

Simulasi optimalisasi kapasitas pembangkit listrik tenaga surya pada atap gedung

Samsurizal Samsurizal¹, Rio Afrianda², dan Andi Makkulau¹

¹Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN, ²Teknologi Listrik, Institut Teknologi PLN

Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Jakarta Barat, Indonesia

email: samsurizal@itpln.ac.id

Abstrak: DKI Jakarta merupakan salah satu daerah perkotaan yang padat penduduk dan memiliki bangunan yang padat sehingga pemanfaatan atap bangunan dapat digunakan sebagai sumber energi. Salah satu gedung yang dapat menerapkan pemanfaatan energi terbarukan yaitu gedung administrasi di PT. PJB Unit Pembangkit Muara Karang. Pada gedung tersebut telah dibangun, namun pemasangannya belum optimal dikarenakan luasan pemasangan modul surya kecil sehingga kapasitas yang dihasilkan kecil pula, sementara potensi lokasi yang ada sangat luas. Oleh karena itu, perlu dikaji sejauh mana optimalisasi kapasitas pembangkit listrik tenaga surya pada atap gedung. Dari penelitian yang sudah dilakukan didapat hasil perlu dipasang modul surya sejumlah 143 modul panel surya, dengan kapasitas yang dihasilkan saat terpasang sebesar 42.900 wp dan didapatkan pula potensi energi yang dihasilkan sebesar 93.951 kWh/tahun atau sama dengan mampu menyuplai kebutuhan energi pada di gedung tersebut sebesar 75,11% dan rata-rata produksi harian sebesar 36,27 kWh. Agar potensi energi yang dihasilkan maksimal, perlu optimalisasi potensi dan besarnya luas atap pada gedung. Energi yang dihasilkan dapat semaksimal mungkin di manfaatkan sebagai energi listrik yang pada akhirnya dapat mengurangi beban biaya pemakaian energi listrik.

Kata kunci: *optimalisasi, PLTS Atap, energi surya, kapasitas energi*

Optimization of solar power plant capacity on the roof of the building

Abstract: DKI Jakarta is one of the densely populated urban areas and has dense buildings so that the use of building roofs can be used as a source of energy. One of the buildings that can implement the utilization of renewable energy is the administration building in PT. PJB Muara Karang Power Plant Unit. In the building has been built, but the installation is not optimal because the installation area of small solar modules so that the resulting capacity is small, while the potential of the existing location is very wide. Therefore, it is necessary to examine the extent of optimization of solar power plant capacity on the roof of the building. From the research that has been done obtained the results of the need to install solar modules a number of 143 solar panel modules, with the capacity produced when installed by 42,900 wp and also obtained the potential of energy produced by 93,951 kWh / year, or the same as being able to supply energy needs in the building by 75.11 % and average daily production of 36.27 kWh. In order for the maximum energy potential to be optimized the potential and the size of the roof area in the building. The energy produced can be utilized as electricity that can ultimately reduce the cost of electricity consumption.

Keywords: *optimization, rooftop power plant, solar energy, energy capacity*

PENDAHULUAN

Tingkat kebutuhan energi yang semakin tinggi inilah yang dibutuhkan untuk industri, komersial, domestik, pertanian, dan penggunaan transportasi. Dimana kebutuhan energi yang ada saat ini, sebagian besar terpenuhi oleh energi bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam (Statistik PLN 2018, 2019). Sehingga tingkat persediaan energi yang ada saat ini semakin berkurang. Hal tersebut membutuhkan inovasi baru atau energi alternatif sebagai sumber daya yang tak terbatas, untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat di masa yang akan datang (Duffie, 2008).

Kita sadar Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat baik; rata-rata 4,80 kWh/m²/hari (Hasan, Mahlia, & Nur, 2012). Seiring dengan berkembangnya teknologi konversi energi surya menjadi energi listrik serta menurunnya biaya peralatan yang diperlukan, potensi energi surya nasional menjadi hal yang layak dan terus didorong pemanfaatannya di Indonesia (Statistik Ketenagalistrikan 2018, 2019).

