

Optimalisasi Kapasitas *Rooftop PV System* Skala Rumah Tangga di Perumahan

Riyani Prima Dewi^{1*}, Fadhillah Hazrina², Betti Widianingsih³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Cilacap

^{1, 2, 3}Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: ryanipd@pnc.ac.id¹, fadhillahazrina@pnc.ac.id², bettiwidianingsih@pnc.ac.id³

Info Naskah:

Naskah masuk: 15 Oktober 2021

Direvisi: 17 Januari 2022

Diterima: 24 Januari 2022

Abstrak

Salah satu energi terbarukan yang ada di Indonesia adalah energi surya. Kondisi geografis Indonesia yang merupakan negara tropis menjadi salah satu keuntungan yang dimiliki untuk mengaplikasikan energi surya. Pemerintah Indonesia secara bertahap mengatur sistem residential Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sistem residential diminati karena keuntungannya yang dapat tersambung ke jaringan PLN dan digunakan sebagai *back up* energi. Instalasi PLTS atap baik di gedung-gedung pemerintahan maupun di atap rumah kini menjadi tren yang umum di masyarakat sebagai wujud partisipasi dalam penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT). Sebelum memasang PLTS Atap harus ditentukan terlebih dahulu berapa kapasitas yang akan dipasang. Hal ini berkaitan juga dengan pertanyaan masyarakat, berapa persen kah penghematan listrik jika memasang PLTS atap dirumah. Perancangan dan perhitungan ini umumnya dilakukan dengan bantuan simulasi. Untuk membahas permasalahan tersebut, pada artikel ini akan dibahas suatu simulasi mengenai potensi energi listrik yang terbangkitkan dari PLTS atap di perumahan Green Smart Living Cilacap. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SolarGIS PV. Perhitungan analitik dilakukan perangkat lunak berdasarkan input lokasi wilayah dan nilai iradiasi matahari. SolarGis akan menghitung daya output harian yang dihasilkan PLTS atap dan rata-rata daya bulanan dan tahunan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa satu rumah dengan kebutuhan energi harian sebesar 13 kWh dengan memasang PLTS atap dengan kapasitas 3 kWp maka kebutuhan energi listrik yang diimport dari jaringan PLN ke rumah hanya sebesar 7,8% dalam satu tahun.

Keywords:

renewable energy;
photovoltaic;
rooftop pv system;
solar gis pv.

Abstract

One of the renewable energies in Indonesia is solar energy. The geographical condition of Indonesia, which is a tropical country, is one of the advantages it has for applying solar energy. The Indonesian government is gradually regulating the population system for Solar Power Plants (PLTS). The resident system is in demand because of the advantage that it can be connected to the PLN grid and used as an energy reserve. The installation of rooftop PLTS both in government buildings and on the roofs of houses has now become a common trend in the community as a form of participation in the use of New and Renewable Energy (EBT). Before installing PLTS Roofs, it is necessary to determine in advance how much capacity will be installed. This is also related to the community's question, what is the percentage of electricity costs if PLTS roofs are installed in bulk. These designs and calculations are generally carried out with the help of simulations. To discuss these problems, in this article, we will discuss a simulation of the potential for electrical energy generated from rooftop solar power plants in Cilacap Green Smart Living housing. The simulation was carried out with the help of the SolarGIS PV lunar device. Analytical calculations are carried out by software based on input of regional location and solar irradiation. SolarGis will calculate the daily output power generated by the rooftop PV mini-grid and the average monthly and yearly power. The simulation results show that one house with a daily energy requirement of 13 kWh by installing a rooftop PLTS with a capacity of 3 kWp, the demand for electrical energy imported from the PLN network to the house is only 7.8% in one year.

*Penulis korespondensi:

Riyani Prima Dewi

E-mail: ryanipdewi@gmail.com

1. Pendahuluan

Energi baru terbarukan atau yang biasa disingkat menjadi EBT kini menjadi alternatif pilihan yang banyak diminati terutama untuk pembangkitan listrik[1][2]. Di Indonesia penggunaan EBT untuk pembangkitan listrik sudah beberapa kali diatur dalam kebijakan-kebijakan demi peningkatan penggunaannya. Peningkatan EBT sebagai bauran energi nasional ditargetkan sebesar 23% pada tahun 2025[3]. Salah satu energi terbarukan yang ada di Indonesia adalah energi surya. Kondisi geografis Indonesia yang merupakan negara tropis menjadi salah satu keuntungan yang dimiliki untuk mengaplikasikan energi surya. Energi surya adalah energi yang bersumber dari radiasi. Energi radiasi ini dapat digunakan langsung sebagai sumber pembangkit energi listrik dengan melalui suatu teknologi yang disebut photovoltaic (PV)[4][5][6] atau biasa disebut sel surya. Energi surya yang dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS. Kini perkembangan pengaplikasian PLTS sudah sangat banyak, mulai dari pemanfaatan listrik dari PLTS untuk daerah-daerah yang tidak terjangkau PLN[7][8], pengaplikasian di fasilitas-fasilitas publik seperti kebutuhan penerangan jalan umum (PJU)[9], laboratorium[10], bahkan dikembangkan sampai ke peralatan-peralatan elektronik yang berbasis *Internet of Things* (IoT)[11][12].

