

Desain dan Analisa Ekonomi PLTS Atap untuk Villa di Bali

I Kadek Sumariana¹, I Nyoman Satya Kumara², Wayan Gede Ariastina³

Submission: 15-08-2019, Accepted: 27-08-2019

Abstract—Bali province is one of 34 provinces of Indonesia and according to General Plan of National Energy it is expected to develop around 110 MW solar PV by 2025. Economically, Bali is considered as the center of Indonesian tourism industry. A wide range of accommodations have been developed to support the industry including villa. In this paper, potential of rooftop PV of villas in Bali is presented. Rooftop PV capacity is designed with objective to meet 23% of the villa's energy consumption. Two villas in the southern of Bali were taken as examples. Energy audit is conducted to study the energy usage of both villas. Based on the design objective, 13,7 kWp grid-connected PV is proposed for each of the villa. With these results, it is projected that all villas in Bali could add solar PV capacity around 34,8 MWp which can potentially generate annual energy of 54.750 MWh. Investment analysis are also included on this paper. The results presented here will help provincial and district governments of Bali to get insight into potential of tourism sector to support PV development and subsequently to develop appropriate policies and regulations to accelerate the uptake of rooftop PV in Bali.

Intisari—Provinsi Bali adalah salah satu dari 34 provinsi di Indonesia dan menurut Rencana Umum Energi Nasional diharapkan untuk mengembangkan sekitar 110 MW solar PV pada tahun 2025. Secara ekonomi, Bali dianggap sebagai pusat industri pariwisata Indonesia. Berbagai akomodasi telah dikembangkan untuk mendukung industri termasuk villa. Dalam tulisan ini, potensi Rooftop PV pada villa di Bali disajikan. Kapasitas Rooftop PV dirancang dengan tujuan untuk memenuhi 23% dari konsumsi energi villa. Dua villa di Bali selatan diambil sebagai contoh. Audit energi dilakukan untuk mempelajari penggunaan energi kedua villa. Berdasarkan tujuan desain, 13,7 kWp PV yang terhubung ke jaringan diusulkan untuk masing-masing villa. Dengan hasil ini, diproyeksikan bahwa semua villa di Bali dapat menambah kapasitas solar PV sekitar 34,8 MWp yang berpotensi menghasilkan energi tahunan 54.750 MWh. Analisis investasi juga dimasukkan dalam makalah ini. Hasil yang disajikan di sini akan membantu pemerintah provinsi dan kabupaten di Bali untuk mendapatkan wawasan tentang potensi sektor pariwisata untuk mendukung pengembangan PV dan selanjutnya mengembangkan kebijakan dan peraturan yang sesuai untuk mempercepat penyerapan Rooftop PV di Bali.

Kata Kunci—Energi terbarukan, Rooftop PV, Grid-connected, Pengurangan emisi, Pariwisata hijau.

¹Mahasiswa, Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Lingg. Sawangan, Badung 80361 INDONESIA (telp: 08179796277; fax:-; e-mail: kadeksumariana08@gmail.com)

^{2,3}Dosen, Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Jln. PB. Sudirman, Denpasar 80232 INDONESIA (telp: 0361-239599; fax:-; e-mail: ²ins_kumara@yahoo.com,

³w_ariastina@yahoo.com)

I. PENDAHULUAN

Kebijakan energi Indonesia tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN). Di dalam KEN disebutkan bahwa target Energi Baru Terbarukan (EBT) adalah sebesar 23% dalam bauran energi pada tahun 2025. Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terdiri dari 34 provinsi dengan potensi energi terbarukan yang melimpah seperti tenaga air, panas bumi, biomassa, angin dan surya yang bersih, sehingga ramah lingkungan dan tersedia secara berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah matahari. Karena posisi Indonesia dekat dengan khatulistiwa, rata-rata radiasi matahari adalah 4,8 kWh/m²/hari. Pada periode antara 2010 dan 2011, pemerintah Indonesia telah membangun lebih dari 100 sistem photovoltaic (PV) dengan total kapasitas 80 MWp dari 100 lokasi diberbagai pulau di Indonesia. Tahun 2025, Pemerintah Indonesia menetapkan target kapasitas nasional PV sebesar 6.500 MWp [1]. Sayangnya, sampai saat ini total kapasitas PLTS nasional masih jauh dari target yang telah ditetapkan sehingga ke depan perlu dilakukan berbagai terobosan agar target PLTS 2025 bisa dicapai.

