

PERANCANGAN PLTS ATAP ON-GRID RUMAH TINGGAL DI KOTA MAGELANG DENGAN KAPASITAS 0,846 kWp

Andriyatna Agung Kurniawan¹, Ibrahim Nawawi², Bagus Fatkhurrozi³

^{1,2,3}Universitas Tidar, Magelang, Jawa Tengah, Indonesia

¹andriyatna@untidar.ac.id

²ibrahim_nw@untidar.ac.id

³bagusf@untidar.ac.id

Abstract—Rooftop Solar Power Plants (PLTS) can be used as a clean energy solution. This is in line with the government's commitment to achieving net zero emissions. The PLTS Roof designed in this research uses a residential roof with an effective area of 3,845m². The installed rooftop PLTS capacity is 0.846 kWp using monocrystalline solar panels. The electrical energy that this PLTS Rooftop can produce in 1 year is 1,289.69 kWh. The initial investment value obtained is IDR 14,765,000,- with annual maintenance costs of IDR 147,650,-. The designed Rooftop PLTS has a payback period of 8 years and has the potential to reduce carbon gas emissions by as much as 2.33 Kg CO₂ per day..

Keywords—PLTS, solar panels, monocrystalline, emissions.

Intisari—Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap dapat dijadikan sebagai salah satu solusi energi bersih. Hal ini sejalan dengan komitmen pemerintah untuk menuju net zero emission. PLTS Atap yang dirancang pada penelitian ini menggunakan atap rumah tinggal dengan luasan efektif 3,845m². Kapasitas PLTS Atap yang terpasang adalah 0,846 kWp dengan menggunakan panel surya jenis monocrystalline. Energi listrik yang mampu dihasilkan oleh PLTS Atap ini dalam 1 tahun adalah sebesar 1.289,69 kWh. Nilai investasi awal yang diperoleh adalah sebesar Rp 14.765.000,- dengan biaya perawatan pertahun sebesar Rp 147.650,-. PLTS Atap yang dirancang memiliki nilai payback period selama 8 tahun dan berpotensi mengurangi emisi gas karbon sebanyak 2,33 Kg CO₂ perhari.

Kata Kunci—PLTS, panel surya, monocrystalline, emisi.

I. PENDAHULUAN

Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap merupakan program strategis bagi Kementerian ESDM, tidak hanya dari sisi energi, tetapi ingin juga menjadi penggerak dari sisi ekonomi. Kami sedang menyiapkan ekosistem supaya rantai pasok dan pemanfaatannya terjadi di dalam negeri[1]. Program tersebut juga didukung dengan posisi Indonesia yang berada di garis khatulistiwa dengan sinar matahari yang melimpah tiap harinya. Potensi sinar matahari yang dapat dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia rata-rata sebesar 4,8 kWh/m² /hari [2]. Potensi tersebut setara dengan 207.898 MW [2]

PLTS terbagi menjadi dua sistem berdasarkan teknologi yang digunakan, yaitu standalone dan on-grid [3]. Standalone secara harfiah diartikan dapat berdiri sendiri juga bisa disebut off-grid atau tidak tersambung pada jaringan PLN. PLTS off-grid sering dirancang pada

daerah yang terisolasi, pedalaman, atau pulau-pulau yang belum dijangkau oleh jaringan listrik PLN. Sedangkan PLTS on-grid adalah sistem PLTS yang tersambung dengan jaringan PLN.

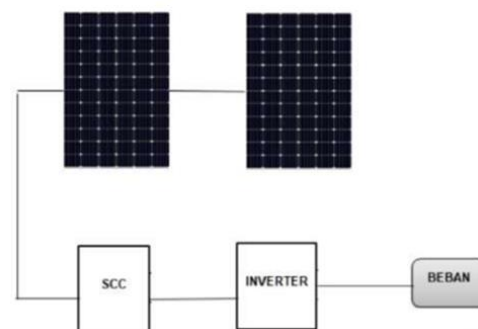
II. LANDASAN TEORI

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang menghasilkan energi listrik dari energi matahari melalui proses fotovoltaik. Listrik yang dihasilkan oleh PLTS memiliki arus searah atau DC (direct current). System pembangkit listrik yang ada saat ini tergolong menjadi tiga jenis, yaitu *On Grid System*, *Off Grid System*, dan *Hybrid System* [4].

