000,- sebulan maka jumlah daya yang digunakan dalam sebulan adalah sebesar 205.000 watt dengan TDL(Tarif Dasar Listrik) yang dipakai adalah Rp1.467,28/kwh.

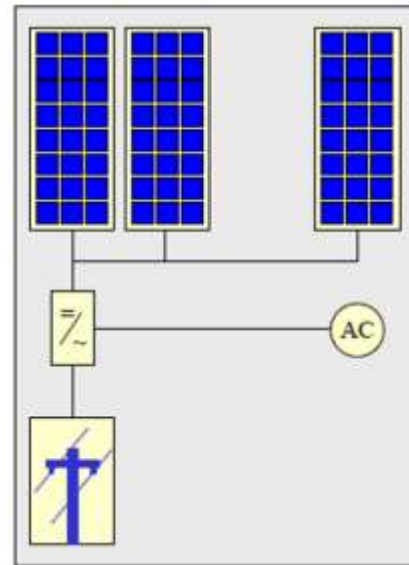
Analisis pada jurnal ini berdasarkan pada peraturan jual beli energi listrik kepada PLN sebagai BUMN yang mengatur ketenagalistrikan di Indonesia. Peraturan tersebut diatur pada Permen ESDM no 49 tahun 2018, membahas tentang sistem listrik seperti apa yang layak diperjualbelikan pihak swasta kepada PLN.

Kebutuhan tenaga listrik di Indonesia mencapai sekitar 120 GW pada tahun 2025. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik ini sesuai Kebijakan Energi Nasional (Kepres No. 5 Tahun 2006) harus dikembangkan berbagai energi alternatif termasuk energi terbarukan, yang ditargetkan mencapai lebih dari 17 % dari pangsa energi primer nasional [4].

Energi baru dan terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. [4]

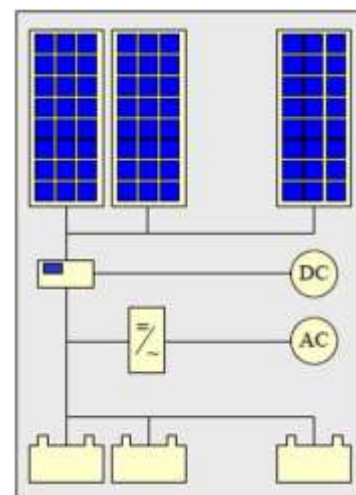
2 METODOLOGI

Sistem Listrik On-Grid adalah sistem listrik yang pada umumnya tidak menggunakan komponen baterai, karena sistem listrik ini dapat menerima dan mengalirkan energi listrik yang dihasilkan oleh Generator PV. Berikut adalah representasi Sistem On-Grid:



Gambar 1. Representasi Skematik Sistem On Grid [5]

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terdiri komponen utama yaitu ; panel surya, Battery Control Unit (BCU), Baterai (energy saver) dan Inverter DC to AC. Pada sistem ini bila menggunakan regulator pengisi baterai , maka regulator akan mematikan modul PV ketika baterai sudah penuh dan akan mematikan beban jika baterai berada dibawah kondisi *Depth Of Discharge*. Berikut adalah representasi sistem Off-Grid



Gambar 2. Representasi Skematik Sistem Off-Grid [5]

Photovoltaic adalah alat yang dapat mengkonversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Kata photovoltaic biasa disingkat dengan PV [6], [7]. Bahan semikonduktor seperti silicon, gallium arsenide, dan cadmium

telluride atau copper indium deselenide biasanya digunakan sebagai bahan bakunya. Solar cell crystalline biasanya digunakan secara luas untuk pembuatan solar cell 5. Jenis kristal solar cell (PV cell) yang banyak dipasaran adalah tipe [8] :

