

ANALISIS PENGHEMATAN BIAYA LISTRIK DI KANTOR DINAS KETENAGAKERJAAN DAN ESDM PROVINSI BALI PASCA TERPASANG PLTS ATAP 40 KWP

I Kadek Adi Febriana Putra¹, Ida Ayu Dwi Giriantari², I Wayan Sukerayasa³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung, Bali 80361

adifebrianaputra@student.unud.ac.id

ABSTRAK

Penjualan energi listrik PLN pada tahun 2020 mencapai 234,5 TWh, Sedangkan konsumsi energi listrik di Provinsi Bali sepanjang tahun 2020 sebesar 4,9 TWh. Pada penelitian ini, PLTS atap penunjang parkir di Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM Provinsi Bali digunakan sebagai lokasi terpasangnya PLTS dalam pemanfaatan energi baru terbarukan yang berdampak pada penghematan biaya tagihan listrik dan pengurangan emisi CO₂. PLTS terpasang dengan total kapasitas 40 kWp dengan konfigurasi *on grid*. Berdasarkan hasil penelitian, simulasi menggunakan *software HelioScope* dengan menggunakan dua skenario. Pada skenario 1 dengan sudut kemiringan optimal sebesar 14,79° menghasilkan potensi produksi energi sebesar 60.820,40 kWh/tahun sedangkan pada skenario 2 dengan sudut kemiringan optimal sebesar 6,35° menghasilkan potensi produksi energi sebesar 59.251,00 kWh/tahun. Produksi PLTS terhitung mulai bulan Juni hingga Desember 2021 sebesar 35.287,90 kWh dengan penghematan terhadap biaya tagihan listrik sebesar Rp 67.640.740,00 dan mampu mengurangi total emisi gas CO₂ sebesar 27.233,33 kg CO₂ e.

Kata kunci : Energi listrik, PLTS, *HelioScope*, Penghematan biaya listrik, Emisi gas CO₂.

ABSTRACT

PLN's electricity sales in 2020 reached 234.5 TWh, while electricity consumption in Bali Province throughout 2020 was 4.9 TWh. In this study, PLTS roof supporting parking at the Office of the Manpower and ESDM Office of the Province of Bali is used as a location for installing PLTS in the use of new and renewable energy which has an impact on saving electricity bills and reducing CO₂ emissions. PLTS is installed with a total capacity of 40 kWp with an *on grid* configuration. Based on the research results, the simulation uses *HelioScope* software using two scenarios. In scenario 1 with an optimal inclination angle of 14.79°, the potential for energy production is 59.251,00 kWh/year, while in scenario 2 with an optimal tilt angle of 6.35°, the potential for energy production is 59.251,00 kWh/year. PLTS production from June to December 2021 is 35,287.90 kWh with savings on electricity bill costs of Rp. 67,640,740.00 and is able to reduce total CO₂ gas emissions by 27,233.33 kg CO₂ e.

Key Words : Electrical energy, PLTS, *HelioScope*, Saving electricity costs, CO₂ gas emissions.

1. PENDAHULUAN

Melihat kondisi ekonomi saat ini disertai dengan peningkatan akan kebutuhan energi di Indonesia, pemerintah juga menyusun strategi dalam rancangan energi Nasional hingga kurun waktu 20

tahun kedepan [1]. Konsumsi energi listrik pada tiap tahunnya terus mengalami peningkatan. Penggunaan energi listrik dari *grid* PLN pada tahun 2020 mencapai 234,5 TWh [2]. Sedangkan konsumsi energi listrik di Provinsi Bali sepanjang tahun 2020

sebesar 4,9 TWh [3]. Pengaruh batubara tidak lepas dari kemandirian dan ketahanan energi yaitu dengan pemanfaatan energi baik non fosil maupun fosil dalam negeri yaitu dengan tidak impor [4], karena persediaan energi dengan bahan bakar fosil yang lama kelamaan akan menipis dan disatu sisi juga menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂).

Berdasarkan data dari Dewan Energi Nasional (DEN) mengatakan bahwa, potensi energi matahari di seluruh Indonesia rata-rata 4,8 kWh/m²/hari, atau sebanding dengan 112.000 GWp [5]. Dengan besarnya potensi tersebut, sudah selayaknya peningkatan pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi ramah lingkungan menjadi prioritas dibandingkan EBT lainnya.

Melihat potensi yang besar tersebut Pemerintah mengambil tindakan dengan membuat Kebijakan Energi Nasional (KEN) salah satunya mengenai penggunaan energi ramah lingkungan yang merupakan energi bersih, dalam tercapainya target pengembangan energi bersih sebesar 23% di tahun 2025 mendatang [6], Kebijakan Energi Nasional (KEN) menjadi dasar lahirnya Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Provinsi Bali memiliki potensi EBT yang sangat tinggi khususnya energi surya yaitu sebesar 98% dari total potensi EBT yang tersedia di Bali. Ditahun 2022 ini kebutuhan listrik provinsi Bali diprediksi dapat mencapai 1.548 MW [7]. Dan dari hal tersebut provinsi Bali harus membangun pembangkit listrik yang ramah lingkungan sebesar 1,2 MW tiap tahunnya untuk memenuhi target tersebut serta mempertimbangkan akan potensi dan kemajuan EBT di Bali [8]. Menurut RUEN, Provinsi Bali ditargetkan mengembangkan PLTS sebesar 8,62% atau 108 MWp di tahun 2025 dari total potensinya berdasarkan laporan dari *Center for Community Based Renewable Energy (CORE)* dan *Greenpeace Indonesia* yaitu diwilayah Bali Selatan yang terdiri dari empat kabupaten yang disebut