A. PLTS On-Grid

PLTS *On-grid* merupakan PLTS yang skema rangkaianannya tersambung dengan rangkaian listrik PLN. Sistem ini dianggap ramah lingkungan karena bebas emisi. Sistem ini juga menjadi salah satu solusi energi bersih bagi masyarakat perkotaan baik perkantoran maupun perumahan yang sekaligus bertujuan mengurangi tagihan rekening listrik dari PLN.

Skema rangkaian PLTS On-Grid dapat dilihat pada Gambar 1.

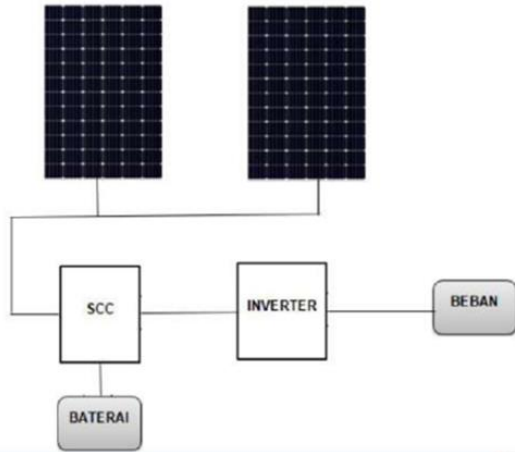


Gambar 1. Skema Rangkaian PLTS On-Grid (sumber: ESDM&USAID)

B. PLTS Off-Grid

PLTS *Off-grid* atau stand-alone merupakan pembangkit listrik tenaga surya yang berdiri sendiri. PLTS ini beroperasi secara mandiri tidak terhubung dengan jaringan PLN. PLTS *Off-grid* hanya bisa disuplai oleh panel surya tanpa ada bantuan dari pembangkit listrik jenis lainnya. Sumber energi PLTS *Off-grid* tergantung hanya dari radiasi yang dihasilkan oleh matahari seutuhnya.

Skema rangkaian PLTS *Off-Grid* dapat dilihat pada Gambar 2.

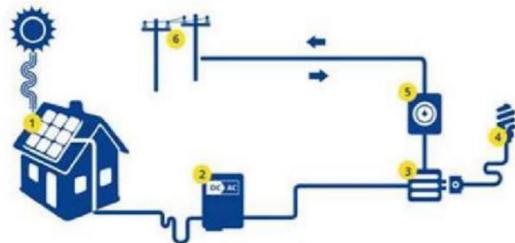


Gambar 2. Skema Rangkaian PLTS Off-Grid (sumber: ESDM&USAID)

C. PLTS Atap

PLTS atap merupakan jenis pembangkit tenaga listrik yang menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang di atap, dinding maupun bagian lain dari bangunan yang berlangganan PLN [5]. PLTS Atap memanfaatkan luasan atap, dinding maupun bagian lain dari sebuah bangunan.

Sistem kerja PLTS atap dapat dilihat pada Gambar 3.



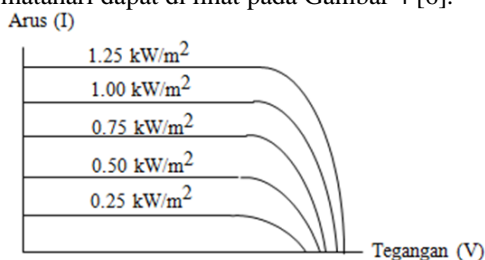
Gambar 3. Sistem Kerja PLTS Atap. (sumber: ESDM & USAID)

D. Faktor Pengaruh Kinerja PLTS

Kinerja PLTS dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Radiasi

Besar kecilnya radiasi matahari berpengaruh terhadap variasi tegangan dan arus. Karakteristik besarnya variasi tegangan dan arus terhadap nilai radiasi matahari dapat dilihat pada Gambar 4 [6].



