

Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45

Andri Prasetyo Nugroho, Daniel Kurniawan

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45

Corresponding author. email : andri.prasetyo.n@up45.ac.id

Abstrak

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), pengembangan tenaga surya sebagai energi listrik diproyeksikan mencapai 6,5 GW pada tahun 2025 dan 45 GW pada tahun 2050 setara dengan 22% dari total potensi tenaga surya yakni sebesar 207,9 GW. Proyeksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) cukup optimis untuk diimplementasikan mengingat tren investasi dan harga listrik dari PLTS global semakin terjangkau. Universitas Proklamasi 45 berkomitmen untuk mengaplikasikan PLTS secara mandiri. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan atap bangunan sebagai lahan PLTS terinterkoneksi yang sering disebut PLTS rooftop on-grid atau grid-connected. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung potensi energi listrik dan kontribusi dalam penurunan emisi CO₂ dari PLTS rooftop di Gedung Muhammad Hatta, Universitas Proklamasi 45. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode simulasi sistem dengan software PVsyst. Berdasarkan hasil simulasi sistem, potensi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS rooftop grid-connected setiap tahunnya terhitung sebesar 31.172 kWh atau 31,172 MWh, dengan rincian per kWp-nya adalah 1528 kWh/kWp/tahun. Selanjutnya, kontribusi penurunan emisi CO₂ dari implementasi PLTS dengan produksi energi listrik sebesar 31,17 MWh/tahun selama 30 tahun adalah 576,3 tCO₂ atau setara dengan 83,96% dari total emisi CO₂ pada pembangkit listrik lainnya.

Kata kunci: PLTS rooftop, UP 45, simulasi, CO₂

Abstract

Based on the Presidential Regulation of the Republic of Indonesia number 22 of 2017 concerning the General National Energy Plan, the development of solar power as electrical energy is projected to reach 6,5 GW in 2025 and 45 GW in 2050, equivalent to 22% of the total solar power potential of 207,9 GW. Projections of Solar Power Plants are quite optimistic to be implemented considering the investment trend and the price of electricity from the global solar power plants is increasingly affordable. Universitas Proklamasi 45 is committed to applying solar power plants independently. One of the efforts made is to use the roof of the building as an interconnected solar power plant which is often called rooftop solar power plant on-grid or grid-connected. The purpose of this study was to calculate the potential for electrical energy and its contribution to reducing CO₂ emissions from rooftop solar power plants at Muhammad Hatta Building, Universitas Proklamasi 45. The method used in this study is a system simulation method with PVsyst software. Based on the results of the system simulation, the potential for electrical energy generated by rooftop grid-connected solar power plant each year is 31172 kWh or 31,172 MWh, with details per kWp of 1528 kWh/kWp/year. Furthermore, the contribution of reducing CO₂ emissions from the implementation of solar power plants with electricity production of 31,17 MWh/year for 30 years is 576,3 tCO₂ or equivalent to 83,96% of the total CO₂ emissions in other power plants.

Keywords: rooftop PLTS, UP 45, simulation, CO₂

I. Pendahuluan

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), disampaikan bahwa pengembangan tenaga surya untuk tenaga listrik diproyeksikan sebesar 6,5 GW pada tahun 2025 dan 45 GW pada tahun 2050 atau 22% dari potensi surya sebesar 207,9 GW. Proyeksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) cukup optimis mengingat tren investasi dan harga listrik dari PLTS global semakin murah dari waktu ke waktu, seiring dengan kemajuan teknologi.

Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE) tahun 2020, disebutkan juga bahwa penambahan kapasitas terpasang PLTS pada Triwulan I-III Tahun 2020 yaitu 13,61 MWp, dengan rincian PLTS Atap 11,68 MWp (pelanggan PLN) dan PLTS ground mounted 1,93 MWp (PLN). Pada Triwulan IV, terdapat tambahan kapasitas PLTS Atap sebesar 3,61 MWp. Sehingga total tambahan kapasitas PLTS pada tahun 2020 adalah sebesar 17,22 MWp. PLTS *ground mounted* dengan kapasitas 2,33 MWp merupakan PLTS

Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45

yang dibangun oleh PLN. PLTS tersebut merupakan bagian dari PLTS program Listrik Desa di Nusa Tenggara Timur dan Jawa Timur yang ditargetkan beroperasi pada tahun 2019-2020.