Pemerintah Indonesia secara bertahap mengatur sistem residential PLTS. Sistem residential diminati karena keuntungannya yang dapat tersambung ke jaringan PLN dan digunakan sebagai *back up* energi. Kebijakan ini diatur dalam Lampiran 1 Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional[13] yang berisi “memberlakukan kewajiban pemanfaatan sel surya minimum sebesar 30% dari luas atap untuk seluruh gedung pemerintah”, kemudian “memberlakukan kewajiban pemanfaatan sel surya minimum sebesar 25% dari luas atap (*rooftop*) bangunan rumah mewah, kompleks perumahan, apartemen, kompleks melalui Izin Mendirikan Bangunan (IMB)”. Dalam kebijakan lainnya yaitu Kebijakan teknis yang digunakan sebagai landasan pemanfaatan energi surya diatur melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No.49 tahun 2018, jo. Permen ESDM No.13 tahun 2019, jo. Permen ESDM No.16 tahun 2019, tentang penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya atap oleh pelanggan PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero[14][15]. Pasal 5 kebijakan ini berisi aturan bahwa kapasitas sistem PLTS Atap yang boleh dipasang adalah paling tinggi 100% dari kapasitas PLN yang terpasang, dan kapasitas ini berdasarkan pada kapasitas total inverter. Selanjutnya dalam pasal 6 diatur pula penggunaan kWh meter *export import* dengan kWh *export* sebesar 65%.

Sebelum tahap implementasi PLTS dilakukan terlebih dahulu tahap perencanaan yang meliputi pencarian data potensi lama penyinaran matahari di lokasi yang akan dibangun sistem PLTS. Selain itu perlu diketahui pula besarnya instalasi dengan mempertimbangkan bahwa daya output sistem PLTS akan sangat bergantung pada kama penyinaran matahari di lokasi dimana PLTS akan dibangun[16]. Untuk dapat memperkirakan unjuk kinerja

dari PLTS yang dibangun maka dilakukan perhitungan dengan simulasi computer. Simulasi ini bertujuan untuk meminimalkan komponen serta instalasi PLTS [2] dan juga untuk mengoptimalkan kebutuhan daya listrik yang dihasilkan. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membahas tentang simulasi sistem PLTS.

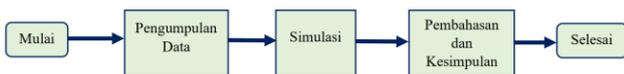
Ramadhan dkk[17] mensimulasikan sistem PLTS untuk instalasi di atap gedung Hartanto Universitas Trisakti. Dari data total area sebesar 855 m² dengan menggunakan panel surya 300 Wp sebanyak 312 buah, daya output tahunan yang dihasilkan sebesar 131.232,1 kWh. Sedangkan di Yogyakarta, penelitian tentang simulasi potensi PLTS di atap gedung dilakukan oleh Rizkasari dkk[18]. Ada 3 bangunan dan gedung yang menjadi objek dalam penelitian ini yang menurut penulis berpotensi untuk dijadikan tempat instalasi yaitu gedung dinas pekerjaan umum, perumahan, dan gedung energi sumber daya mineral di DIY. Simulasi energi keluaran PLTS atap dilakukan dengan bantuan *software* HelioScope. Hasil simulasi menunjukkan beberapa lokasi optimal dari *fotovoltaik*. Total potensi daya output yang dihasilkan dari simulasi adalah 73.484,5 kWh/tahun dan mampu menyuplai kebutuhan daya listrik Dinas PUP-ESDM sebesar 74,42 %. Untuk penelitian instalasi PLTS atap skala rumah, Taro dkk meneliti dari segi biaya instalasi nya[19]. Untuk satu rumah yang konsumsi hariannya berkisar 1300 Watt, membutuhkan insalasi 2 panel surya berkapasitas masing-masing sebesar 250 WP, dilengkapi dengan 2 baterai masing-masing 10 Ah, perangkat control, dan inverter. Dengan biaya awal instalasi sekitar 15 juta rupiah, biaya investasi ini akan Kembali dalam waktu 1 tahun dengan asumsi masa umur rata-rata komponen PLTS adalah 20 tahun. Penghematan biaya listrik sekitar Rp. 100.000 per bulan atau setara dengan Rp 22.800.000 per-masa umur instalasi PLTS atap.