- Monocrystalline solar panels : menggunakan silicon murni yang dihasilkan dengan proses crystal-growth yang cukup rumit dengan ketebalan sekitar 0.2 – 0.4 mm. Efisiensinya cukup tinggi berkisar 13 – 19 %.
- Polycrystalline solar panels : kadangkadang disebut dengan multi-crystalline, panel surya dibuat dari Polycrystalline cells yang lebih murah dan efisiensinya masih dibawah monocrystalline, berkisar 11 – 15 %.
- Amorphous solar panels : jenis ini tidak merupakan kristal yang real, tetapi berupa lapisan tipis silikon yang dideposit diatas base material seperti metal atau gelas yang bentuk permukaannya bebas. Efisiensinya lebih kecil, yaitu sekitar 5 – 8 %

Inverter berfungsi mengubah arus searah menjadi arus bolak balik. Inverter yang berhubungan langsung dengan beban listrik mempunyai kapasitas kerja dalam satuan watt [9]. Penentuan kapasitas inverter harus lebih besar dari beban maksimum yang dibebani. Secara matematis ditulis :

$$Pin > Pmaksload(1)$$

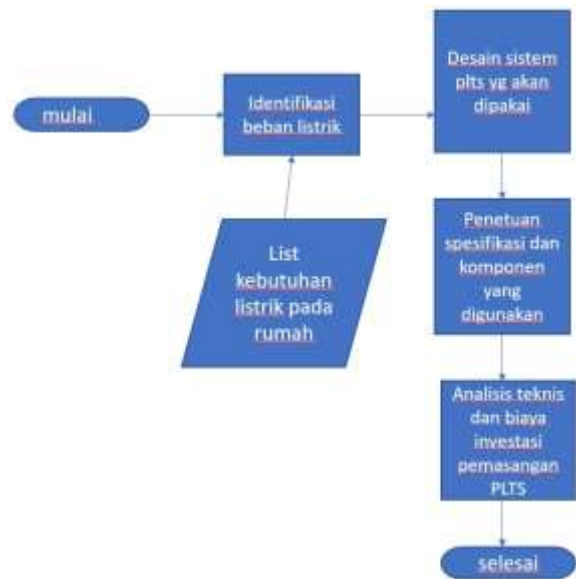
dimana,

$$Pinv = \text{Daya Maksimum Inverter (watt)}$$

$$Pmaksload = \text{Daya Maksimum Beban(watt)}$$

Pada jurnal ini metodologi penelitian dilakukan dengan melihat sistem rancangan apabila rumah membayar kepada PLN Rp. 300.000,-. Sistem Rancangan ini akan diaplikasikan PLTS On-Grid dan Off-Grid, setelah itu dilakukan perhitungan biaya total investasi, serta perhitungan garansi sistem apabila digunakan dalam jangka waktu 10 tahun.

Hasil perhitungan ini akan menghasilkan biaya bulanan sistem yang harus dibayarkan dimana biaya tersebut belum termasuk biaya garansi terhadap komponen yang digunakan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan TDL listrik apabila menggunakan PLTS Off-Grid. Untuk Sistem On-Grid terdapat analisis tambahan dimana akan ditambahkan keuntungan apabila menjual listriknya kepada PLN. Sehingga berikut merupakan diagram alir untuk metode penelitian yang dilakukan.



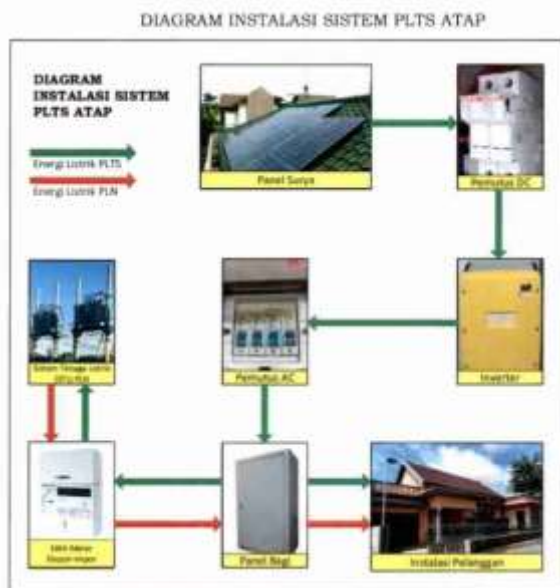
Gambar 3. Diagram alir metodologi penelitian

Pada penelitian ini, ditinjau sebuah rumah dengan pembayaran listrik Rp. 300.000,- perbulan memiliki beban listrik tertentu, beban listrik tersebut akan dijelaskan pada tabel 1. Waktu pemakaian pada masing-masing diasumsikan alat adalah, 3 jam untuk AC, 4 jam untuk TV LED, 24 jam untuk Kulkas, 12 jam untuk lampu.