Untuk mencapai target pemanfaatan tenaga surya sebagai tenaga listrik yang telah ditetapkan pemerintah maka perlu peran serta berbagai pihak, tidak terkecuali perguruan tinggi. Selain dalam bidang penelitian PLTS, perguruan tinggi yang membangun PLTS dapat menjadi contoh terpercaya bagi masyarakat, sehingga dapat menjadi salah satu faktor untuk mengakselerasi peningkatan PLTS di Indonesia. Universitas Proklamasi 45 sebagai salah satu perguruan tinggi yang *concern* terhadap pembangunan bidang energi berkomitmen berperan serta dalam pengembangan energi baru terbarukan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah akan memanfaatkan atap bangunan untuk PLTS terinterkoneksi atau PLTS *rooftop on-grid* atau *grid-connected*.

PLTS *rooftop grid-connected* mempunyai beberapa manfaat antara lain, tersedianya ruang untuk struktur pemasangan modul surya, tersedia jaringan distribusi (Merta dkk., 2019), dapat mengurangi tagihan listrik rumah tangga atau perkantoran (Putra, 2015; Rizkasari dkk., 2020). PLTS juga mempunyai dampak lingkungan yang

rendah dibandingkan dengan pembangkit listrik berbasis batu bara maupun energi baru terbarukan

lainnya (Hernandez dkk., 2014). Emisi CO₂ merupakan salah satu indikator dampak lingkungan suatu pembangkit listrik. PLTS dapat dapat berkontribusi dalam menurunkan emisi CO₂ (Sims dkk., 2003; Masson dkk., 2014; Dey dan Subudhi, 2020), mengurangi emisi CO₂ sebesar 79,69% (Sulistiawati dan Yuwono, 2019).

Perhitungan potensi PLTS *rooftop* dapat dilakukan dengan berbagai macam pendekatan dan bantuan perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah PVsyst versi 7.2.6. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung potensi energi listrik dan kontribusi penurunan emisi CO₂ dari PLTS *rooftop* di Gedung Muhammad Hatta, Universitas Proklamasi.

II. Metodologi

1. Penentuan Lokasi

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah menentukan lokasi dan posisi pemasangan modul surya dengan mempertimbangkan ketersediaan luas atap dan meminimalkan gangguan tangkapan cahaya matahari. Berdasarkan pertimbangan dan hasil perhitungan luas atap Gedung Muhammad Hatta yang dapat dipasang modul surya adalah 116 m², sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

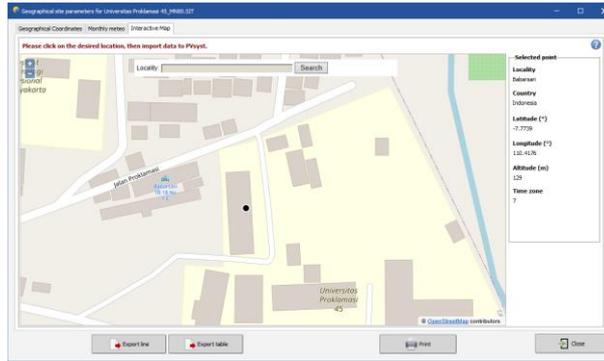


Gambar 1. Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45 dan Rencana Lokasi Pemasangan Modul Surya Fotovoltaik (Warna Biru)

2. Parameter Geografis

Parameter geografis dapat ditentukan dengan memasukkan koordinat lokasi atau dengan memilih lokasi pada peta. Ketepatan koordinat geografi akan mempengaruhi data meteorologi yang dihasilkan, terutama data iradiasi matahari

sebagai salah satu parameter untuk simulasi lebih lanjut. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45 terletak pada koordinat 7,7739° LS dan 110,4176° BT.