Pulau Bali merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang mempunyai radiasi harian matahari rata-rata 5,3 kWh/m² dengan solar radiasi 1.000 Watt/m² [2]. Salah satu proyek percontohan yang telah dikembangkan di Bali adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1 MWp terinterkoneksi jaringan di Kayubih Bangli atau disebut PLTS Kayubih dan PLTS 1 MWp Karangasem. Pengoperasian kedua PLTS berskala besar tersebut merupakan suatu hal baru di Indonesia [3]. Di samping itu, berbagai proyek PLTS telah dikembangkan di Bali, namun akumulasi kapasitas terpasang juga masih rendah [4].

Di pulau Bali, pasokan daya listrik masih didominasi oleh pembangkitan berbahan bakar fosil dengan total daya mampu PLN Bali mencapai 1.300 MW dengan beban puncak 830 MW pada tahun 2016. Pembangkitan energi listrik di Bali berasal dari PLTG Gilimanuk 130 MW, Pembangkit Pemaron 80 MW, PLTU Celukan Bawang 380 MW dan Kabel Laut Jawa Bali 340 MW. PT PLN Distribusi Bali memperkirakan pertumbuhan listrik Bali pertahun berada di kisaran 12% [5].

Salah satu faktor penyebab meningkatnya permintaan energi listrik di Bali adalah perkembangan sektor pariwisata. Bali merupakan pusat pariwisata Indonesia. Dari tahun 2013 sampai 2017 peningkatan kunjungan wisatawan adalah sebesar 14,6%. Peningkatan kunjungan wisatawan harus diikuti dengan pembangunan fasilitas kepariwisataan termasuk akomodasi pariwisata seperti hotel dan villa. Pada tahun 2013, jumlah akomodasi pariwisata sebanyak 2.572-unit dan pada tahun 2017 meningkat menjadi 4.290-unit yang terdiri dari 1.748-unit hotel bintang maupun non bintang dan 2.542-unit villa [6]. Dari sisi jumlah pemakaian energi listrik,



komposisi dari tiap jenis pelanggan antara lain pelanggan bisnis sebesar 48,8%, rumah tangga 40,6%, publik 3,5%, industri 3,4%, sosial 2,6% dan layanan khusus sebesar 1,0% [7].

Peranan sektor pariwisata di Bali seperti villa untuk ikut berpartisipasi dalam pengembangan PLTS sangat potensial. Villa dengan konsep green energy akan memiliki nilai jual lebih baik karena disamping memberikan kenyamanan serta bebas polusi juga ikut mengurangi emisi gas buang, sehingga tamu yang sudah sadar dengan perlindungan lingkungan berpotensi akan memilih tinggal di akomodasi yang telah mengadopsi energi hijau. Disamping itu, pengembangan green energy di sektor pariwisata sejalan dengan program pemerintah daerah yaitu Bali Green Province yang dalam implementasinya memerlukan partisipasi seluruh komponen masyarakat dan pelaku usaha [8][9]. Partisipasi sektor pariwisata seperti villa dalam pengembangan energi terbarukan diharapkan dapat mengurangi ketergantungan akan sumber energi listrik yang masih bergantung pada bahan bakar fosil.

Identifikasi atau kajian terhadap potensi sektor pariwisata dalam mendukung perkembangan pariwisata telah menjadi perhatian peneliti-peneliti di pusat-pusat pariwisata dunia. Seperti, proyek HOTRES di lima wilayah UE (East Attica, Sicily, Alpes-Maritimes, Andalusia and Madeira) yang mempromosikan lima teknologi energi terbarukan (solar thermal, solar passive, solar PV, biomass and geothermal energy) dengan tujuan implementasi sistematis kondisi untuk aplikasi masif masa depan dari energi terbarukan di industri pariwisata [10]. Pemanfaatan energi surya dalam pengembangan pariwisata berkelanjutan di pulau-pulau Mediterania, dengan tujuan pengembangan ekonomi pariwisata melalui bentuk pariwisata tematik dan produk serta layanan pariwisata yang berbeda [11]. Penerapan teknologi energi terbarukan dalam pengembangan pariwisata pedesaan rendah karbon di Changsha, China [12]. Potensi pemanfaatan rooftop PV yang belum diatur di negara berkembang, studi kasus di sektor perumahan Kerajaan Arab Saudi dengan mempertimbangkan dua jenis bangunan yaitu apartemen dan villa [13]. Kelayakan ekonomi sistem PV di hotel-hotel di Meksiko, dengan tujuan menentukan kondisi yang menguntungkan untuk menghasilkan energi listrik melalui sistem PV [14].