Perumahan Green Smart Living yang beralamat di jl Bisma, Gumilir, Cilacap Utara, Kabupaten Cilacap adalah salah satu perumahan yang masih dalam rencana pembangunan. Di perumahan ini akan dibangun 32 rumah tinggal dengan 3 jenis tipe rumah yaitu tipe 45, tipe 50, dan tipe 70. Perumahan Green Smart Living juga mengusung konsep *renewable energy* dimana rumah tipe 50 dan tipe 70 yang di bangun nantinya akan dilengkapi dengan PLTS Atap. Sebelum memasang PLTS Atap harus ditentukan terlebih dahulu berapa kapasitas yang akan dipasang. Biasanya pelanggan atau calon pembeli rumah akan bertanya, berapa persen kah penghematan listrik jika memasang PLTS atap dirumah. Maka diperlukan suatu analisis perhitungan daya keluaran PLTS atap terhadap konsumsi listrik pelanggan. Perancangan dan perhitungan ini umumnya dilakukan dengan bantuan simulasi. Untuk membahas permasalahan tersebut, pada artikel ini akan dibahas suatu simulasi mengenai potensi energi listrik yang terbangkitkan dari PLTS atap di perumahan Green Smart Living Cilacap. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SolarGIS PV. Perhitungan analitik dilakukan perangkat lunak berdasarkan input lokasi wilayah dan nilai iradiasi matahari. SolarGis akan menghitung daya output harian yang dihasilkan PLTS atap dan rata-rata daya bulanan dan tahunan. Artikel ini juga akan membahas

mengenai potensi energi listrik yang terbangkitkan dari PLTS atap di perumahan Green Smart Living Cilacap. Jumlah energi total yang bisa dibangkitkan oleh PLTS adalah hasil simulasi PLTS atap yang dipengaruhi oleh jenis panel surya dan inverter yang digunakan. Dalam artikel ini juga dijelaskan kapasitas optimum sistem PLTS *on-grid* untuk suatu rumah tinggal dan kaitannya dengan *export import* energi listrik dengan PLN sesuai peraturan yang berlaku.

2. Metode

Langkah-langkah dalam penelitian ini dijelaskan dalam *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 1. Langkah pertama adalah pengumpulan data. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu lokasi perumahan, data iklim berupa radiasi matahari, lama penyinaran, dan temperatur rata-rata di lokasi yang terpilih, dan data kebutuhan listrik harian satu rumah tangga. Data-data tersebut diperoleh dengan berbagai metode mulai dari permohonan pengambilan data sekunder ke lembaga terkait dan survei langsung. Tahapan berikutnya adalah melakukan simulasi perhitungan potensi energi listrik dari PLTS atap. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *solaGIS PV*. Simulasi metode numerik dijalankan oleh *software* menggunakan data iklim yang ada dari stasiun pengukuran cuaca terdekat dengan lokasi penelitian. Simulasi ini dilakukan untuk menghitung pemanfaatan PLTS atap untuk kebutuhan rumah tinggal dan mengoptimalkan kapasitasnya. Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah pembahasan hasil dan penarikan kesimpulan. Hasil dari simulasi ini akan dibahas, diantaranya pembahasan mengenai potensi energi PLTS atap, perbandingan antara konsumsi daya listrik dengan daya keluaran PLTS, dan perbandingan energi listrik tahunan antara konsumsi dan produksi yang nantinya berkaitan dengan sistem *export import* energi listrik dengan PLN sesuai peraturan yang berlaku.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

2.1 Lokasi dan Data Iklim

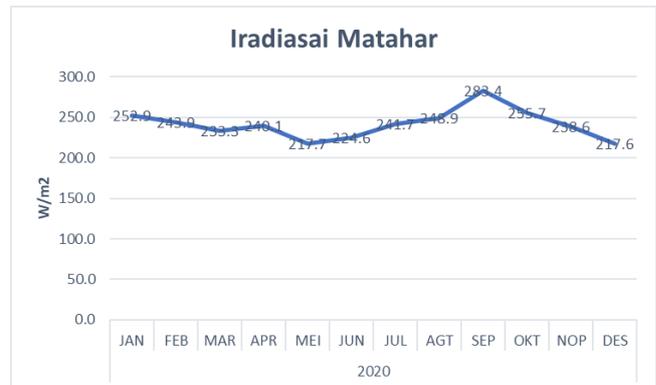
Lokasi yang akan dibangun perumahan Green Smart Living Cilacap ditunjukkan oleh tanda panah merah pada Gambar 2. Koordinat perumahan Green Smart Living Cilacap terletak pada -7,69' lintang selatan dan 109,05' bujur timur. Di perumahan ini akan dibangun 32 rumah tinggal sesuai *layout* pada Gambar 3. dengan 3 jenis tipe rumah yaitu tipe 45, tipe 50, dan tipe 70. Perumahan Green Smart Living juga mengusung konsep *renewable energy* dimana rumah tipe 50 dan tipe 70 yang di bangun akan dilengkapi dengan PLTS Atap.