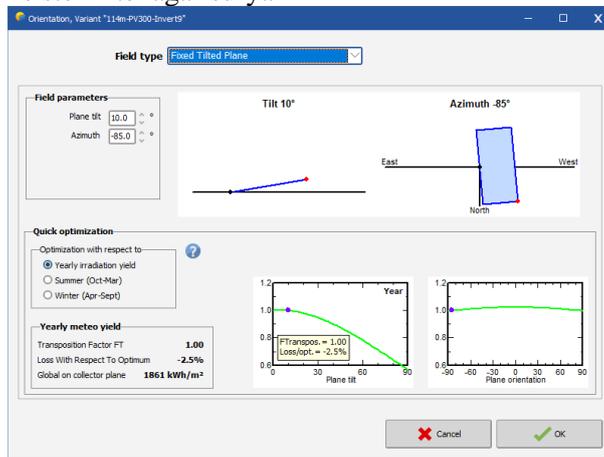


Gambar 2. Parameter Geografis Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45

3. Parameter Orientasi

Orientasi modul fotovoltaik, dalam hal ini adalah sudut kemiringan dan azimuth modul fotovoltaik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan sistem tenaga surya

fotovoltaik untuk menangkap sumber energi surya. Sudut azimuth merupakan sudut arah modul surya terhadap arah utara atau arah selatan. Sudut kemiringan dan azimuth yang dimasukkan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

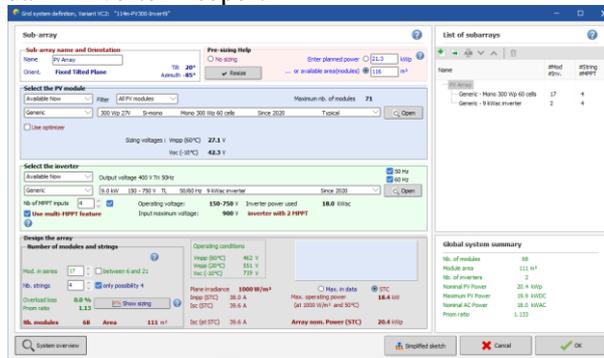


Gambar 3. Parameter Orientasi

4. Parameter Sistem

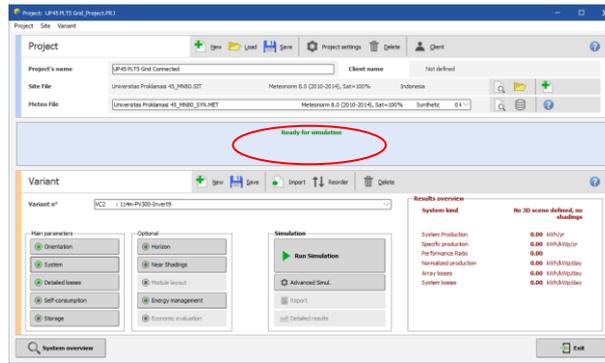
Pemilihan modul surya fotovoltaik dan inverter merupakan langkah yang perlu dilakukan dalam parameter sistem ini. Pada penelitian ini modul yang digunakan jenis Si-monocrystalline dengan spesifikasi 300 Wp, 27 V, dan 60 sel. Pemilihan modul surya dan inverter seperti

ditunjukkan pada Gambar 4. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, apabila semua parameter telah dimasukkan atau dipilih dan sudah memenuhi ketentuan simulasi maka akan muncul pemberitahuan bahwa simulasi siap dijalankan.



Gambar 4. Parameter Sistem

Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45



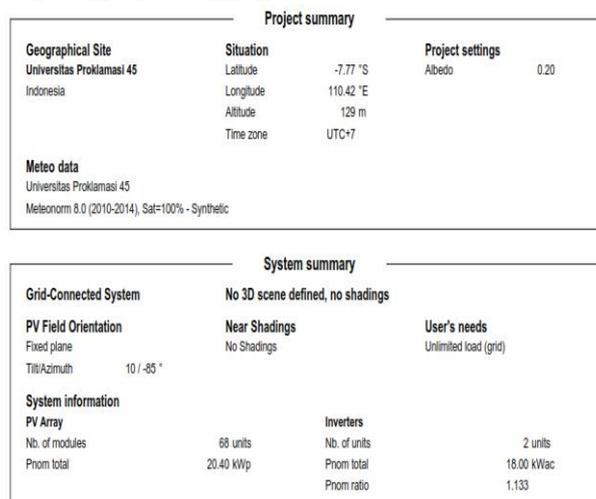
Gambar 5. Tampilan Jendela Simulasi Siap Dijalankan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