Tujuan dari makalah ini adalah untuk menilai potensi rooftop PV pada akomodasi tipe villa di Bali untuk mendukung mewujudkan target PV dan juga program Bali Green Province. Hasil yang disajikan dalam makalah ini akan membantu pemerintah pusat dan daerah, industri pariwisata, dan masyarakat umum untuk memahami potensi rooftop PV dalam mewujudkan target PV provinsi sebagai bagian dari rencana 2020 solar PV nasional.

II. STUDI LITERATUR

Penelitian ini akan mengkaji potensi pemanfaatan sistem rooftop PV pada dua jenis villa yang berbeda yaitu private villa dan resort villa. Private villa adalah villa yang berfungsi sebagai tempat untuk istirahat keluarga yang dimiliki

oleh perorangan tanpa tujuan komersial, sedangkan resort villa adalah villa yang berbentuk resort yang bangunannya terpisah-pisah seperti halnya sebuah villa, yang memiliki pelayanan villa berbintang dengan segala kelebihan fasilitasnya dapat ditemukan pada villa jenis ini [15]. Untuk private villa, penelitian dilakukan di villa Uluwatu 318, Desa Pecatu Kabupaten Badung dan resort villa di villa The Shanti Residence, Nusa Dua, Kabupaten Badung.

Villa Uluwatu 318 memiliki luas kurang lebih 3.400 m² dengan bangunan terdiri dari 6 kamar tidur, 1 dapur, 1 ruang belajar, 1 ruang audio, dan 1 ruang tamu seperti pada Figure 1. Kebutuhan energi listrik di villa Uluwatu 318, disuplai oleh PLN dengan kapasitas daya sebesar 131 kVA.



Gambar 1 : Satellite view villa Uluwatu 318

Villa The Shanti Residence mulai beroperasi pada tahun 2007, dibangun di atas tanah seluas kurang lebih 3.500 m² dengan bangunan terdiri dari 4 kamar tidur, 1 dapur, 2 ruang belajar, 1 ruang audio, 1 ruang pijat, dan 1 ruang olahraga seperti pada Gambar 2. Kebutuhan energi listrik di Villa The Shanti Residence, disuplai oleh PLN dengan kapasitas daya sebesar 56 kVA.

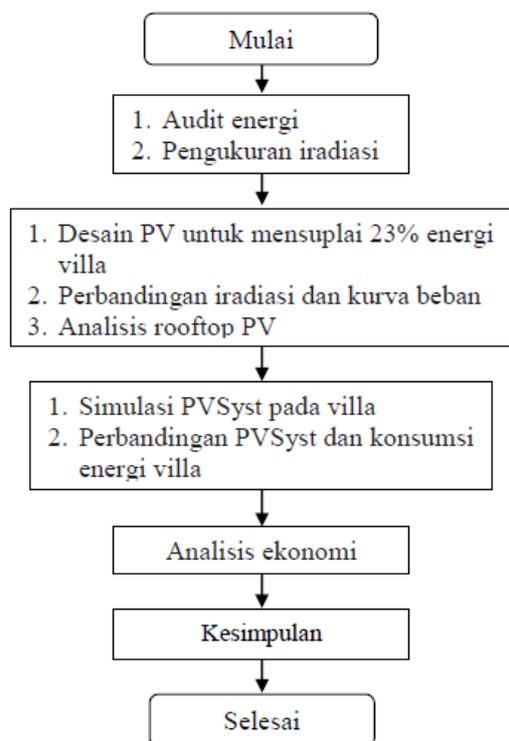
Sistem solar PV yang diusulkan pada penelitian ini adalah sistem grid-connected PV. Array surya akan dipasang dengan memanfaatkan atap bangunan villa. Pemilihan sistem PV tanpa baterai bertujuan untuk meminimalkan investasi dan karena karakteristik penggunaan energi di villa yang tinggi pada siang hari. Keunggulan dari sistem rooftop PV diantaranya, lebih mudah dan murah untuk diintegrasikan dengan sistem kelistrikan yang sudah ada, dapat memanfaatkan lahan yang ada sehingga menghilangkan biaya investasi lahan baru, serta dapat turut mengurangi beban jaringan sistem yang ada [16].