Indonesia sebagai negara tropis yang berada di sepanjang katulistiwa dikaruniai sumberdaya energi matahari yang besar sepanjang tahun. Berdasarkan data yang dihimpun oleh BPPT dan BMG diketahui bahwa intensitas radiasi matahari di Indonesia berkisar antara 2,5 hingga 5,7 kWh/m². Beberapa wilayah Indonesia, seperti: Lampung, Jawa Tengah, Sulawesi Tengah, Papua, Bali, NTB, dan NTT mempunyai intensitas radiasi di atas 5 kWh/m². Sedangkan di Jawa Barat, khususnya di Bogor dan Bandung mempunyai intensitas radiasi sekitar 2 kWh/m² dan untuk wilayah Indonesia lainnya besarnya rata-rata intensitas radiasi adalah sekitar 4 kWh/m².

Pemerintah telah memberikan kesempatan bagi perusahaan energi surya sebagai pembangkit listrik melalui mekanisme kuota kapasitas dan penetapan harga patokan tertinggi sebesar US\$25 sen perkilowatt *hours* (kWh) melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 17 Tahun 2013 tentang Pembelian Tenaga Listrik oleh PT PLN dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik (Statistik Ketenagalistrikan 2018, 2019).

Memperhatikan kondisi tersebut di atas, pemerintah perlu mendorong pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi di bangunan-bangunan perkantoran yang hampir seluruhnya menggunakan listrik dari jaringan PLN sehingga dapat menekan penggunaan bahan bakar minyak dan penurunan emisi CO₂.

Pemanfaatan energi terbarukan yang cocok untuk perkantoran adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan menggunakan modul surya fotovoltaik yang dipasang di atap bangunan (*rooftop*). PLTS *rooftop* merupakan solusi yang handal bagi penyediaan energi di gedung-gedung perkantoran karena mayoritas gedung perkantoran menggunakan listrik pada siang hari atau jam kerja pasalnya biaya pengadaan listrik yang lebih murah dari diesel ataupun bahan bakar minyak (BBM). Selain itu, perawatan dan pengoperasiannya juga mudah namun dampaknya signifikan untuk mengurangi polusi dan efek rumah kaca. Pertumbuhan dalam pemanfaatan energi listrik yang meningkat di kota besar tidak diimbangi dengan ketersediaan energi yang handal dan murah. Salah satu sektor yang menggunakan energi listrik cukup besar adalah gedung perkantoran. Besarnya penggunaan energi listrik berbanding lurus dengan biaya yang harus dikeluarkan. Diperlukan alternatif sumber energi lain yang lebih murah dan handal untuk mengurangi besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk energi listrik.

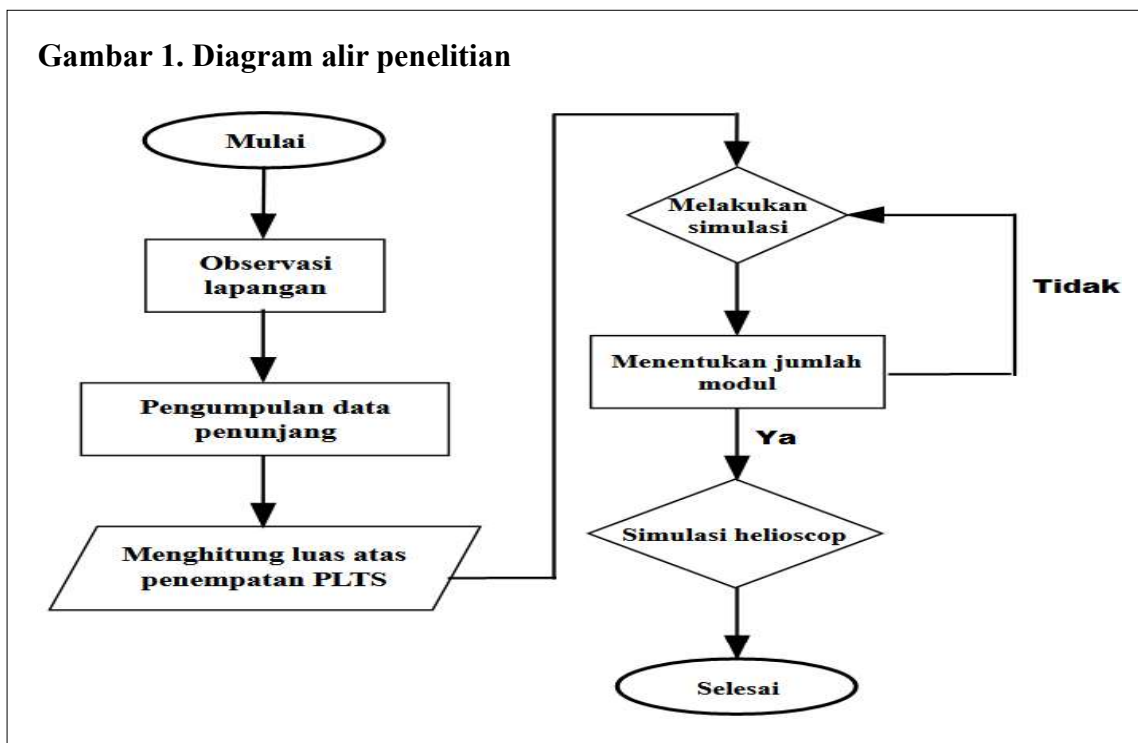
Untuk menentukan berapa kapasitas PLTS yang diperlukan, perlu diperhatikan jumlah produksi energi yang diinginkan. Sebagai contoh, misal jika PLTS *rooftop* ini diimplementasikan di gedung Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE)