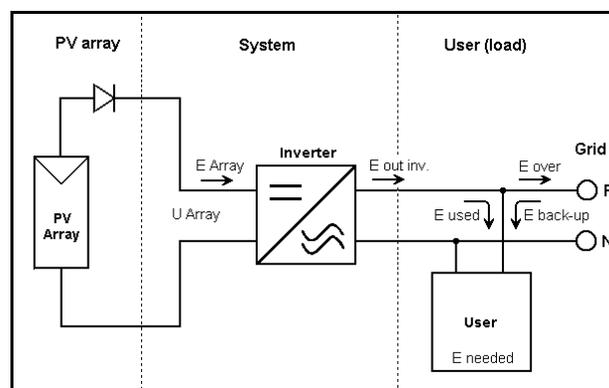
3.1. Gambaran Umum Sistem

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh gambaran umum sistem PLTS *rooftop grid-connected* di gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Jumlah

inverter yang dipasang sebanyak 2 unit, dan modul surya fotovoltaik sebanyak 68 unit dengan total daya puncak adalah 20,40 kWp. Luas atap yang dibutuhkan untuk pemasangan modul surya tersebut adalah 111 m², luas tersebut masih dapat dicukupi karena luas atap yang tersedia di gedung Mohammad Hatta adalah 116 m².



Gambar 6. Ringkasan Simulasi Sistem PLTS di Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45



Gambar 7. Skema Sederhana Sistem PLTS di Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45

Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 7, Sistem PLTS di Gedung Mohammad Hatta,

Universitas Proklamasi 45 yang disimulasikan ini termasuk jenis PLTS *grid-connected* yaitu pembangkitan listriknya beroperasi paralel dengan jaringan distribusi yang telah disuplai pembangkit lainnya (jaringan listrik PLN) dan dapat beroperasi tanpa baterai. Beberapa manfaat yang diperoleh adalah dapat berbagi beban atau mengurangi beban pembangkit lainnya yang terhubung pada jaringan yang sama (ICED, 2018), selain itu dapat mengurangi tagihan listrik rumah tangga atau perkantoran (Putra, 2015; Rizkasari dkk., 2020).

3.2. Potensi Energi Listrik

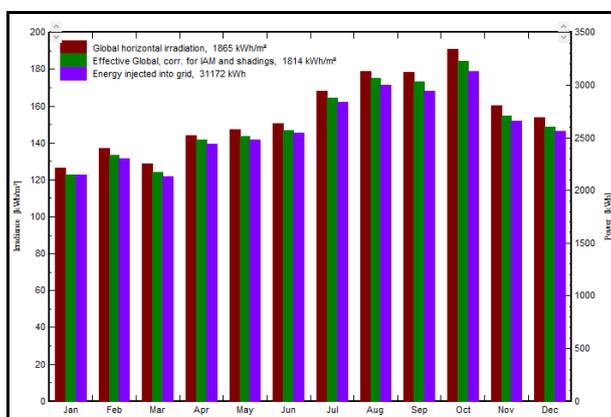
Sebagaimana ditunjukkan Tabel 1, potensi energi listrik yang dapat dihasilkan sistem PLTS *rooftop grid-connected* kapasitas 20,40 kWp di Gedung Mohammad Hatta adalah di atas 2000 kWh setiap bulannya. Potensi energi listrik terbesar dihasilkan pada bulan Oktober yang mencapai 3127 kWh. Hal ini dapat dijelaskan karena iradiasi horizontal global atau *Global Horizontal Irradiation* (GHI) dan nilai *Effective Global* (GlobEff) pada bulan Oktober paling tinggi

diantara bulan lainnya, seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 8. *Global Horizontal Irradiation* (GHI) adalah total insiden radiasi matahari pada permukaan horizontal bumi, sedangkan nilai *Effective Global* (GlobEff) adalah nilai efektif iradiasi setelah dikurangi rugi-rugi, seperti gangguan bayangan, modifikasi sudut, dan lain-lain (PVsyst, 2020).