SARBAGITA (Denpasar, Badung, Gianyar dan Tabanan) minimal 49,5 MWp dan maksimal 129.78 MWp yang dirasa cukup bahkan lebih dalam mencapai target RUEN terhadap Bali [9] [10]. Berdasarkan data yang telah dihasilkan dari penelitian sebelumnya bahwa perkembangan PLTS di Bali dari tahun ke tahun dalam kurun waktu 14 tahun terakhir rata-rata pertumbuhannya meningkat sebesar 7,14% atau 265,18 kWp per-tahun dan kapasitas PLTS terpasang di provinsi Bali tahun 2020 yaitu 3,44% dari target RUEN sebesar 108 MWp. Dan jika target RUEN ingin tercapai dalam sisa waktu yang sudah ditentukan, sehingga target pembangunan PLTS di provinsi Bali per tahunnya adalah sebesar 17,38 MWp. Dengan penambahan pembangunan PLTS sebesar 16,09% per tahun dari tahun 2020, maka pada tahun 2025 target penggunaan energi listrik bertenaga surya di Bali sebesar 108 MWp bisa dicapai [11]. Melihat kondisi tersebut pemerintah pusat terus berupaya, yang salah satunya yaitu mengeluarkan PERMEN (ESDM) No. 49 Tahun 2018 tentang penggunaan PLTS Atap (*Rooftop*) untuk seluruh pelanggan PT. PLN yang berminat menghemat biaya tagihan listrik setiap bulannya [12]. Dengan adanya regulasi tersebut yang bertujuan untuk menarik minat masyarakat atau pihak swasta agar mulai beralih menggunakan sumber EBT khususnya PLTS Atap. Agar sejalan dengan *Roadmap* pemerintah pusat, sehingga pemerintah Provinsi Bali membuat kebijakan dengan membahas penggunaan EBT melalui Pergub No. 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih. Regulasi yang terdiri dari 33 jumlah pasal dalam kebutuhan akan energi di Provinsi Bali yang mandiri energi bersih, berkelanjutan dan berkeadilan dengan penggunaan EBT [12].

Dengan target capaian peningkatan energi Nasional sebesar 23% di tahun 2025 dan mendukung upaya penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT) serta sejalan dengan konsep Bali Energi Bersih, sehingga pada tahun anggaran 2020 Provinsi Bali memperoleh hibah PLTS

melalui Kementerian ESDM yang terdapat di 9 titik lokasi PLTS *Rooftop* yang tersebar di Kota Denpasar dengan masing-masing kapasitas yang berbeda. Salah satu dari 9 titik Pembangunan PLTS Atap yang tersebar di Kota Denpasar yang salah satunya terletak di Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM Provinsi Bali dengan daya terpasang sebesar 40 kWp.

Dan dari adanya hibah PLTS *Rooftop* tersebut, maka penelitian ini akan membahas mengenai Sistem Kelistrikan Dan Efisiensi Energi Terhadap Biaya Listrik Pada PLTS 40 kWp di Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM Provinsi Bali. Efisiensi biaya terhadap produksi yang dihasilkan oleh PLTS ini berupa perhitungan secara teoretis untuk mendapatkan biaya penghematan yang mampu diberikan sehingga dirasa dapat efisien dalam mengurangi biaya tagihan listrik PLN tiap bulannya dan juga berdampak pada pengurangan emisi karbon dioksida (CO₂).

2. PLTS *Rooftop*

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

sumber energi baru terbarukan dan sangat melimpah di Indonesia yang salah satunya adalah energi dari matahari yang dapat menjadi energi listrik menggunakan modul *photovoltaic* (PV) yang disebut PLTS. Dan walaupun PLTS tidak mempunyai daya yang konstan karena *output* energi yang diberikan tergantung dari tingkat radiasi matahari yang selalu berubah tiap waktunya [13]. Dan ketika beroperasi, modul *photovoltaic* (PV) dapat menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan yang berasal dari radiasi matahari tanpa menghasilkan gas rumah kaca [14]. Dan PLTS dapat di aplikasikan pada atap, dinding dan sebagai penunjang parkir kendaraan milik pelanggan PLN [15].

2.2 Mekanisme Ekspor Impor Energi PLTS Atap

Pada mekanisme dalam ekspor impor merupakan salah satu bagian dari sistem PLTS *on grid*, digunakan sebagai alat dalam mengukur aliran masuk energi

listrik dari *grid* PLN ke konsumen, sekaligus mengukur *output* energi listrik dari sistem PLTS *on grid* ke PLN. Dan perhitungan disesuaikan dengan PERMEN ESDM No. 48 Tahun 2019 yaitu ketentuan ekspor impor energi listrik [16].

Tagihan Listrik Pelanggan (kWh) –

$$\text{Jumlah kWh Impor} - 65\% \text{ kWh Ekspor} \quad (1)$$

Keterangan:

- Jumlah kWh Ekspor : catatan kWh pada meteran ekspor dari pelanggan ke *grid* PLN;
- Nilai kWh Impor : penggunaan energi listrik dari PLN ke pelanggan.