Gambar 2. Lokasi Perumahan Green Smart Living

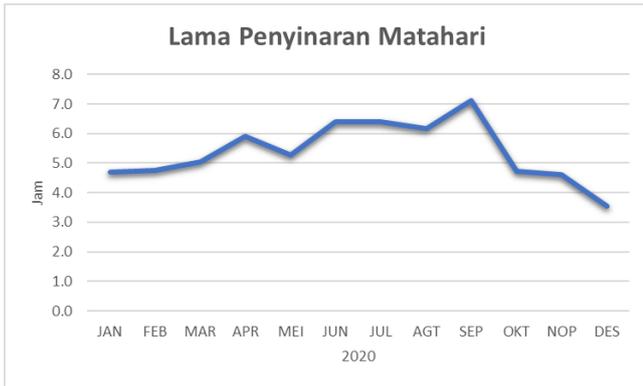


Gambar 3. Layout Site Plan Perumahan Green Smart Living

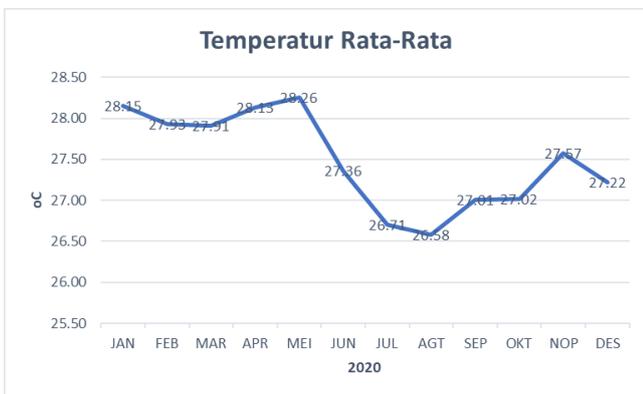


Gambar 4. Grafik Nilai Iradiasai Matahari Kabupaten Cilacap [BMKG]

Data parameter iklim yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari stasiun BMKG Cilacap diantaranya data besar iradiasi matahari (kWh/m²), temperatur rata-rata (°C), dan lama penyinaran matahari (jam). Data yang diperoleh adalah data rata-rata dalam 1 tahun terakhir yaitu tahun 2020. Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6. menunjukkan data iklim kabupaten Cilacap.



Gambar 5. Grafik Nilai Lama Penyinaran Matahari Kabupaten Brebes [BMKG]



Gambar 6. Grafik Nilai Temperatur Rata-Rata Kabupaten Cilacap [BMKG]

2.2 Asumsi Kebutuhan Listrik Harian

Rumah tinggal tipe 50 dan tipe 70 di Perumahan Green Smart Living memiliki daya listrik PLN sebesar 2,2 kVA. Kebutuhan listrik perhari untuk 1 rumah di perumahan Green Smart Living diasumsikan sebesar 13 kWh per hari. Data ini berdasarkan survey rata-rata penggunaan komponen elektronik per-hari konsumen PLN dengan daya 2,2 kVA di lingkungan sekitar perumahan. Penggunaan dan rincian peralatan listrik, rata-rata lama pemakaian, serta perkiraan kebutuhan energinya dalam studi kasus ini ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Asumsi Kebutuhan Listrik Harian Ruamh Tipe 50 Dan Tipe 70 Perumahan Green Smart Living Berdasarkan Survey

Peralatan Elektronik	Jumlah	Daya (W)	Lama Pemakaian rata-rata (jam)	Energi perhari (kWh)
AC	2	400	8	6,40
Lampu	12	10	8	0,96
Kulkas	1	80	24	1,92
Rice Cooker	1	300	4	1,20
TV	1	100	5	0,50
Mesin Cuci	1	500	1	0,50
Elektronik lainnya	-	-	-	0,92
Total				13,20

2.3 Simulasi PLTS Atap

Sistem PLTS dalam penelitian ini dikerjakan dan dianalisis menggunakan perangkat lunak Solar GIS PV.