Performance Ratio (PR) atau Rasio Kinerja adalah rasio energi yang dihasilkan secara efektif, sehubungan dengan energi yang akan dihasilkan jika sistem terus bekerja pada STC (*Standard Test Conditions*) (PVsyst, 2020). Walaupun produksi energi listrik paling tinggi pada bulan Oktober, tetapi untuk rasio kinerja tertinggi terjadi pada bulan Januari, Februari, dan Juni, yaitu sebesar 0,83 atau 83%. Selain faktor internal sistem, faktor eksternal, seperti *Horizontal Diffuse Irradiation*, *Ambient Temperature*, dan *Global Incident*, mempengaruhi nilai dari *Performance Ratio* (PR) (Soualmia dan Chennai, 2018).

Tabel 1. Hasil Simulasi Potensi Energi Listrik Sistem PLTS *rooftop grid-connected* Kapasitas 20,40 kWp di Gedung Mohammad Hatta

Bulan	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
Januari	126,2	88,9	27,2	126,4	122,9	2187	2144	0,83
Februari	137,3	77,9	27,1	136,7	133,4	2344	2300	0,83
Maret	128,7	71,8	27,5	127,4	124,2	2177	2133	0,82
April	144,2	74,7	27,6	145,3	141,7	2487	2441	0,82
Mei	147,3	70,3	28,2	147,4	143,5	2523	2478	0,82
Juni	150,4	57,6	27,5	151,1	147,1	2593	2547	0,83
Juli	168,2	59,6	27,4	169,1	164,6	2891	2841	0,82
Agustus	179,1	68,9	27,3	179,2	175,1	3057	3003	0,82
September	178,5	68,7	27,5	177,2	173,3	2992	2940	0,81
Oktober	190,9	89,2	28,3	188,5	184,6	3185	3127	0,81
November	160,3	89,1	27,7	158,6	154,8	2707	2656	0,82
Desember	154,0	86,2	27,4	152,5	148,6	2610	2560	0,82
Tahunan	1864,9	902,8	27,6	1859,5	1813,7	31752	31172	0,82



Gambar 8. Grafik *Global Horizontal Irradiation* (GHI) dan nilai *Effective Global* (GlobEff)

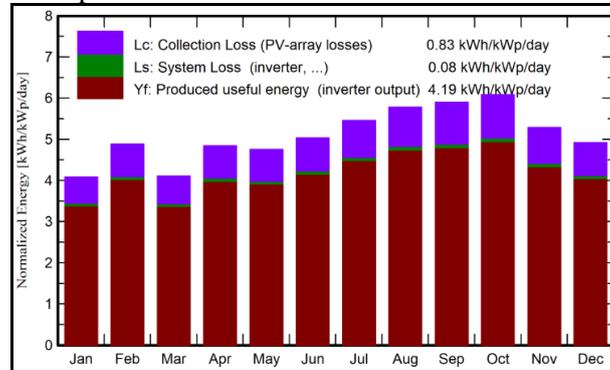
Normalised Energy Productions dijelaskan dalam standar *International Electrotechnical*

Commission (IEC) dan merupakan parameter standar untuk penilaian kinerja sistem PLTS (Vidal dkk., 2020). Hal ini dapat dievaluasi untuk

Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45

membandingkan perilaku arsitektur fotovoltaik yang dibangun dalam kondisi iklim yang sama. Produksi energi dan rugi-rugi sistem yang dihasilkan per kWp/hari yang terpasang dievaluasi dari simulasi dan dapat diamati pada Gambar 9.

Nilai *Normalised Energy Productions* tertinggi dicapai pada bulan Oktober, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Januari dan Februari.



Gambar 9. *Normalised Energy Productions*

Secara ringkas, hasil simulasi atau potensi energi listrik yang dihasilkan PLTS *rooftop grid-connected* di gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45 disajikan pada Gambar 10. Potensi energi listrik yang dihasilkan setiap tahun adalah sebesar 31.172 kWh atau 31,172

MWh. Potensi energi listrik secara spesifik atau rincian per kWp-nya adalah 1528 kWh/kWp/tahun, sedangkan per harinya adalah 4,19 kWh/kWp. Rugi-rugi terbesar terjadi pada bagian atau rangkaian modul surya yaitu sebesar 0,83/kWh/kWp/hari.