Gambar 2 : Satellite view villa The Shanti Residence

III. METODOLOGI PENELITIAN

Skematik metodologi penelitian yang dilakukan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 : Skematik metodologi penelitian

Sesuai dengan skematik metodologi penelitian yang ditunjukkan Gambar 3, maka kegiatan pertama yang I Kadek Sumariana : Penilaian Potensi Akomodasi Tipe...

dilakukan adalah melakukan audit energi sesuai dengan pedoman teknis audit energi [17], dan pengukuran iradiasi matahari pada kedua villa. Tujuan audit energi adalah untuk mengetahui konsumsi energi pada masing-masing villa sehingga dapat dipakai acuan dalam merancang kapasitas sistem PV. Sedangkan, pengukuran iradiasi matahari dilakukan menggunakan solar power meter bertujuan untuk mengetahui potensi iradiasi matahari pada masing-masing villa.

Kapasitas sistem PV yang dirancang akan mengacu pada rencana nasional untuk mencapai 23% energi terbarukan pada bauran energi tahun 2025 [1]. Pada kedua villa yang diteliti, energi listrik merupakan satu-satunya sumber energi sehingga jika 23% energi listrik yang digunakan berasal dari PV maka secara tidak langsung villa akan mendukung pencapaian target PV nasional tersebut. Penentuan kapasitas rooftop PV dilakukan dengan persamaan berikut:

$$E_{PVcap} = 23\% \times E_{tot} \quad (1)$$

Dimana, E_{PVcap} adalah energi yang harus mampu dihasilkan oleh sistem PV yang akan dirancang, dinyatakan dalam satuan kWh. E_{tot} adalah rata-rata total energi yang dikonsumsi oleh villa setiap hari dalam satuan kWh.

Menentukan kebutuhan daya sistem PV dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [18]:

$$P_{PV} = \frac{E_{pv}}{PV_{genfact}} \quad (2)$$

Dengan,

$$PV_{genfact} = \frac{SR}{STC} \quad (3)$$

$$E_{PV} = E_{PVcap} \times R_{comfact} \quad (4)$$

Dimana, P_{PV} adalah kebutuhan daya sistem PV dalam satuan kWp, E_{pv} adalah energi yang dibutuhkan modul PV dalam satuan kWh, $PV_{genfact}$ adalah faktor generasi panel, SR adalah radiasi matahari dalam satuan kWh/m²/d, STC adalah kondisi standar iradiasi panel PV sebesar 1,000 W/m² [18], $R_{comfact}$ adalah faktor kompensasi rugi sistem.

Sedangkan, total kebutuhan modul PV dapat dihitung dengan persamaan berikut [18]:

$$PV_{req} = \frac{P_{PV}}{PV_{rateout}} \quad (5)$$

Dimana, PV_{req} adalah total kebutuhan modul PV, $PV_{rateout}$ adalah kapasitas output modul PV dalam satuan Wp.

Total area yang dibutuhkan untuk pemasangan modul PV dapat dihitung dengan persamaan berikut [19]:



$$PV_{area} = PV_{req} \times PV_L \times PV_W \quad (6)$$

Dimana, PV_{area} adalah total area pemasangan modul PV dalam satuan m^2 , PV_L adalah panjang modul dan PV_W adalah lebar modul dalam satuan m.

Penentuan kapasitas dan total kebutuhan inverter dapat dihitung dengan persamaan berikut [18]:

$$In_{cap} = P_{PV} \times PV_{systol} \quad (7)$$

$$In_{req} = \frac{In_{cap}}{In_{rateout}} \quad (8)$$

Dimana, In_{cap} adalah kapasitas inverter dalam satuan kW, PV_{systol} adalah toleransi sistem, In_{req} adalah total kebutuhan inverter, $In_{rateout}$ adalah kapasitas output inverter dalam satuan kW.