2.3 Efisiensi Biaya Pada PLTS

Efisiensi energi listrik yang berdampak pada pengurangan biaya tagihan listrik pelanggan yang telah memasang PLTS *on grid* [17].

Hasil produksi PLTS dapat dilihat dari sebuah daya yang masuk (*input*) berbanding dengan daya yang keluar (*output*) dari tiap komponen yang terpasang melalui ekspor impor pada kWh meter. Dikarenakan PLTS sangat bergantung pada intensitas matahari yang memiliki nilai fluktuatif, sehingga diperlukan sistem monitoring secara *real time* yang dijadikan acuan dalam tindakan preventif agar dapat mengetahui tingkat efisiensi dari PLTS [18]. Pada persentase efisiensi biaya tagihan listrik untuk mengetahui penghematan biaya sebelum dan setelah terpasang PLTS dapat dicari menggunakan persamaan berikut [19].

$$\text{efisiensi biaya (\%)} = \frac{\text{Bill listrik 7 bulan (2021)}}{\text{Bill listrik 7 bulan (2020)}} \times 100\% \quad (2)$$

2.4 Orientasi Panel Surya

Orientasi modul PV terdapat pada dua sudut, azimuth α dan β . Azimut yaitu sudut selatan modul PV atau sudut utara bagi modul PV di belahan bumi selatan. Penggabungan antara inklinasi dan orientasi menentukan arah modul PV tersebut. sehingga ketika modul PV terpasang di atap (*rooftop*), arah dari modul PV ditentukan pada inklinasi dan orientasi atap (*rooftop*) [20].

Ketinggian maksimum ketika matahari mencapai langit dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat} - \sigma \quad (2)$$

Keterangan:

lat : Garis lintang sebagai tempat penanda terpasangnya PLTS on grid ($^\circ$).

σ : Sudut deklinasi matahari ($23,45^\circ$).

Sedangkan sudut modul PV yang harus dibentuk terhadap permukaan bumi, dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (4)$$

2.5 Emisi Gas Karbondioksida (CO_2)

Emisi yang ditimbulkan secara langsung dari aktivitas di bumi, seperti emisi CO_2 dari pembangkit listrik yang tidak ramah lingkungan maupun kendaraan konvensional. Emisi secara tidak langsung yang berasal dari aktivitas masyarakat, seperti penggunaan energi listrik oleh pelanggan PLN.

Perhitungan pada emisi Gas Karbondioksida dapat dihitung dari jumlah penggunaan listrik pelanggan (kWh) dikalikan dengan faktor emisi yang disesuaikan dengan sistem tenaga listrik daerah, sebagai berikut [21] :

$$\text{Emis} = \text{Faktor Emisi} \quad (kg^{CO_2/kWh}) \times \text{Output PLTS}(kWh) \quad (5)$$

Keterangan:

Faktor Emisi : Koefisien banyaknya emisi per unit aktivitas ($kg^{CO_2/kWh}$).

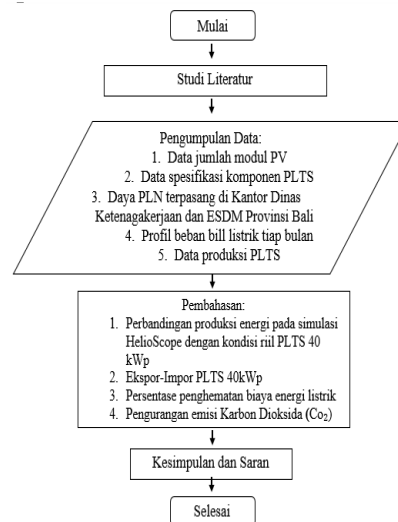
Output PLTS : Total hasil produksi PLTS (kWh)

3 METODE PENELITIAN

lokasi penelitian yaitu di Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan Energi Sumber Daya Mineral merupakan salah satu dari 40 Otoritas Perangkat Daerah (OPD) yang terdapat di Provinsi Bali yang beralamat di JL Puputan, Renon, Dangin Puri Klod, Kec. Denpasar Timur, Kota

Denpasar. Penelitian dalam pengambilan data ini dilaksanakan mulai bulan Juni hingga Desember 2021.

Pengumpulan berbagai data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data daya supply PLN, data produksi PLTS, tagihan listrik dan buku panduan dari PT. SEI. Dan penelitian secara bertahap melalui *flow chart* di bawah ini yaitu penyajian dalam bentuk diagram alir penelitian, sebagai berikut;



Gambar 1 Tahapan Penyajian Penelitian

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM Provinsi Bali

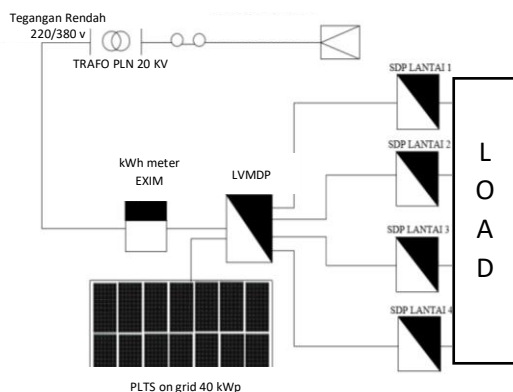
Gedung ini memiliki 4 lantai, dan ruang EKTL (Energi dan Ketenagalistrikan) terdapat pada lantai tiga. Berdasarkan besaran gedung tersebut, maka daya supply PLN yang dibutuhkan oleh gedung ini juga terbilang cukup besar yaitu sebesar 197 kVA.