dengan profil beban konsumsi energi harian adalah sebesar 3,2 megawatt hour (MWh). Jika digunakan asumsi 7% dari energi listrik yang diperlukan dan *load factor* 0,6; diperoleh kapasitas sistem sebesar 133 kWp. Dengan luasan per kWp 7 m²; maka luasan yang diperlukan untuk sistem 132,96 kWp adalah sekitar 931 m². Dengan harga PLTS Rp 28 juta per kWp (rata-rata *rooftop residential*); diperlukan biaya sekitar Rp 3,76 miliar. Dengan asumsi pengurangan emisi CO² sebesar 0,891 kg/kWh, dalam satu tahun akan diperoleh penurunan emisi 172 ton CO².

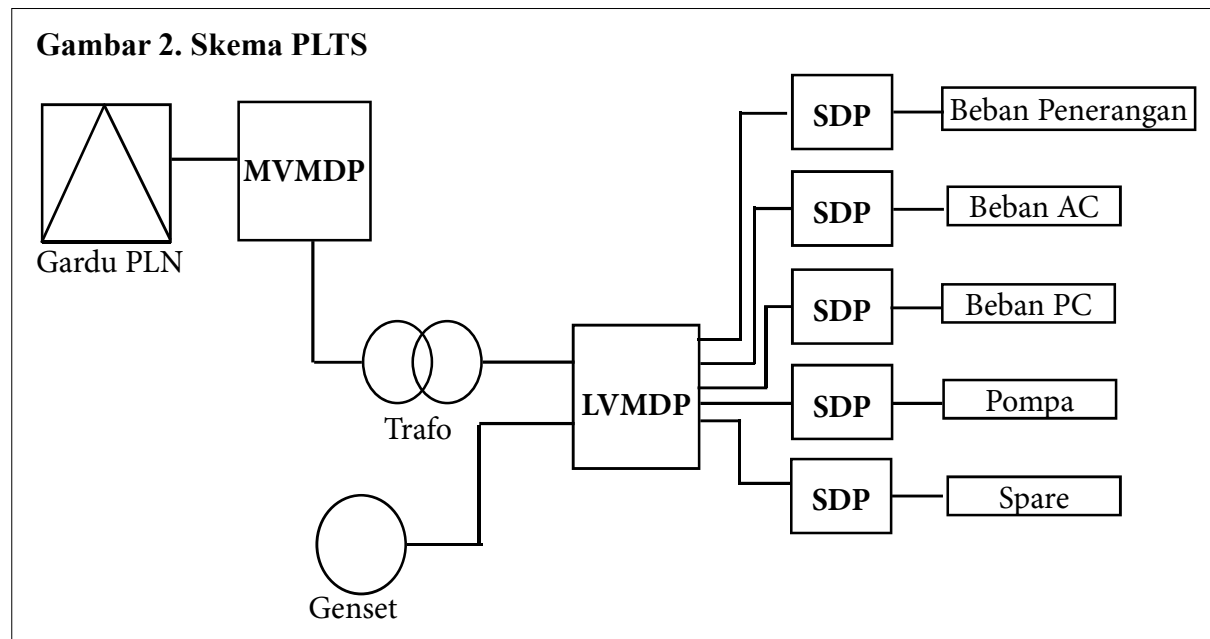
DKI Jakarta merupakan salah satu daerah perkotaan yang padat penduduk dan memiliki bangunan yang padat sehingga pemanfaatan atap bangunan dapat digunakan sebagai PLTS untuk sumber daya energi. Salah satu gedung yang dapat menerapkan pemanfaatan energi terbarukan yaitu gedung administrasi di PT. PJB Unit Pembangkit Muara Karang. Pada gedung tersebut telah dibangun, namun pemasangannya belum optimal dikarenakan luasan pemasangan modul surya kecil sehingga kapasitas yang dihasilkan kecil pula, sementara potensi lokasi yang akan ada sangat luas. Oleh karena itu, perlu optimalisasi pemanfaatannya agar kapasitas yang dihasilkan dapat optimum dari PLTS atap jika dikembangkan pada gedung administrasi tersebut.