Tabel 1. Beban Listrik dengan pembayaran perbulan Rp. 300.000,-

Alat dipakai	Daya (Watt)	Watt.hour
1 AC 1 Pk	820	2460
1 TV LED	55	220
1 Kulkas	128	3072
5 Lampu LED 13W	45	540

Pada penelitian ini desain sistem PLTS yang dipakai adalah On-Grid dan juga sistem Off-Grid, hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan harga investasi dan biaya bulanan yang harus dikeluarkan apabila diaplikasikan pada rumah yang membayar perbulan kepada PLN. Berikut adalah skema sistem PLTS On-Grid dan Off-Grid:



Gambar 4. Skema On-Grid menurut Permen 49 tahun 2018 [4]



Gambar 5. Skema Off-Grid secara umum

Berdasarkan Gambar 4 dan 5, maka akan ditunjukkan komponen yang akan digunakan di sistem On-Grid dan juga Off-Grid pada tabel pada Tabel 2. Harga tiap komponen didapat dari penjualan yang beredar di pasaran.

Tabel 2. Harga Komponen Sistem On-Grid dan Off-Grid

Komponen	Per pcs	Banyak	Harga
Battery VRLA Luminous 12 V / 200 Ah	Rp4.500.000	6	Rp27.000,00
Solar Panel / Panel Surya STC 300 WP / 24Volt DC	Rp2.300.000	5	Rp11.500,00
Intelligent PWM SCC 30A	Rp160.000	2	Rp320,00
Inverter 3000 Watt	Rp667.000	2	Rp1.334,00
Kabel	Rp500.000	1	Rp500,00
Total			Rp41.654,00

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pemasangan sistem Off-Grid terdapat beberapa hal yang wajib diketahui nilainya terlebih dahulu antara lain adalah.

- Jumlah Wp
- Banyak panel surya yang digunakan
- Kapasitas Baterai(Ah)

- SCC(A)
 - Jumlah Baterai
- Jumlah watt peak(Wp) pada panel surya didapat dengan rumus,

$$\text{Jumlah WP} = \text{Total Daya} / 4.5 \text{ jam} \quad (2)$$

Wattpeak atau disingkat wp adalah satuan yang menyatakan daya produksi tertinggi yang dapat dihasilkan oleh panel surya dengan tingkat penyinaran yang tinggi [10]. Banyaknya panel surya yang digunakan didapat dengan membagi jumlah Wp yang ada pada persamaan dengan 300 Wp, hal ini karena panel surya yang digunakan berkapasitas 300Wp.

Kapasitas Baterai juga didapat dengan persamaan sebagai berikut [11] :

$$C = \frac{\text{Jumlah Hari Otonomi} * \text{Jumlah Energi harian}}{\text{DOD Baterai} * \text{Tegangan Baterai}}$$

Depth of discharge atau DOD adalah jumlah muatan/energi yang dikeluarkan atau dipakai dari baterai. DoD dinyatakan dengan persentase dari kapasitas nominal baterai. DoD 80% artinya bahwa baterai tersebut telah melepaskan muatannya 80% dari 100% ratingnya. Pada kondisi ini baterai tinggal memiliki muatan sekitar 20% yang disebut juga dengan SOC atau *state of charge*.

Pada sistem *stand alone* atau Off-Grid jumlah hari otonom baterai ditentukan berdasarkan jumlah hari dimana baterai tetap dapat menyuplai beban jika modul surya tidak dapat menghasilkan listrik karena tidak mendapatkan radiasi matahari (cuaca mendung atau hujan) [10]

Setelah mendapatkan Kapasitas Baterai pada persamaan tersebut, maka dapat ditentukan jumlah baterai yang akan digunakan dengan cara membagi hasil dari persamaan tersebut adalah 200 Ah. Nilai 200 adalah kapasitas Ah Baterai yang akan digunakan pada sistem panel surya.