Gambar 2. Kantor Disnaker dan ESDM Provinsi Bali

4.2 Sistem Kelistrikan Kantor Dinas Ketenagkerjaan dan ESDM Provinsi Bali

Sumber listrik utama berasal dari trafo PLN sebesar 250 kVA, dengan melayani tiga kantor seperti Kantor Disnaker dan ESDM, Kantor Balai Hyperkes, Keselamatan Kerja dan Kantor BLK-IP Bali. Daya listrik PLN yang terpasang sebagai sumber listrik utama yaitu sebesar 197 kVA yang salah satunya melayani Kantor Disnaker dan ESDM untuk mensuplai beban pada lantai I, II, III, dan IV. sumber listrik dari PLTS Atap parkir kendaraan (*parking shade*) sebesar 40 kWp terhubung dengan panel LVMDP 197 kVA yang bekerja secara bersamaan dalam memenuhi keseluruhan beban di Kantor Disnaker dan ESDM Provinsi Bali. Skema kelistrikan di kantor ESDM, Bali ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sistem Kelistrikan Kantor Disnaker dan ESDM Provinsi Bali

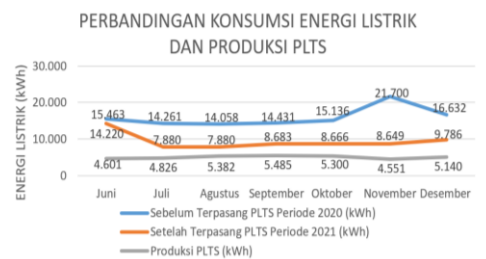
4.3 Perbandingan Konsumsi Energi Listrik Sebelum dan Setelah Pemasangan PLTS

Konsumsi energi listrik di Kantor Disnaker dan ESDM Provinsi Bali dapat dibandingkan antara sebelum pemasangan PLTS dan setelah pemasangan PLTS *on grid* 40 kWp yakni pada rentang bulan yang sama yaitu Juni - Desember yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Konsumsi Energi Listrik Sebelum dan Setelah Pemasangan PLTS

Bulan	Konsumsi Energi Listrik (kWh)		Selisih 2020-2021 (kWh)	Produksi PLTS (kWh)
	Sebelum Terpasang PLTS Periode 2020 (kWh)	Setelah Terpasang PLTS Periode 2021 (kWh)		
Juni	15.463	14.220	1.243	4.601
Juli	14.261	7.880	6.381	4.826
Agustus	14.058	7.880	6.178	5.382
September	14.431	8.683	5.748	5.485
Oktober	15.136	8.666	6.470	5.300
November	21.700	8.649	13.051	4.551
Desember	16.632	9.786	6.846	5.140
Total	111.681	65.764	45.917	35.287
Rata-rata	15.954	9.395	6.560	5.041

Pada selisih energi listrik tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 13.051 kWh dengan produksi PLTS di tahun 2021 yang sudah mulai memproduksi energi listrik di bulan November sebesar 4.551 kWh yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi energi listrik di Kantor Disnaker dan ESDM, Bali.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Konsumsi Energi Listrik

Terlihat pada Gambar 4, yaitu grafik perbandingan konsumsi energi listrik dalam kurun waktu 7 bulan dari bulan Juni hingga Desember sebelum terpasang PLTS (2020) dan setelah terpasang PLTS (2021). Dan walaupun setelah terpasang PLTS 2021 konsumsi energi dari *grid* PLN tertinggi pada bulan Juni yang hampir mendekati sebelum terpasangnya PLTS 2020 di bulan Juni hal ini dikarenakan pada bulan yang sama, namun di tahun 2021 aktivitas kantor cukup padat mulai dari adanya kegiatan rapat pada masing-masing bidang dari lantai 1 hingga lantai 4 yang megakibatkan seluruh penggunaan AC dan perangkat elektronik lainnya dihidupkan. Dapat dilihat pada Tabel 1, pada periode tahun 2020 sebelum terpasangnya PLTS, total konsumsi energi pada bulan Juni hingga Desember sebesar 111.681 kWh, sedangkan setelah terpasangnya PLTS yaitu pada periode tahun 2021, terjadi penurunan konsumsi energi listrik dari *grid*

PLN yaitu total konsumsi energi sebesar 65.764 kWh.

4.4 Konsumsi Daya Satu Hari Kerja Dan Satu Hari Libur

Terdapat konsumsi daya pada satu hari baik *weekdays* maupun *weekend* saat sudah terpasang PLTS *on grid* 40 kWp di Kantor Disnaker dan ESDM Provinsi Bali.

4.4.1 Konsumsi Daya Satu Hari Kerja Sesudah Terpasang PLTS

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 yaitu konsumsi daya pada 1 hari kerja yaitu pada tanggal 13 Desember saat sesudah terpasangnya PLTS di Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM Provinsi Bali. Berdasarkan grafik pada hari kerja di bulan Desember pada hari Senin yaitu pada jam 00.00 hingga jam 06.00 pagi yang terdapat pada grafik berwarna biru, terlihat konsumsi daya di Kantor ESDM masih sepenuhnya di *supply* oleh *grid* PLN dan pada jam 06.30 pagi hingga jam 18.00 sore yang terdapat pada grafik berwarna merah, terlihat hasil produksi dari PLTS *on grid* 40 kWp yang dapat memberikan *supply* penuh dari hasil produksi PLTS dari jam 10.00 hingga jam 11.30 siang dan jam 15.30 sore dan kelebihan dari hasil produksi PLTS di jam tersebut juga dapat diekspor ke *grid* PLN melalui kWh EXIM yang nantinya dapat dikalkulasikan perbulannya dengan kWh impor PLN.