Tabel 2. Parameter input simulasi

Parameter	Input
Site name	Gumilir
Coordinates	-07° 68' S, 109° 03' E
Elevation	2 m
Temperature	26.3° C
PV System	Small Residential
Azimuth of PV Panel	0°
Tilt od PV Panel	12°
Type modules	c-Si - crystalline silicon (mono or polycrystalline)
Installed Capacity	3 kWp
DC/AC losses	5.5% / 1.5%
Avaibility	97%

Simulasi metode numerik dijalankan oleh software menggunakan data iklim yang ada dari stasiun pengukuran cuaca terdekat dengan lokasi penelitian. Simulasi ini dilakukan untuk menghitung pemanfaatan PLTS atap untuk kebutuhan rumah pada Tabel 1. dan mengoptimalkan kapasitasnya. Pengoptimalan ini akan dibahas dalam kajian yang berkaitan dengan Permen ESDM No.49 Tahun 2019, khusus nya tentang *export import* listrik dari PLTS Atap. Parameter input yang digunakan dalam simulasi sistem PLTS Atap tertera pada Tabel 2.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Potensi Energi Surya

Cilacap merupakan kabupaten terluas di Jawa Tengah yang wilayahnya lengkap dari daerah pegunungan sampai daerah pesisir pantai. Kecamatan Cilacap utara berada di pusat kota Cilacap yang merupakan daerah pesisir pantai. Dari data stasiun meteorologi di Tunggul Wulung di Gambar 5 dapat kita ketahui bahwa sinar matahari selalu ada setiap tahun di Cilacap. Lama penyinaran matahari efektif di Cilacap yang diukur dari pukul 8.00 WIB pagi sampai pukul 16.00 WIB sore paling lama adalah 7 jam dan tersingkat adalah 3,5 jam. Waktu terlama ini terjadi di bulan September sementara yang paling singkat adalah di bulan Desember yang merupakan musim penghujan. Nilai iradiasi matahari di Cilacap dapat kita lihat pada gambar 4.3 diatas 200 W/m². Nilai rata-rata tertinggi ada pada bulan September sebesar 283,4 W/m² dan terendah di bulan desember sebesar 217,6 W/m², dengan temperatur rata-rata di wilayah Cilacap berkisar antara 26 – 28° C.

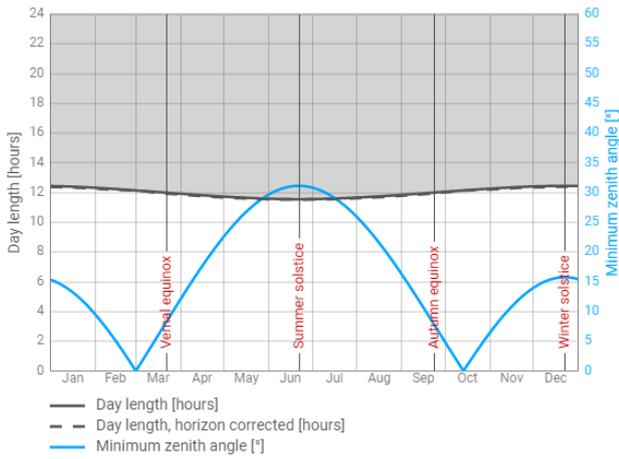
Setelah dilakukan simulasi diketahui bahwa radiasi matahari global (ditunjukkan oleh Gambar 7.) pada permukaan datar di Cilacap berkisar antara 2,5 kWh/hari.m² sampai 4,6 kWh/hari.m² dengan rata-rata 3,6 kWh/hari.m² dengan nilai sudut zenith minimum 0° dan maksimum 30°. Nilai radiasi global sepanjang tahun di Cilacap ditampilkan oleh Gambar 8. Nilai radiasi maksimum ada di bulan Agustus dan nilai minimum ada di bulan Desember. Umumnya nilai radiasi bergantung pada musim. Bulan-bulan pada musim kemarau memiliki nilai

radiasai lebih besar daripada bulan pada musim hujan. Pada tahun 2020 sampai sekarang, lamanya musim kemarau dan hujan tidak terprediksi pasti. Perbedaan musim ini mempengaruhi lamanya penyinaran matahari dan juga nilai radiasai matahari yang akan mempengaruhi energi keluaran dari PLTS. Perbedaan dan pergantian musim pada bulan-bulan sepanjang tahun tidak termasuk dalam cakupan pembahasan dalam penelitian ini.

normal adalah sekitar 1.400Watt dengan kebutuhan yang paling besar adalah untuk penggunaan AC (50% dari total kebutuhan).