Results Overview	
Produced Energy	31172 kWh/year
Specific Production	1528 kWh/kWp/year
Performance Ratio	82,18%
Normalized Production	4,19 kWh/kWp/day
Array Losses	0,83 kWh/kWp/day
System Losses	0,08 kWh/kWp/day

Gambar 10. Ringkasan Hasil Simulasi Sistem PLTS *rooftop grid-connected* di Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45

3.3. Kontribusi Penurunan Emisi

Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, bahwa PLTS dapat berkontribusi terhadap penurunan emisi CO₂ akibat dari kegiatan pembangkitan energi. PVsyst menyediakan fitur *CO₂ Emission Balance* yang memungkinkan untuk memperkirakan penghematan emisi CO₂ atau kontribusi penurunan CO₂ yang diharapkan dari PLTS. Dasar perhitungan ini disebut *Life Cycle Emissions (LCE)*, yang mewakili emisi CO₂ yang terkait dengan komponen atau jumlah energi tertentu (PVsyst, 2020). Nilai-nilai ini mencakup siklus hidup total komponen atau jumlah energi, termasuk produksi, operasi, pemeliharaan, pembuangan, dan lain-lain.

Hasil simulasi PVsyst terkait *CO₂ Emission Balance*, *System Lifecycle Emissions Details*, dan

Saved CO₂ Emission vs Time disajikan pada Gambar 11, Tabel 2, dan Gambar 12. Walaupun pada saat operasi PLTS dapat dikatakan mendekati *zero emission*, tetapi jika dianalisis dengan *Lifecycle Emissions* komponen-komponennya tetap akan menghasilkan emisi. Sehingga berdasarkan simulasi tersebut, PLTS *rooftop grid-connected* di gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45 menghasilkan emisi 19,27 tCO₂, dengan rincian seperti disajikan pada Tabel 2.

Total *Replaced Emissions* adalah 686,4 tCO₂, seperti disajikan Gambar 11, atau dapat dikatakan nilai ini merupakan emisi CO₂ jika energi listrik sebesar 31,17 MWh/tahun selama 30 tahun dihasilkan dari pembangkit lain, bukan dari PLTS. Sedangkan total *Saved CO₂ Emission* sebesar 576,3 tCO₂, seperti dapat dilihat pada

Gambar 11 dan Gambar 12, adalah emisi CO₂ yang dapat dihemat atau diturunkan karena adanya PLTS dengan produksi energi listrik sebesar 31,17 MWh/tahun selama 30 tahun. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, PLTS *rooftop* di Gedung

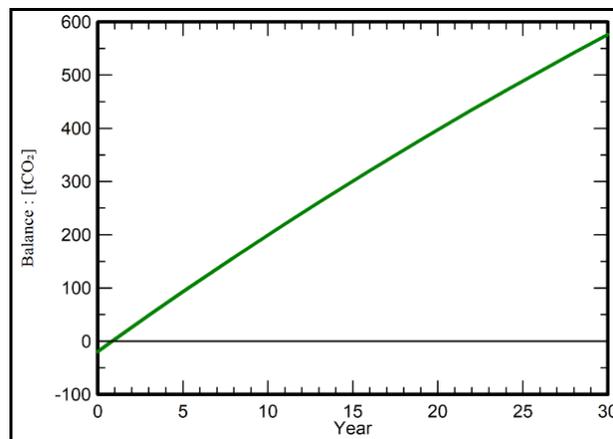
Muhammad Hatta, Universitas Proklamasi dapat berkontribusi menurunkan emisi CO₂ sebesar 83,96%.