Gambar 4. Karakteristik Variasi Radiasi Terhadap Tegangan dan Arus (Sumber:ESDM & USAID)

2. Sudut Kemiringan Panel Surya

Pengaturan sudut kemiringan panel surya dapat memaksimalkan penerimaan radiasi matahari ke panel langsung. Panel surya yang terpasang dikhatulistiwa

(lintang= 00) dengan posisi mendatar (tilt angel= 00), dapat menghasilkan energi maksimum [7].

3. Orientasi Panel Surya

Orientasi array panel surya terhadap matahari penting dilakukan, agar array panel surya bisa maksimal menghasilkan energi. Pada lokasi pemasangan yang terletak di belahan bumi utara maka panel surya sebaiknya diorientasikan ke arah selatan. Begitu sebaliknya untuk lokasi yang terletak di belahan bumi selatan maka modul surya diorientasikan ke arah utara [7].

4. Temperatur

Sel surya bekerja secara maksimal saat temperatur sel ada di suhu 25°C. Kenaikan temperatur yang lebih tinggi pada sel surya akan mempengaruhi tegangan keluaran (Voc) menjadi lemah. Setiap kenaikan temperatur sel surya 10°C dari 25°C berimbas pada penurunan 0.4% dari total tenaga yang dihasilkan atau melemah dua kali lipat untuk temperatur sel yang mengalami kenaikan per 10°C [8].

E. Komponen PLTS Atap

Komponen utama PLTS atap meliputi panel surya, inverter, kWh meter ekspor impor, jaringan distribusi listrik PLN dan beban atau peralatan listrik.

1. Panel Surya

Ada tiga jenis panel surya yang dapat digunakan dalam PLTS atap yaitu panel surya monocrystalline, polycrystalline dan thin film. Dari ketiga jenis panel surya tersebut, jenis *monocrystalline* memiliki efisiensi yang paling baik. Pada perancangan ini akan digunakan jenis panel surya *monocrystalline*.

2. Inverter

Inverter merupakan komponen penting yang fungsinya merubah arus searah (DC) hasil dari panel surya menjadi arus bolak-balik (AC). Adapun jenis-jenis inverter yang dapat digunakan di PLTS atap antara lain inverter mandiri (*off-Grid*), inverter *On-Grid*, inverter baterai, *microinverter*, dan *string-inverter*. Pemilihan jenis inverter disesuaikan dengan jenis instalasi PLTS yang dirancang yaitu *On-Grid*.

3. Beban Listrik

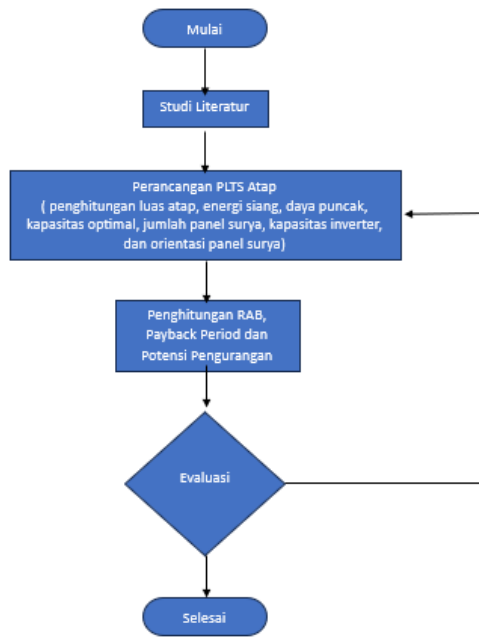
Beban listrik merupakan komponen atau alat yang mengkonsumsi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS maupun bersumber dari PLN. Pada studi kasus rumah tinggal, beban listrik yang membutuhkan energi listrik adalah alat-alat elektronik rumah tangga.

III. METODE PENELITIAN

Berdasar diagram di atas dapat dituliskan Langkah-langkah perancangan PLTS Atap sebagai berikut : Paragraf harus teratur.