Pada penelitian ini untuk keperluan PLTS *on grid*, *inverter* dengan sistem meteran listrik PLN *export import* menggunakan kapasitas *inverter* 3000 Watt, kemudian sistem PLTS dengan kapasitas 3000Wp atau 3 kWp disimulasikan. Pada kondisi cuaca cerah, potensi energi surya di Cilacap sebagai mana telah dibahas sebelumnya mencapai rata-rata 3,6 kWh/hari.m2. Simulasi dan ekstrapolasi intensitas energi surya di Cilacap dan prediksi energi keluaran sistem PLTS dengan kapasitas 3 kWp dilakukan untuk mendapatkan gambaran pola daya sel surya dalam satu hari. Dalam keadaan ideal, perbandingan antara energi keluaran dari PLTS Atap kapasitas 3 kWp terhadap konsumsi listrik harian suatu rumah dapat dilihat pada Gambar 10. Jika dilihat pada grafik energi listrik dari PLTS Atap pada pukul 8 pagi sampai pukul 17. 15 sore melebihi energi listrik yang diperlukan rumah. Di rentang waktu ini energi listrik PLTS akan di *export* ke jaringan PLN serta tercatat sebagai energi *export*. Sedangkan untuk pukul jam 7.15 sore hingga pukul 8.00 pagi hari selanjutnya, energi listrik keluaran dari PLTS sangat sedikit bahkan menunjukkan nilai sampai nol pada malam hari karena memang di malam hari tidak ada cahaya matahari, akan tetapi jika kita lihat grafik kebutuhan energi listrik menunjukkan nilai maksimum pada rentang waktu tersebut.

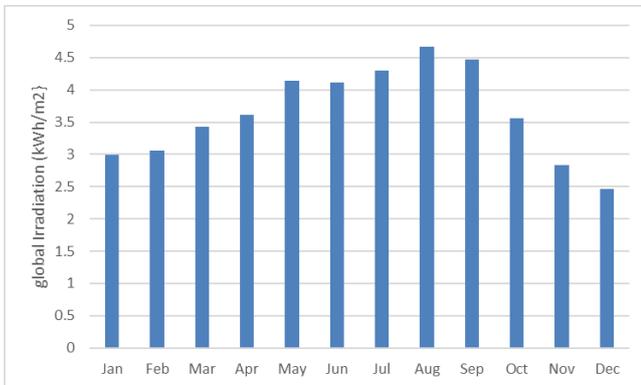
Day length and solar zenith angle



Gumilir

© 2021 Solargis

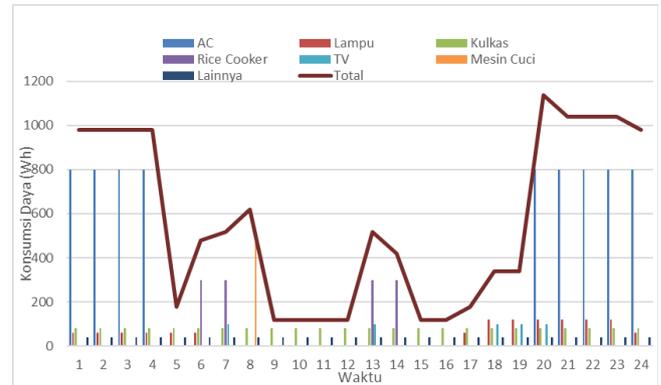
Gambar 7. Minimum Solar Zenith Angle Dan Lamanya Matahari Bersinar di Cilacap [Solargis]



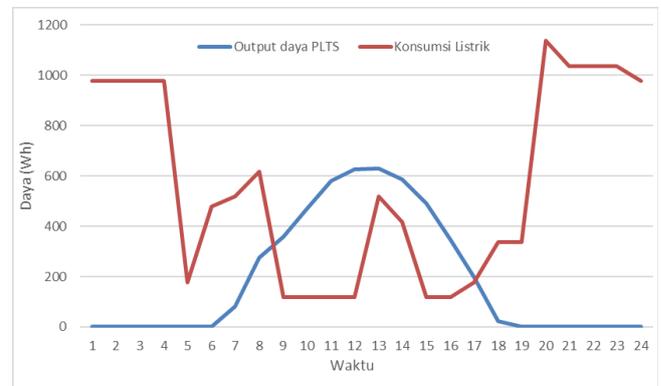
Gambar 8. Nilai Radiasi Matahari Global [Solargis]