METODE

Metode dan Formula. Gambar 1 menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan penulis. Dimulai dengan pengumpulan data dan menganalisis optensi kapasistas energi surya yang dihasilkan secara optimum pada atap gedung administrasi. Sebelum simulasi dan analisis, peneliti terlebih dahulu menganalisis kebutuhan energi listrik pada gedung tersebut. Setelah analisis kebutuhan listrik dilanjutkan dengan perancangan kebutuhan listrik dilakukan dengan perancangan desain *system on grid pv* agar optimum sehingga diperoleh kapasitas yang sesuai dengan luas pada atap gedung serta mengetahui hasil produksi energi yang diperoleh.



Sistem Desain. Secara garis besar desain sistem berisikan data beban energi listrik per hari (kWh), lokasi didasarkan berupa map, dan biaya komponen yang dipakai serta spesifikasinya. Pada Gambar 2 menunjukkan desain sistem instalasi energi listrik yang telah dibuat menggunakan komponen panel surya, baterai, dan inverter yang ditujukan untuk menyediakan energi. Data beban dimasukkan pada satu hari, data spesifikasi dari inverter yang dibutuhkan, data baterai dimasukkan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan, dan data panel surya merupakan data yang telah dibuat pada aplikasi *online HelioScope*. Panel surya berfungsi sebagai masukan DC yang tersambung ke baterai dan tegangan pada baterai diubah menjadi tegangan AC oleh inverter diteruskan pada beban listrik.



Profil Beban. Daya listrik yang digunakan di gedung administrasi berasal dari dua sumber yaitu PLN dan genset. Daya listrik dari PLN akan MVMDP dan akan menuju trafo. Selanjutnya, aliran listrik dari trafo dan genset akan disalurkan menuju LVMDP dan kemudian disalurkan ke masing-masing SDP. Dari SDP kemudian disalurkan ke masing-masing beban. Kosumsi Energi gedung administrasi selama tahun 2020 dapat dilihat pada Gambar 3.



Spesifikasi Sistem. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi sistem pv yang digunakan pada penelitian ini. Termasuk komponen yang digunakan di antaranya inverter, PV, dan komponen lainnya.

Tabel 1. Spesifikasi panel

Modul Type	JKM 300P	
	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	300 Wp	221 Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	36.6 V	33.7 V
Maximum Power Current (Imp)	8.20 A	6.56 A
Open-circuit Voltage (Voc)	45.3	42.3
Short-circuit Current (Isc)	8.84 V	7.16 V
Module Efficiency STC	15.46 %	
Nominal operatingcell temperature (NOCT)	45 °C	
Irradiance	100 W/m ²	800 W/m ²

Pemilihan inverter disesuaikan dengan kapasitas dari kerja inverter yang mendekati kapasitas terpasang PLTS. Inverter yang digunakan yaitu inverter jenis Sunny Tripower. Inverter ini memiliki produksi energi yang efisiensinya tinggi, fleksibilitas desain yang baik, dan kompatibilitas dengan banyak modul surya. Adapun spesifikasi inverter yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