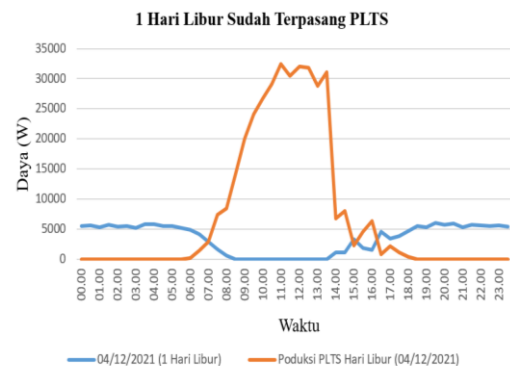


Gambar 5. Grafik Konsumsi Daya 1 Hari Kerja Sesudah Terpasang PLTS

4.4.2 Konsumsi Daya Satu Hari Libur Sudah Terpasang PLTS

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 yaitu konsumsi daya pada 1 hari libur yaitu pada tanggal 4 Desember saat sesudah

terpasangnya PLTS di Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM Provinsi Bali. Berdasarkan grafik pada hari libur di bulan Desember pada awal minggu di hari Sabtu yaitu pada jam 00.00 hingga jam 06.00 pagi yang terdapat pada grafik berwarna biru, terlihat konsumsi daya listrik di Kantor ESDM masih sepenuhnya *supply* oleh *grid* PLN dan pada jam 06.30 pagi hingga jam 18.00 sore yang terdapat pada grafik berwarna merah, terlihat hasil produksi energi dari PLTS *on grid* 40 kWp. Dan pada jam 08.30 pagi hingga jam 13.30 siang tidak adanya konsumsi daya listrik dari *grid* PLN di Kantor ESDM, Bali sehingga kelebihan dari hasil produksi PLTS *on grid* 40 kWp di jam tersebut dapat di ekspor ke *grid* PLN melalui kWh EXIM yang nantinya dapat dikalkulasikan perbulannya dengan kWh impor PLN.



Gambar 6. Grafik Konsumsi Daya 1 Hari Libur Sesudah Terpasang PLTS

4.5 Perbandingan Produksi Energi Saat Simulasi Dengan Kondisi Riil Dari PLTS On Grid

Perbandingan produksi energi listrik setelah dilakukan simulasi dengan kondisi riil dari PLTS *on grid* 40 kWp menggunakan data hasil produksi energi listrik selama 7 bulan yaitu bulan Juli hingga bulan Desember 2021. Perbandingan yang akan dilakukan yaitu membandingkan hasil simulasi *software HelioScope* pada skenario 1 dengan arah orientasi modul PV yang menghadap ke utara pada sudut kemiringan modul PV yang optimum sebesar 14,79° dengan kondisi riil dari PLTS *on grid* 40 kWp dan membandingkan hasil simulasi *software HelioScope* pada

skenario 2 dengan arah orientasi modul PV yang menghadap ke utara pada sudut kemiringan modul PV yang mengikuti struktur atap parkir motor (*parking shade*) sebesar $6,35^\circ$ dengan kondisi riil dari PLTS. Berikut adalah hasil yang cukup berbeda dari produksi energi listrik saat simulasi pada kedua skenario dengan kondisi riil energi listrik bulanan pada PLTS yang terdapat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Perbandingan Simulasi Skenario 1 dengan Kondisi Riil

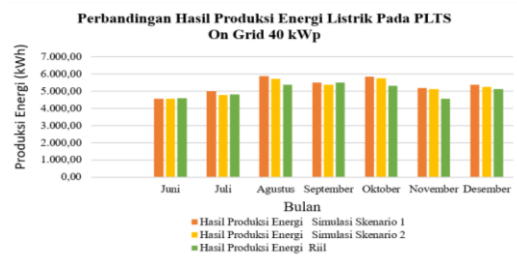
Bulan	Simulasi Skenario 1 (kWh)	PLTS Riil (kWh)	Selisih (kWh)	Selisih (%)
Juni	4.569,60	4.601,50	-31,90	-0,69
Juli	4.989,40	4.826,30	163,10	3,38
Agustus	5.860,90	5.382,70	478,20	8,88
September	5.490,90	5.485,80	5,10	0,09
Oktober	5.854,70	5.300,40	554,30	10,46
November	5.176,70	4.551,20	625,50	13,74
Desember	5.367,90	5.140,00	227,90	4,43
Total	37.391,40	35.287,90	2.022,20	5,731

Terlihat pada Tabel 2 bahwa total produksi energi PLTS *on grid* 40 kWp selama 7 bulan pada simulasi skenario 1 sebesar 37.391,40 kWh, sedangkan total produksi energi PLTS pada kondisi riil sebesar 35.287,90 kWh. Selisih total produksi energi listrik pada kedua kondisi tersebut sebesar 2.022,20 kWh dengan selisih tertinggi terjadi pada bulan November yaitu sebesar 625,50 kWh.