- A. Menghitung Luas Atap dan energi Siang Hari
- B. Menghitung Kapasitas Optimal sistem dan Daya Puncak Sistem
- C. Memilih Panel Surya dan Inverter
- D. Menentukan Arah Hadap dan Kemiringan Panel

- E. Menghitung Rencana Anggaran Biaya dan Biaya Perawatan
- F. Menentukan *Payback Period*
- G. Menghitung Potensi Pengurangan Emisi Gas Karbon

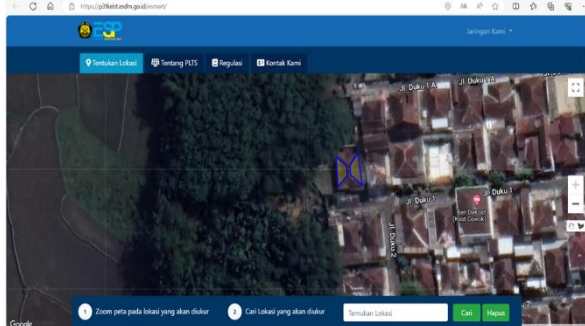


Gambar 5. Alur Penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Menghitung Luas Atap Dan Energi Siang Hari

Luasan atap dapat dihitung menggunakan aplikasi [5]. Lokasi yang digunakan penghitungan luas atap adalah salah satu rumah di Kelurahan Keramat Selatan, Kecamatan Magelang Utara, Kota Magelang. Gambar 6. menunjukkan area penghitungan luas atap yang dapat digunakan untuk PLTS Atap.



Gambar 6. Lokasi Penghitungan Luas Atap.

Berdasar penghitungan luas atap pada aplikasi didapat luasan 47,20 m². Hasil penghitungan luas atap dapat dilihat pada Gambar 7.



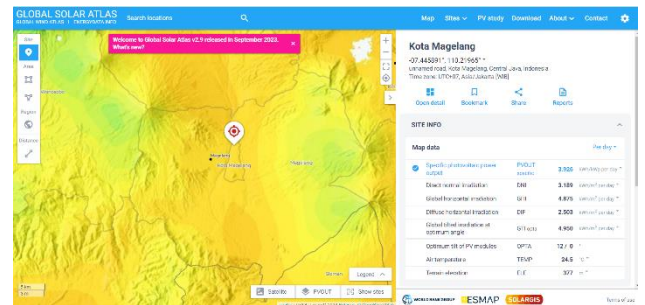
Gambar 7. Hasil penghitungan luas atap.

Energi harian siang yang dihitung adalah jumlah konsumsi energi listrik dalam waktu siang hari dari rumah tinggal yang nantinya akan dipasang PLTS Atap.

Tabel I
Beban Listrik Rata-rata Siang Hari.

No.	Peralatan	Jumlah	Daya Terpasang (watt)	Jam Terpasang siang Hari	Konsumsi Daya(Wh)
1	Mesin cuci	1	185	0,5	92,5
2	Kulkas	1	70	12	840
3	Magic Com	1	Cook 400 Warm 70	11	400
4	Kipas Angin	1	60	6	360
5	Lampu LED	2	5	12	120
6	Charger HP	1	25	3	75
TOTAL					2.657,5

Dari Tabel I dapat dihitung jumlah daya rata-rata harian siang adalah sebesar 2,6575 kWh antara 06.00 – 18.00. Nilai radiasi matahari dapat dihitung menggunakan aplikasi: <https://globalsolaratlas.info>.



Gambar 7. Nilai radiasi berdasar hasil penarikan data pada <https://globalsolaratlas.info>.

Pada Gambar 7. Dapat diambil nilai *global horizontal irradiation* sebesar 4,875kWh/m² perhari, *global tilted irradiation* sebesar 4,950kWh/m² perhari, dan *PV-Out* sebesar 3,926kWh/m² perhari.

B. Menghitung Kapasitas Optimal Sistem dan Daya Puncak Sistem

Kapasitas optimal system PLTS Atap dapat dihitung dari data rata-rata energi harian siang dan nilai *PV-Out* yang diperoleh dari aplikasi.

$$\text{Kapasitas} = \frac{\text{rata-rata Energi Harian Siang}}{\text{PV Out Harian}} \quad (1)$$

Dari persamaan di atas diperoleh nilai Kapasitas (kWp) = 676,897 Wp.

Daya puncak sistem dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Daya Puncak sistem} = \text{kapasitas Optimal} + \text{Kapasitas Optimal} \times \text{rugi-rugi sistem}(\%) \quad (2)$$

Rugi-rugi sistem yang dapat dijadikan acuan hitung sebesar 15% s.d 25%. Rugi-rugi ini berasal dari akumulasi *temperature loss*, *shading loss*, *inverter loss*, *PV tolerance* dan *cable loss*. Berdasar persamaan (2) dapat diperoleh daya puncak PLTS sebesar 846,121 Wp atau setara dengan 0,846 kWp.