Untuk Kapasitas SCC (Solar Charge Controller) ditentukan dengan rumus sebagai berikut [9] :

$$\frac{\text{Jumlah Energi Harian} * \text{Faktor Keamanan}}{\text{Tegangan Sistem}}$$

dimana nilai faktor keamanan ditentukan adalah 1,25 [12]

Selanjutnya keluaran daya dari SCC menjadi masukan untuk Inverter. Inverter merupakan peralatan yang berfungsi sebagai pengubah arus DC menjadi AC. Inverter yang baik, memiliki kemampuan konversi dengan efisiensi yang tinggi

dan memiliki keluaran gelombang sinus yang baik [3]

Untuk Analisis Biaya pada sistem Off-Grid dengan biaya komponen yang terdapat pada Tabel 2, dengan total Rp. 41,654,000 maka dapat dianalisis biaya yang harus dikeluarkan perbulannya selama 10 tahun dimana waktu tersebut adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya total, biaya tersebut didapat dengan perhitungan :

$$Rp \frac{41,654,000}{\frac{12}{10}}$$

Hasil yang didapat adalah Rp347,117, biaya tersebut belum termasuk dengan biaya garansi sistem perbulannya, apabila dikenakan biaya garansi maka hasilnya menjadi Rp694,233. Biaya tersebut dibayarkan perbulannya selama 10 tahun.

Sistem PLTS on-grid atau grid-connected PV system pada dasarnya menggabungkan PLTS dengan jaringan listrik (PLN). Komponen utama sistem ini adalah Power Conditioning Unit (PCU) atau inverter yang berfungsi untuk mengubah daya DC yang dihasilkan PLTS menjadi daya AC yang disesuaikan dengan persyaratan jaringan listrik yang terhubung (utility grid) [13].

Untuk penggunaan pada daerah yang sudah tersedia jaringan listrik (On-Grid), Off-Grid tidak dapat berkembang penggunaannya karena harga energi listriknya jauh lebih mahal dari harga energi listrik PLN [14]

Dari skema dan diagram alir yang digunakan pada penelitian ini maka hasil dan pembahasan untuk kedua sistem yang digunakan pada rumah dengan biaya listrik Rp. 300.000,- per bulan adalah sebesar Rp14,334,000 untuk sistem On-Grid, namun berdasarkan [4] ada komponen tambahan yang didapatkan dari PLN yaitu kwh ekspor-impor.

Pada Sistem On-Grid PLN mempersilahkan pemakai sistem PLTS untuk melakukan kegiatan jual-beli energi kepada PLN tata cara tersebut diatur pada permen 49 tahun 2018 di bab 4 pembangunan dan pemasangan sistem PLTS atap, pasal yang ke 7. Sedangkan untuk perhitungan jual beli listrik diatur juga pada permen yang sama pada bab ke 3 perhitungan ekspor dan impor energi listrik PLTS atap

PLN sebagai perusahaan pengatur tenaga listrik di Indonesia, akan memberikan bayaran listrik sama dengan nilai TDL listrik yang berlaku untuk kategori R1 sampai dengan R3. Perhitungan akan berbeda jika sistem On-Grid dipergunakan untuk kegiatan industri. Selisih antar ekspor dan impor energi listrik

akan diakumulasikan dan diperhitungkan sebagai pengurangan tagihan listrik bulan berikutnya. [15]

Apabila diasumsikan biaya registrasi pembangunan dan pemasangan sistem PLTS atap dengan PLN memakan biaya sebesar Rp800,000 maka total uang yang harus dikeluarkan untuk sistem On-Grid adalah sebesar Rp15,134,000 dimana biaya tersebut masih lebih murah perbulannya untuk dibandingkan dengan Off-Grid. Biaya sistem perbulan dengan jangka waktu 10 tahun yang dibayarkan adalah sebesar Rp126,116,-