Tabel 3. Perbandingan Simulasi Skenario 2 dengan Kondisi Riil

Bulan	Simulasi Skenario 2 (kWh)	PLTS Riil (kWh)	Selisih (kWh)	Selisih (%)
Juni	4.550,90	4.601,50	-50,60	-1,10
Juli	4.789,40	4.826,30	-36,90	-0,76
Agustus	5.720,90	5.382,70	338,20	6,28
September	5.370,90	5.485,80	-114,90	-2,09
Oktober	5.754,70	5.300,40	454,30	8,57
November	5.136,70	4.551,20	585,50	12,86
Desember	5.264,90	5.140,00	124,90	2,43
Total	36.588,40	35.287,90	1.300,50	3,685

Terlihat pada Tabel 3 bahwa total produksi energi PLTS *on grid* selama 7 bulan pada simulasi skenario 2 sebesar 36.588,40 kWh, sedangkan total produksi energi PLTS pada kondisi riil sebesar 35.287,90 kWh. Selisih total produksi energi listrik pada kedua kondisi tersebut sebesar 1.300,50 kWh dengan selisih tertinggi terjadi pada bulan November yaitu sebesar 585,50 kWh.



Gambar 7. Perbandingan Hasil Produksi Energi Listrik Pada Simulasi dan Kondisi Riil PLTS

Berdasarkan pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa hasil produksi energi listrik pada simulasi di kedua skenario cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan produksi energi listrik pada kondisi riil PLTS dengan selisih total dari skenario 1 sebesar 5,731% dan skenario 2 sebesar 3,685%. Selisih tertinggi antara produksi energi listrik pada saat simulasi skenario 1 dengan kondisi riil terjadi pada bulan November sebesar 13,74%, serta selisih terendah terjadi pada bulan September sebesar 0,09%. Sedangkan Selisih tertinggi antara saat simulasi skenario 2 dengan kondisi riil terjadi pada bulan November sebesar 12,86%, serta selisih terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 0,76%.

Pada hasil produksi energi tertinggi pada kondisi riil PLTS terdapat pada bulan September 2021 dikarenakan tingkat iradiasi matahari pada bulan tersebut tertinggi ke dua yaitu sebesar 170,9 kWh/m²/bulan setelah bulan Oktober. Sedangkan pada hasil produksi energi tertinggi pada saat simulasi terjadi pada bulan Agustus dan Oktober 2021 hal ini dikarenakan cuaca rata-rata di Kota Denpasar pada bulan tersebut sebesar $31,7^\circ$ berdasarkan data cuaca di 30 tahun terakhir.

4.6 Ekspor-Impor PLTS On Grid 40 kWp Kantor Dinas Ketenagakerjaan Dan ESDM Provinsi Bali

Pada Permen ESDM No.49 tahun 2018 mengenai ekspor-impor yang dikalikan 65% (enam puluh lima persen)".

Berdasarkan hal tersebut, ekspor energi listrik ke *grid* PLN hanya dihargai sebesar 65% dari tarif yang berlaku. Berdasarkan data *invoice* pembayaran listrik Kantor Disnaker dan ESDM Provinsi Bali yang bersumber dari PT. PLN Unit Distribusi Bali. Didapatkan rincian ekspor impor energi listrik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut.

Tabel 4. Ekspor Energi Listrik dari PLTS 40 kWp Kantor Disnaker dan ESDM Bali

Bulan	Stand kWh EXIM			Total kWh (untuk ekspor *65%)	Total Produksi PLTS (kWh)
	Stand Awal	Stand Akhir	Penggunaan kWh EXIM (S. akhir-S.awal)*60		
Juni 2021	23.380	37.100	823	535	4.601,50
Juli 2021	37.100	57.900	1.248	811	4.826,30
Agustus 2021	57.900	86.190	1.697	1.103	5.382,70
September 2021	86.190	104.880	1.121	729	5.485,80
Oktober 2021	104.880	130.088	1.512	983	5.300,40
November 2021	130.088	148.990	1.134	737	4.551,20
Desember 2021	148.990	166.000	1.020	663	5.140,00

Berdasarkan Tabel 4 adalah rincian ekspor energi listrik dari PLTS *on grid* 40 kWp Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM pada bulan Juni hingga Desember 2021. Ekspor energi dari PLTS tertinggi terjadi pada bulan Agustus 2021 yaitu sebesar 1.697 kWh, maka besaran ekspor tersebut dikalikan dengan faktor pengali 0,65 menjadi 1.103 kWh dari total produksi PLTS pada bulan tersebut sebesar 5.382,70 kWh. Dan total ekspor ke PLN yang telah dilakukan selama 7 bulan terhitung mulai bulan Juni hingga Desember sebesar 5.561 kWh.