C. Memilih Panel Surya dan Inverter

Panel surya yang digunakan dalam perancangan adalah ICASolar ICA100-36M 100Wp *Monocrystalline* dengan efisiensi 22% [9]. Luas area efektif dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Area}(\text{m}^2) = \frac{\text{Daya Puncak Sistem}}{\text{Efisiensi Modul Surya}} \quad (3)$$

Dari persamaan (3) di atas diperoleh luas area aktif sebesar = 3,845 m².

Jumlah panel surya yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{\text{Daya Puncak Sistem PLTS Atap}}{\text{Daya output (kapasitas) per modul}} \quad (4)$$

Dari persamaan di atas diperoleh jumlah panel sebanyak 8,46 buah dibulatkan menjadi 9 buah panel surya.

Besar kapasitas inverter yang digunakan dibatasi dengan maksimal sebesar daya tersambung PLN. Rumah tinggal yang digunakan untuk perancangan terpasang dengan daya PLN 900VA sehingga kapasitas Inverter yang dapat digunakan adalah maksimal 900 Watt. Inverter yang dipilih untuk digunakan pada perancangan adalah Solis Mini (700-3600)-4G. Inverter ini dapat disesuaikan besaran kapasitas dari 700 Watt sampai 3.600 Watt.

D. Menentukan Arah Hadap dan Sudut Kemiringan Panel Surya

Lokasi rencana pemasangan PLTS Atap ada di 7,5^o LS yang berarti posisi berada di Selatan garis Khatulistiwa dengan besaran sudut azimuth 0^o. Derajat kemiringan atap adalah 15^o sehingga derajat kemiringan panel surya dapat ditentukan sebesar 15^o-7,5^o = 7,5^o dari atap dan menghadap ke utara.

E. Menghitung Rencana Anggaran Belanja dan Biaya Perawatan PLTS

Rencana Anggaran Biaya PLTS Atap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel II
Rencana anggaran Biaya (RAB) PLTS Atap.

No	Uraian Pekerjaan	Vol Satuan	Harga	Jumlah Harga
A Komponen Utama				
1	Sistem Modul Surya dan Mounting			

No	Uraian Pekerjaan	Vol Satuan	Harga	Jumlah Harga
	Panel surya ICASolar ICA100-36M 100Wp Monocrystalline	5 Pcs	950.000	4.750.000
	Array mounting dan support	1 Ls	1.150.000	1.150.000
2	Inverter & Controller			
	Inverter Solis-Mini(700-3600)-4G	1 Pcs	4.825.000	4.825.000
	Combiner BOX	1 Pcs	1.395.000	1.395.000
B Komponen Pelengkap				
1	Distribusi daya dan Grounding			
	Kabel Power 12 AWG	12 m	20.000	240.000
	Kabel NYA	25 m	10.000	250.000
	Aksesoris	1 pax	125.000	125.000
	Grounding Sistem	1 LS	350.000	350.000
2	Peralatan Kerja dan Keselamatan Kerja			
	Helm	2 pcs	60.000	120.000
	Sepatu	2 psg	345.000	690.000
	Sarung Tangan	2 psg	20.000	40.000
	Body Harnes	2 pcs	240.000	480.000
C Jasa Pekerjaan				
	Tukang	2 OH	100.000	200.000
	Pekerja	2 OH	75.000	150.000
TOTAL A+B+C				14.765.000

Dari perhitungan RAB diatas diperoleh Investasi Awal sebesar RP 14.765.000,-. Biaya perawatan PLTS atap dalam 1 tahun ditetapkan sebesar 1% dari total Investasi awal sebesar Rp 147.650,-.

F. Payback Period

Penghitungan payback period dilakukan dengan menggunakan data energiproduksi PLTS atap tahunan dan Energi siang hari.