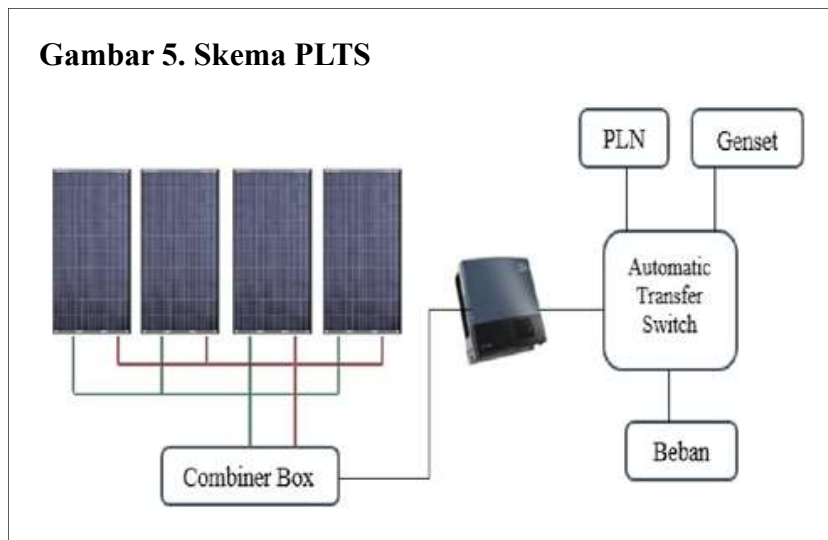
Tabel 2. Spesifikasi inverter

Karakteristik	Spesifikasi Sunny Tripower
Max. DC power	18000 Wp
Max. Input voltage	1000V
MPP voltage range/rated input voltage	440 V 800V/580
Min. Input voltage/initial input voltage	150 V / 188 V
Max. Input current per string input A/input B	18A / 10A
Rated power (@ 230 V, 50 Hz)	12000 W
Max. apparent AC power	6000 Va
Max. effeciency	98%

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian kali ini terletak pada latitude -6.11081223506 S dan logitude 106.782901004 T. lokasi atap Gedung ditunjukkan pada Gambar 4. Pada penelitian ini modul surya akan disusun secara seri dan paralel sebelum dihubungkan ke inverter, diagram alir dari PLTS ditunjukkan pada Gambar 5.

Luas atap gedung 175 m². Dengan menyesuaikan bentuk atap, maka dapat ditentukan pula banyaknya modul surya yang akan dipasang sesuai dengan luas atap yang tersedia pada atap gedung. Jumlah kebutuhan modul surya ditunjukkan pada Tabel 3.



Tabel 3. Jumlah modul surya yang dapat dipasang pada atap gedung

Keterangan	Jumlah
Inverter (unit)	3
Kapasitas (W)	18.000
Jumlah modul (Unit)	143
Kapasitas (Wp)	300
Kapasitas Terpasang (Wp)	42.900

Dengan menggunakan alat bantu berupa *software*, maka dari simulasi yang dilakukan dengan menggunakan data meteorologi didapatkan potensi radiasi matahari sebesar 4.77 kWh/m²/Hari. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan kapasitas terpasang sebesar 42.900 wp

dengan waktu penyinaran optimal setiap hari (hours) sebesar 6 jam. Total kapasitas terpasang sebesar 93.951 wp. Daya ini tidak melebihi kapasitas jaringan (PLN).

Setelah mengetahui jumlah modul, inverter, dan potensi daya terpasang, langkah selanjutnya dengan mengetahui produksi energi yang dapat dihasilkan dari atap gedung secara real dengan mencatat produksi listrik harian dari PLTS yang sudah terpasang di gedung administrasi yaitu sebesar 36.27 kWh/hari. Total produksi listrik sebesar 13.238,55 kWh/Tahun.

SIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan potensi energi surya pada atap gedung dengan memaksimalkan potensi besarnya luas atap dapat dipasang sejumlah 143 modul panel surya, dengan kapasitas yang dihasilkan saat terpasang sebesar 42.900 wp dan didapatkan pula potensi energi yang dihasilkan sebesar 93.951 kWh/tahun, atau sama dengan mampu menyuplai kebutuhan energi pada di gedung tersebut sebesar 75,11 % dan rata-rata produksi harian sebesar 36,27 kWh. Dengan optimalisasi potensi dan besarnya luas atap pada gedung energi yang dihasilkan dapat semaksimal mungkin di manfaatkan sebagai energi listrik yang pada akhirnya dapat mengurangi beban biaya pemakaian energi listrik

DAFTAR PUSTAKA

- Duffie, A. W., & Beckman, W. A. (2008). *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley & Sons.
- Hasan, M. H., Mahlia, T. M. I., & Nur, H. (2012). A review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2316-2328.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019). *Statistik ketenagalistrikan 2018*. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Perusahaan Listrik Negara (PLN). (2019). *Statistik PLN 2018*. Perusahaan Listrik Negara.