Total:	576.3 tCO ₂
Generated emissions	
Total:	19.27 tCO ₂
Source:	Detailed calculation from table below:
Replaced Emissions	
Total:	686.4 tCO ₂
System production:	31.17 MWh/yr
Grid Lifecycle Emissions:	734 gCO ₂ /kWh
Source:	IEA List
Country:	Indonesia
Lifetime:	30 years
Annual degradation:	1.0 %

Gambar 11. CO₂ Emission Balance

Tabel 2. System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal (kgCO ₂)
Modules	285 kgCO ₂ /kWp	40,8 kWp	11646
Supports	4,90 kgCO ₂ /kg	1360 kg	6658
Inverters	485 kgCO ₂ /unit	2	970
TOTAL			19274



Gambar 12. Saved CO₂ Emission vs Time

IV. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa potensi energi listrik yang dihasilkan sistem PLTS *rooftop grid-connected* di gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45 setiap tahunnya adalah sebesar 31.172 kWh atau 31,172 MWh, secara spesifik atau rincian per kWp-nya adalah 1528 kWh/kWp/tahun. Selanjutnya, emisi CO₂ yang dapat dihemat atau diturunkan karena adanya

PLTS ini dengan produksi energi listrik sebesar 31,17 MWh/tahun selama 30 tahun adalah 576,3 tCO₂ atau 83,96% dari total emisi CO₂ pembangkit listrik sumber lainnya.

V. Daftar Pustaka

Anonim. (2017). *Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 22 tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional*. Sekretariat Kabinet Republik Indonesia, Jakarta.

Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* di Gedung Mohammad Hatta, Universitas Proklamasi 45

- Dey, D., Subudhi, B. (2020). Design, simulation and economic evaluation of 90 kWgrid connected Photovoltaic system. *Energy Reports*, Vol 6, pp. 1778–1787.
- Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi. (2021). *Laporan Kinerja (Ditjen EBTKE) Tahun 2020*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 29, pp. 766–779.
- ICED. (2018). *Panduan Studi Kelayakan PLTS Terpusat*. Direktorat Aneka Energi Baru dan Terbarukan, Ditjen EBTKE, KESDM, Jakarta.
- Masson, V., Bonhomme, M., Salagnac, J., Briottet, X., Lemonsu, A. (2014). Solar Panels Reduce Both Global Warming and Urban Heat Island. *Frontiers in Environmental Science*, Vol 2, pp. 1-10.
- Merta, K. H., Kumara, I. N. S., Ariastina, W. G. (2019). Rancangan Penempatan Modul Surya dan Simulasi PLTS Fotovoltaik Atap Gedung RSPTN Rumah Sakit Universitas Udayana. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 18, No. 3.
- Putra, T. G. (2015). *Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 Kw Di Dusun Asah Teben Desa Datah Karangasem*. Skripsi, Universitas Udayana.
- PVsyst. (2020). *Tutorial PVsyst 7 Grid-connected*. PVsyst SA, Switzerland.
- Rizkasari, D., Wilopo, W., Ridwan, M. K. (2020). Potensi Pemanfaatan Atap Gedung untuk PLTS di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (PUP-ESDM) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Journal of Appropriate Technology for Community Services (JATTEC)*, Vol. 1, No. 2, pp. 104-112.
- Sims, R. E. H., Rogner, H.-H., Gregory, K. (2003). Carbon Emission and Mitigation Cost Comparisons Between Fossil Fuel, Nuclear and Renewable Energy Resources for Electricity Generation. *Energ. Pol.* 31, pp. 1315–1326.
- Soualmia, A. dan Chenni, R. (2018). Performance Analyses of Grid-Connected Photovoltaic Power System. *The Journal of Renewable Energies (Revue des Energies Renouvelables)*, Vol. 21 No. 4, pp. 623 – 634.
- Sulistiawati, E., Yuwono, B.E. (2019). *Analisis Tingkat Efisiensi Energi dalam Penerapan Solar Panel pada Atap Rumah Tinggal*. Prosiding Seminar Intelektual Muda #2, Peningkatan Kualitas Hidup dan Peradaban Dalam Konteks IPTEKSEN, 5 September 2019, hal: 325-330.
- Vidal, H., Rivera, M., Wheeler, P., dan, Vicencio, N. (2020). The Analysis Performance of a Grid-Connected 8,2 kWp Photovoltaic System in the Patagonia Region. *Sustainability*, Vol. 12, No. 21, pp. 9227.