Tabel 5. Impor Energi Listrik dari jaringan PLN

Bulan Bayar	Stand kWh Reguler			Total pemakaian kWh (impor-ekspor)
	Stand Awal	Stand Akhir	Penggunaan kWh Reguler (S. akhir-S.awal)*60	
Juni 2021	210.690	456.600	14.754	14.220
Juli 2021	456.600	601.100	8.670	7.880
Agustus 2021	601.100	739.610	8.310	7.880
September 2021	739.610	896.470	9.411	8.683
Oktober 2021	896.470	1.057.290	9.649	8.666
November 2021	1.057.290	1.213.730	9.386	8.649
Desember 2021	1.213.730	1.387.880	10.449	9.786

Berdasarkan Tabel 5, Penggunaan import tertinggi terjadi pada bulan Juni 2021 yaitu sebesar 14.754 kWh dan penggunaan import kWh reguler terendah terdapat pada bulan Agustus 2021 yaitu sebesar 8.310 kWh. Pada bulan Juni 2021 total pemakaian kWh meter tertinggi yaitu sebesar 14.220 kWh. Pada nilai kWh yang sama disebabkan karena pemakaian energi listrik pada bulan Juli dan Agustus 2021 yaitu dibawah pemakaian minimum rata-rata PLN dengan kapasitas terpasang sebesar 197 kVA dengan kWh minimum pelanggan sebesar 7.880 kWh. Sedangkan pemakaian yang melebihi kWh minimum maka jumlah penggunaan kWh dikalikan dengan harga per kWh yaitu sebesar (Rp 1.444,70).

4.7 Efisiensi Penghematan biaya energi listrik pada PLTS *On Grid* 40 kWp Di Kantor Dinas Ketenagakerjaan Dan ESDM Provinsi Bali

Biaya yang dikeluarkan sebelum dan sesudah terpasang PLTS *on grid* 40 kWp Di Kantor Disnaker dan ESDM Provinsi Bali sehingga diperoleh penghematan terhadap biaya listrik dengan tingkat persentase yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pembayaran rekening listrik (Rp) sebelum dan sesudah pemanfaatan PLTS

Bulan	Tahun 2020 (Rp)	Tahun 2021 (Rp)	Penghematan (Rp)	Persentase (%)
Juni	Rp 22.688.551,00	Rp 20.543.634,00	Rp 2.144.917,00	9,45
Juli	Rp 20.924.880,00	Rp 11.384.236,00	Rp 9.540.644,00	45,59
Agustus	Rp 20.627.022,00	Rp 11.384.236,00	Rp 9.242.786,00	44,81
September	Rp 21.174.318,00	Rp 12.554.330,00	Rp 8.619.988,00	40,71
Oktober	Rp 21.866.979,00	Rp 12.519.770,00	Rp 9.347.209,00	42,75
November	Rp 31.349.990,00	Rp 12.495.210,00	Rp 18.854.780,00	60,14
Desember	Rp 24.028.250,00	Rp 14.137.834,00	Rp 9.890.416,00	41,16
Total	Rp 162.659.990,00	Rp 95.019.250,00	Rp 67.640.740,00	41,58

Berdasarkan data pada Tabel 6, diketahui bahwa sebelum terpasangnya PLTS *on grid* 40 kWp, total biaya yang harus dikeluarkan oleh Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM Provinsi Bali pada tahun 2020 untuk bulan Juni hingga

Desember sebesar Rp 162.659.990,00 sedangkan biaya yang harus dikeluarkan setelah pemanfaatan dari hasil produksi PLTS pada tahun 2021 untuk bulan Juni hingga Desember sebesar Rp 95.019.250,00. Dan berdasarkan pembayaran rekening listrik sebelum dan sesudah terpasangnya PLTS, sehingga total penghematan yang diperoleh sebesar Rp 67.640.740,00 dengan persentase selisih sebesar 41,58%.

4.8 Pengurangan Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Berdasarkan data dari RUPTL PLN 2019-2028, faktor emisi di daerah Jawa, Bali dan Nusa tahun 2019 adalah sebesar 0,817 kg CO₂/kWh atau setara dengan 226.944,44 kg CO₂/TJ dan data produksi energi tiap bulan yang dihasilkan PLTS *on grid* 40 kWp yang digunakan dalam perhitungan pengurangan emisi gas CO₂ terhitung mulai bulan Juni hingga Desember saat setelah kWh meter mulai ter EXIM. Dan total produksi selama 7 bulan terhitung mulai bulan Juni hingga Desember 2021 dapat dilihat pada Tabel 7. Tabel 7. Produksi PLTS Bulan Juni Hingga Desember 2021

Bulan	Total Produksi PLTS (kWh)
Juni	4.601,50
Juli	4.826,30
Agustus	5.382,70
September	5.485,80
Oktober	5.300,40
November	4.551,20
Desember	5.140,00
Total	35.287,90

Berdasarkan data pada Tabel 7, dari hasil produksi PLTS *on grid* 40 kWp didapatkan total produksi dari bulan Juni hingga Desember sebesar 35.287,90 kWh selama 7 bulan atau setara dengan 0,12 TJ. Dengan begitu, emisi gas CO₂ dapat dihitung berdasarkan Persamaan 5 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi Gas CO}_2 \text{ (kg)} &= 226.944,44 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \times 0,12 \text{ TJ} \\ &= 27.233,33 \text{ kg CO}_2 \end{aligned}$$

Berdasarkan pada hasil perhitungan metrik lingkungan, produksi energi listrik yang dihasilkan PLTS *on grid* 40 kWp di Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM Provinsi Bali sebesar 35.287,90 kWh selama 7 bulan setara dengan mengurangi emisi gas CO₂ sebesar 27.233,33 kg CO₂ e dan ikut berkontribusi dalam mengurangi emisi karbondioksida serta perubahan iklim (*climate change*) secara tidak langsung.