Menghitung energi siang pertahun PLTS atap

$$\text{Energi Siang pertahun} = \text{Kapasitas Panel Surya} \times \text{jumlah Panel} \times \text{iradiasi} \quad (5)$$

Dari persamaan diatas diperoleh nilai energi siang pertahun sebesar 1.289,691 kWh.

Menghitung rupiah energi tahunan diperoleh dari persamaan:

$$\text{Nilai Rupiah Energi pertahun} = \text{Energi Siang pertahun} \times \text{TDL} \quad (6)$$

Dari persamaan di atas diperoleh nilai rupiah energi pertahun sebesar Rp 1.863.216,59.

Payback period dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Nilai Investasi Awal}}{\text{Nilai Rupiah Daya/tahun}} \quad (7)$$

Dari persamaan di atas diperoleh jangka waktu pengembalian investasi dalam kurun waktu 7,92 tahun atau jika dibulatkan menjadi 8 tahun.

G. Potensi Pengurangan Emisi Karbon

Untuk menghitung potensi pengurangan emisi karbon dioksida dapat menggunakan persamaan [10]:

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{EF} \times \text{konsumsi listrik} \times \text{GWP} \quad (8)$$

Dari persamaan di atas diperoleh potensi pengurangan emisi karbon dioksida sebesar 2,33 Kg CO₂ perhari.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini diperoleh perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap *On-Grid* dengan kapasitas daya 0,846 kWp pada bangunan rumah tinggal. Perancangan PLTS Atap sesuai dengan Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia Tahun 2020 yang dibuat oleh kementerian ESDM bekerjasama dengan USAID. Kesimpulan yang diperoleh dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas daya PLTS Atap sebesar 0,846 kWp.
2. Panel surya yang digunakan adalah ICASolar ICA100-36M 100Wp *Monocrystalline* dengan jumlah 9 buah panel.
3. Nilai investasi awal dari PLTS Atap adalah sebesar Rp 14.765.000,- dengan biaya perawatan pertahun sebesar Rp 147.650,-
4. Potensi pengurangan emisi karbon dioksida diperoleh pada angka 2,33 Kg CO₂ perhari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami haturkan sebesar-besarnya kepada Allah SWT, tim reviewer, serta kepada Bapak-Ibu Dosen

Jurusan Teknik Elektro Universitas Tidar yang telah memberikan dukungan atas pembuatan artikel ini.

REFERENSI

- [1] (2023) Website Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi [online]. Available: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2023/01/12/3397/wujud.kom.itmen.energi.bersih.industri.jababeka.gunakan.plts.atap.da.n.bentuk.net.zero.forum>
- [2] Dewan Energi Nasional, *Buku Bauran Energi Nasional* 2020. Jakarta: Dewan energi Nasional Indonesia.2020.
- [3] M. K. Rizkasari, D., Wilopo, W., & Ridwan, 2020. "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung untuk PLTS di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (PUP-ESDM), Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta," J. Appropriate Technol. Community Serv., vol. 1(2), pp. 104–112, 2019, doi: <https://doi.org/10.20885/jattec.vol1.iss2.art7>.
- [4] Surya. 2015. Cara Kerja Panel Surya dalam Menghasilkan Listrik.Available:<https://gosurya.co.id/cara-kerja-panelsurya-dalam-menghasilkan-listrik/>.
- [5] ESDM. 2018. Peraturan Menteri ESDM. Jakarta: Peraturan Menteri ESDM No 49 Tahun 2018.
- [6] ESDM, USAID. Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia. Jakarta: Kementerian ESDM,2020.
- [7] M. Hanif, "Studying Power Output of PV Solar Panels at Different Temperatures and Tilt Angel," Khyber pakhtunkhwa Agric. Univ. Pakistan, 2012.
- [8] Regen Power, *Solar Photovoltaic Power System Handbook Grid Connected*. 2011.
- [9] "Solis-Mini(700-3600)-4G data sheet". Solis. Ginlong. China.
- [10] H. wukandari, "Kajian Emisi Co 2 Berdasarkan Penggunaan Energi Rumah Tangga Sebagai Penyebab Pemanasan Global (Studi Kasus Perumahan Sebantengan, Gedang Asri, Susukan RW 07 Kab. Semarang)," Pros. Semin. Nas. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung. 201, pp. 434–440, 2013.