4 KESIMPULAN

Makalah ini memaparkan analisis biaya pemakaian sistem on-grid dan off-grid dengan beban listrik Rp. 300.000,- perbulan, dari analisis biaya dan teknis pemakaian sistem Off-Grid mengeluarkan biaya yang lebih besar daripada pemakaian On-Grid perbulannya untuk On-Grid membutuhkan biaya Rp126,116 sedangkan Off-Grid Rp694,233 untuk Off-Grid nilai tersebut sudah termasuk dalam biaya garansi, apabila belum termasuk biaya garansi biaya sistem Off-Grid perbulannya sebesar Rp347,111. Hal ini disebabkan karena biaya garansi baterai pada sistem Off-Grid, baterai secara umum hanya diberikan selama 1 tahun saja sedangkan pada makalah ini baterai yang digunakan berjumlah 6 buah. Maka diasumsikan harus dikenakan biaya perawatan baterai pertahunnya untuk sistem Off-Grid. Untuk penggunaan sistem On-Grid biaya yang dikeluarkan dapat ditekan jika mengikuti skema sharing energi atau perhitungan ekspor dan impor energi listrik PLTS atap yang terdapat pada Permen ESDM no 48 tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Program Strategis EBTKE dan Ketenagalistrikan," *Media Komunikasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*, p. 82, 2016.
- [2] D. Dewan Energi Nasional, "Skenario Kebijakan Energi Nasional Menuju Tahun 2050." 2012.
- [3] A. T. Irawan, T. Indra, and I. W. A. Wijaya, "Perbandingan Penggunaan Motor Dc Dengan Motor Ac Sebagai Penggerak Pompa Air Yang Disuplai Oleh Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," 2013.
- [4] K. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Peraturan Kementerian No. 49 Tahun 2018*. 2018.

- [5] L. Halim and C. F. Naa, *Sistem Pendayaan Energi Listrik pada Rumah Kaca dengan Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. LPPM UNPAR, 2016.
- [6] F. Gonzalez-Longatt, "Model of Photovoltaic Module in Matlab," *II CIBELEC*, pp. 1–5, 2005.
- [7] M. I. Hamid, M. Anwari, Z. Salam, and Taufik, "Load sharing characteristic of single phase PV inverter connected to grid," in *IEEE 2nd International Power and Energy Conference*, 2008, pp. 1672–1676. doi: 10.1109/PECON.2008.4762747.
- [8] S. Nafis, M. Aman, and A. Hadiyono, "Analisis Keekonomian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Sistem Ketenagalistrikan Nias," *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, vol. 14, no. 2, pp. 83–94, 2015.
- [9] M. Archana and Y. C. V. Kondaiah, "Grid Interfacing Inverter of Renewable Energy Sources to Improve the Power Quality in Distribution System," *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 1, no. 5, pp. 411–418, 2012.
- [10] W. D. Ariani and B. Winardi, "Analisis Kapasitas dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Komunal Desa Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara," *Transient*, vol. 3 No.2, no. Juni 2014, p. 158, 2014.
- [11] L. Halim and C. F. Naa, "Desain Sistem Pendayaan Energi Listrik pada Rumah Kaca Pintar dengan Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Resist. Elektron. KEndali Telekomun. Tenaga List. Komput.*, vol. 2, no. 1, p. 43, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.43-50.
- [12] M. Hafidz and S. Sukmajati, "Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW on Grid di Yogyakarta," *J. Energi Kelistrikan*, vol. 7 No. 1, no. Januari-Mei 2015, p. 49, 2015.
- [13] A. A. N. B. B. Nathawibawa, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, "Analisis Produksi Energi dari Inverter pada Grid-connected PLTS 1 MWp di Desa Kayubih Kabupaten Bangli," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 1, pp. 131–140, 2017, doi: 10.24843/mite.1601.18.
- [14] K. Kananda and R. Nazir, "Konsep Pengaturan Aliran Daya Untuk PLTS Tersambung Ke Sistem Grid Pada Rumah Tinggal," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 65–71, 2013, doi: 10.20449/jnte.v2i2.87.
- [15] A. E. Tjundawan and A. Joewono, "Sumber Energi Listrik Dengan Sistem Hybrid (Solar Panel Dan Jaringan Listrik PLN)," *Widya Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 42–53, 2011.