5. Kesimpulan

Pada hasil dan pembahasan dari penelitian di Kantor Disnaker dan ESDM, Bali, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem kelistrikan pada Kantor Dinas Ketenagakerjaan dan ESDM Provinsi Bali yang sudah terpasang PLTS *on grid* dengan kapasitas 40 kWp memiliki total modul PV sebanyak 124 modul dengan masing-masing modul PV memiliki daya 330 Wp dan berjenis *monocrystalline*. Memiliki 2 unit inverter *Growatt* dengan *type* MID 20KTL3-X, memiliki 2 unit *box DC combiner* dan 1 unit panel MDP.
2. Potensi produksi energi listrik yang mampu diberikan oleh PLTS *on grid* 40 kWp dalam setahun menggunakan simulasi *HelioScope* pada skenario 1 dengan letak orientasi menghadap arah utara dan sudut kemiringan optimal sebesar 14,79° menghasilkan potensi produksi energi sebesar 60.820,40 kWh/tahun sedangkan pada skenario 2 dengan letak orientasi yang sama dan sudut kemiringan riil sebesar 6,35° menghasilkan potensi produksi energi sebesar 59.251,00 kWh/tahun.
3. Total produksi energi pada PLTS selama kurun waktu 7 bulan selama tahun 2021 sebesar 35.287,90 kWh dengan penghematan terhadap biaya tagihan listrik setelah terpasangnya PLTS sebesar Rp 67.640.740,00

dengan persentase selisih sebesar 41,58%.

4. Dari total produksi PLTS selama 7 bulan (2021) setara dapat mampu mengurangi emisi gas CO₂ selama konsumsi energi listrik dari bulan Juni hingga Desember 2021 yaitu sebesar 27.233,33 kg CO₂ e dan ikut berkontribusi dalam mengurangi dampak perubahan iklim (*climate change*) secara tidak langsung.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siswanto, D. 2021. "Pemerintah Petakan Pemenuhan Kebutuhan Energi Hingga 2040". Siaran Pers; Nomor: 003.Pers/04/SJI/2021.
- [2] Sekretariat Perusahaan PT.PLN "Data Statistik PLN". ISSN 0852 – 8179, 2020.
- [3] Badan Pusat Statistik Provinsi Bali, "Daya Terpasang, Produksi, dan Distribusi Listrik menurut Kabupaten / Kota di Bali", 2020.
- [4] Siaran Pers Kementerian ESDM, "Pemerintah Petakan Pemenuhan Kebutuhan Energi Hingga 2040". Nomor: 003.Pers/04/SJI/2021.
- [5] Dewan Energi Nasional, "Rencana Strategis Dewan Energi Nasional," Jakarta, Indonesia: Kementrian Energi Sumber Daya dan Mineral (ESDM), 2015.
- [6] Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, "Program Strategis EBTKE dan Ketenagalistrikan. Jurnal Energi"; Edisi 02, 2016.
- [7] Republic of Indonesia, Regulation K/2013 regarding Business Plan of Electric Power Supply 2013-2022 PT PLN, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2013-2022, Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR) Republic of Indonesia", 2013.
- [8] I. N. S. Kumara, W. G. Ariastina, I. W. Sukerayasa and I. A. D. Giriantari, "On the potential and progress of renewable electricity generation in Bali," 2014 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), 2014, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICITEED.2014.7007944.
- [9] Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 22 Tahun 2017 tentang "Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)", 2017.
- [10] I.N.S. Kumara, I.A.D. Giriantari, W.G. Ariastina, W. Sukerayasa, N. Setiawan, C.G.I Partha, I.G.D. Arjana, Peta Jalan Pengembangan PLTS Atap: Menuju Bali Mandiri Energi, Center for Community Based Renewable Energy (CORE) Universitas Udayana, Greenpeace Indonesia, Bali, 2019.
- [11] Pawitra Putra, A.A. Gede Ari; Kumara, I.N.S.; Ariastina, W. G. "Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025". Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, [S.I.], v. 19, n. 2, p. 181-188, dec. 2020. ISSN 2503-2372.
- [12] Peraturan Gubernur Bali No.45 tahun 2019 tentang "Bali Energi Bersih".
- [13] Sianipar, "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya". JETri. ISSN 1412-0372, 2014.
- [14] Germany, F, "National renewable energy action plan in accordance with directive on the promotion of the use of energy from renewable energy source", 2010.
- [15] "Panduan perencanaan dan pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia", 2020.
- [16] Peraturan Menteri ESDM No.49 Tahun 2018 Tentang "Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Oleh Konsumen PLN".
- [17] Ilyas, S., Kasim, I, "Peningkatan Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Reflektor Parabola". Jurnal Teknik Elektro; Vol. 14 No. 2, 2017.
- [18] Wasistha, B. E., Salam, B. E., Wibawa, D. I., Rizal, M, "Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Jakarta". Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro; Vol. 6, 2021.
- [19] Sulistiawati, E., Yuwono, B. E, "Analisis Tingkat Efisiensi Energi Dalam Penerapan Solar Panel Pada Atap Rumah Tinggal". Prosiding Seminar Intelektual Muda, ISBN 978-623-91368-1-9, 2019.
- [20] "Pengertian Sel Surya (Solar Cell) dan Prinsip Kerjanya". [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/>. [Accessed: 27-Sep-2021].
- [21] Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, "BAB 4 Penghitungan Emisi Karbondioksida", 2018.