3.2 Perbandingan Konsumsi Energi Listrik dengan Energi Keluaran PLTS Atap

Berdasarkan tipe rumah dan asumsi kebutuhan listrik yang tertera ada Tabel 1, pola penggunaan daya listrik selama 24 jam ditunjukkan oleh Gambar 9. Daya terbesar yang dikonsumsi terjadi setelah pukul 17.00 hingga pukul 08.00 pagi. Hal ini umum, karena pada rentang waktu tersebut aktivitas di rumah mulai dilakukan dan beberapa peralatan listrik dengan daya besar mulai digunakan, misalnya AC. Sementara dari pukul 07.00 sampai pukul 17.00 konsumsi energinya rendah, karena peralatan-peralatan listrik yang dihidupkan hanya beberapa peralatan yang membutuhkan daya secara kontinyu, misalnya kulkas dan beberapa peralatan elektronik lainnya. Dari grafik dapat diketahui bahwa kebutuhan daya maksimum pada kondisi



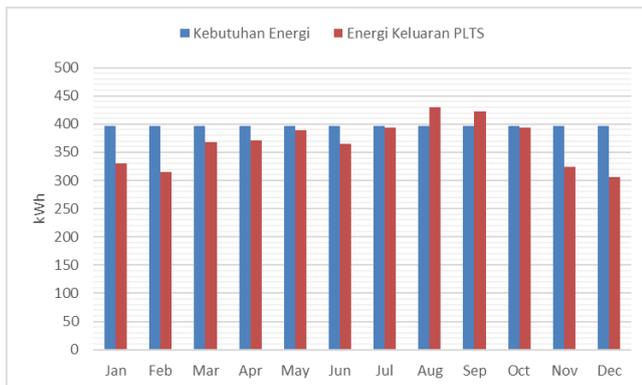
Gambar 9. Gambaran Pola Penggunaan Daya Listrik Harian Selama 24 Jam



Gambar 10. Perbandingan Konsumsi Listrik Harian Terhadap Daya Keluaran PLTS Atap

Pada kondisi ini energi listrik yang diperlukan rumah mengambil dari jaringan PLN. Pada sistem hitungan kWh meter berdasarkan peraturan, tagihan listrik selama satu bulan merupakan selisih antara total *export* daya listrik serta *import* daya listrik dalam rentang satu bulan tersebut. Pada keadaan ideal seperti yang ditunjukkan oleh gambar 10. dimana total daya dari PLTS atap kapasitas 3 kWh setelah disimulasikan hasilnya sama dengan kebutuhan listrik satu rumah dalam sehari. Secara matematis hasil ini bisa dibuktikan, dengan menghitung luasan wilayah dibawah kurva penggunaan energi listrik serta kurva energi keluaran PLTS atap sepanjang 24 jam nilainya sama.

Daya keluaran dari sel surya dipengaruhi oleh beberapa aspek seperti iklim dan cuaca. kedua parameter tersebut telah di masukkan dalam simulasi sehingga diharapkan bahwa hasil dari simulasi bisa mendekati keadaan sesungguhnya. Simulasi sangat bermanfaat guna mengenali perkiraan awal terhadap istem PLTS sebelum membangun sistem yang sesungguhnya. hasil yang baik dari suatu perkiraan awal sebelum pembangunan sistem akan mempengaruhi nilai perkiraan investasi.



Gambar 11. Perbandingan Total Kebutuhan Energi Listrik Terhadap Energi Keluaran PLTS Atap

Gambar 11. menunjukkan perbandingan antara Energi listrik yang dibangkitkan PLTS atap dengan kapasitas 3 kWp terhadap kebutuhan listrik satu rumah dalam satu bulan. Dari grafik dapat diketahui bahwa untuk bulan Agustus serta September, daya output sistem PLTS jauh lebih besar daripada daya listrik yang dibutuhkan oleh rumah. Sedangkan, pada bulan Oktober hingga Juli kebutuhan daya listrik melebihi daya yang dibangkitkan oleh sistem PLTS. Dalam satu tahun sistem PLTS atap kapasitas 3 kWp yang disimulasikan dapat menghasilkan total daya output sebesar 4408 kWh. Sedangkan daya yang dibutuhkan satu rumah dalam setahun sebesar 4752 kWh, sekitar 7, 8% lebih besar dari daya output sistem PLTS.

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan, dan dengan menggunakan asumsi konsumsi listrik harian satu rumah maka dapat disimpulkan bahwa satu rumah dengan kebutuhan energi harian sebesar 13 kWh memerlukan PLTS atap dengan kapasitas 3 kWp. Berdasarkan aturan PLTS atap yang saat ini berlaku, nilai surplus daya listrik export ke PLN hanya sebesar 0.65% dari tarif daya importnya. Dengan memasang PLTS atap maka

pengeluaran untuk biaya listrik bisa dihemat. Pada simulasi total daya output sistem PLTS atap dalam setahun. Daya output terbesar pada bulan Agustus dan paling kecil adalah pada bulan Desember. Hasil simulasi ini juga menunjukkan bahwa dengan memasang sistem PLTS atap berkapasitas 3 kWp maka kebutuhan energi listrik yang diimport dari jaringan ke rumah hanya sebesar 7,8% dalam satu tahun.

Daftar Pustaka

- [1] P. C. Lewis, "Global Market," *Encycl. Gov.*, 2012, doi: 10.4135/9781412952613.n215.
- [2] A. J. Veldhuis and A. H. M. E. Reinders, "Reviewing the potential and cost-effectiveness of grid-connected solar PV in Indonesia on a provincial level," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 27, pp. 315–324, 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.06.010.
- [3] K. ESDM, *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*. 2016.
- [4] J. Sommerfeld, L. Buys, and D. Vine, "Residential consumers' experiences in the adoption and use of solar PV," *Energy Policy*, vol. 105, no. February, pp. 10–16, 2017, doi: 10.1016/j.enpol.2017.02.021.
- [5] A. K. Shukla, K. Sudhakar, and P. Baredar, "Simulation and performance analysis of 110 kWp grid-connected photovoltaic system for residential building in India: A comparative analysis of various PV technology," *Energy Reports*, vol. 2, pp. 82–88, 2016, doi: 10.1016/j.egy.2016.04.001.
- [6] E. Tarigan, Djuwari, and F. D. Kartikasari, "Techno-economic Simulation of a Grid-connected PV System Design as Specifically Applied to Residential in Surabaya, Indonesia," *Energy Procedia*, vol. 65, no. December, pp. 90–99, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.01.038.
- [7] R. Rachchh, M. Kumar, and B. Tripathi, "Solar photovoltaic system design optimization by shading analysis to maximize energy generation from limited urban area," *Energy Convers. Manag.*, vol. 115, pp. 244–252, 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2016.02.059.
- [8] A. Purwadi, A. Rizqiawan, R. Fachrizal, and N. Heryana, "Modeling of 1.6 kWp single-phase grid-connected photovoltaic system," *Proc. - 5th Int. Conf. Electr. Eng. Informatics Bridg. Knowl. between Acad. Ind. Community, ICEEI 2015*, pp. 552–557, 2015, doi: 10.1109/ICEEI.2015.7352561.
- [9] A. Purwadi, Y. Haroen, Farianza Yahya Ali, N. Heryana, D. Nurafiat, and A. Assegaf, "Prototype development of a Low Cost data logger for PV based LED Street Lighting System," *Proc. 2011 Int. Conf. Electr. Eng. Informatics, ICEEI 2011*, no. July, pp. 11–15, 2011, doi: 10.1109/ICEEI.2011.6021693.
- [10] H. R. Iskandar, E. Darmawan, Y. B. Zainal, G. Angga Setia, N. Winanti, and F. Haz, "Design of Solar Power Plant for Electrical Engineering Department Laboratory," *Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain. Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019*, no. October, pp. 145–150, 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011041.
- [11] A. Lopez-Vargas, M. Fuentes, and M. Vivar, "IoT Application for Real-Time Monitoring of Solar Home Systems Based on Arduino™ with 3G Connectivity," *IEEE Sens. J.*, vol. 19, no. 2, pp. 679–691, 2019, doi: 10.1109/JSEN.2018.2876635.
- [12] H. R. Iskandar, S. Sambasri, D. I. Saputra, N. Heryana, A. Purwadi, and Marsudiono, "IoT Application for On-line Monitoring of 1 kWp Photovoltaic System Based on NodeMCU ESP8266 and Android Application," *Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain.*

- Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019*, no. October, 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011154.
- [13] Perpres, *Lampiran 1 Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional*. Jakarta, 2017.
- [14] Permen, *Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Thn 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT. PLN (Persero)*. Jakarta, 2018.
- [15] Permen, “Kapabilitas Pembangkit Tenaga Listrik untuk Kepentingan Sendiri yang Dilaksanakan Berdasarkan Izin Operasi,” *Ber. Negara Republik Indones.*, vol. 1019, pp. 1–10, 2019.
- [16] P. Redweik, C. Catita, and M. Brito, “Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape,” *Sol. Energy*, vol. 97, pp. 332–341, 2013, doi: 10.1016/j.solener.2013.08.036.
- [17] Ramadhan S.G, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti,” in *Seminar Nasional Cendekiawan*, 2016, pp. 1–11.
- [18] D. Rizkasari, W. Wilopo, and M. K. Ridwan, “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, no. 2, pp. 104–112, 2020, doi: 10.20885/jattec.vol1.iss2.art7.
- [19] Z. Taro, “JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering) Analisis Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Skala Rumah Tangga Analysis of Household Scale Solar Power Plant Roof Costs,” *Jesce*, vol. 3, no. 2, p. 2020, 2020, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>.