Setelah rooftop PV untuk kedua villa dirancang maka akan disimulasikan dengan PVSyst untuk mendapatkan gambaran tentang unjuk kerja sistem PV tersebut dilihat dari produksi energi bulanan dan tahunan. PVSyst merupakan paket software yang digunakan dalam perancangan dan analisis unjuk kerja dari suatu sistem PV secara lengkap. PVSyst yang digunakan dalam penelitian ini adalah PVSyst V6.70. Data meteorologi yang digunakan pada PVSyst penelitian ini adalah Meteororm V7.2 (2017) [20].

Untuk mengetahui kelayakan ekonomi dari pembangunan sistem PV atap bangunan ini maka akan dilakukan analisa investasi. Untuk itu berbagai komponen investasi akan diperhitungkan antara lain: biaya komponen sistem PV (biaya investasi awal, biaya operasi dan pemeliharaan, biaya penggantian), waktu pengembalian investasi dan kelayakan investasi [21][22].

Biaya komponen sistem PV akan dihitung menggunakan metode Life Cycle Cost (*LCC*) dengan persamaan berikut [22]:

$$LCC = C + M_{pw} + R_{pw} \quad (9)$$

Dimana, C adalah biaya investasi awal sistem PV, M_{pw} adalah biaya operasi dan pemeliharaan sistem PV selama umur investasi yang dapat dihitung dengan persamaan berikut [22]:

$$M_{pw} = M \left(\frac{1+i}{1+d} \right) \left[\frac{1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n}{1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)} \right] \quad (10)$$

Dimana, n adalah umur investasi, d adalah suku bunga Bank, i adalah nilai inflasi dan M adalah biaya operasi dan pemeliharaan sistem PV per tahun yang dapat dihitung dengan persamaan berikut [22]:

$$M = Perc_{O\&M} \times C \quad (11)$$

Dimana, $Perc_{O\&M}$ adalah persentase operasi dan pemeliharaan.

Sedangkan, R_{pw} adalah biaya penggantian komponen sistem PV selama umur investasi yang dapat dihitung dengan persamaan berikut [22]:

$$R_{pw} = R \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n \quad (12)$$

Dengan, R adalah total biaya komponen (inverter) dan adalah tahun penggantian komponen.

Waktu pengembalian investasi akan ditentukan dengan metode Payback Period (*PBP*) yang dapat dihitung dengan persamaan berikut [21]:

$$PBP = \frac{VL_i}{NCF}$$

Atau,

$$PBP = \frac{LCC}{E_{save}} \quad (13)$$

Dimana, VL_i adalah nilai investasi, NCF adalah aliran kas bersih. Sedangkan, potensi penghematan dapat dihitung dengan persamaan berikut [22]:

$$E_{save} = E_{price} \times AkWh \quad (14)$$

Dimana, E_{save} adalah penghematan energi menggunakan PV, E_{price} adalah harga energi, $AkWh$ adalah total energi tahunan yang dihasilkan oleh sistem PV dalam satuan kWh.

Menentukan kelayakan investasi digunakan metode Net Present Value (*NPV*) dengan persamaan berikut [22]:

$$NPV = \sum_{t=1}^n PVNCFt - C \quad (15)$$

Dimana, $PVNCFt$ adalah $NCFt \times DFt$, dengan $NCFt$ adalah (kas masuk-kas keluar) dan DFt adalah faktor diskonto yang dapat dihitung dengan persamaan [22]:

$$DFt = \frac{1}{(1+d)^t} \quad (16)$$

Dimana, t adalah masa hidup investasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Audit Energi

Untuk mengetahui sistem kelistrikan dan pola konsumsi energi listrik pada masing-masing villa, maka dilakukan audit energi pada lokasi penelitian pada Juli 2017. Metode audit energi dilakukan dengan mengacu pada pedoman teknis audit

energi. Data-data yang dikumpulkan meliputi jenis alat/peralatan yang digunakan, spesifikasi teknis peralatan dan pola/waktu operasi peralatan. Waktu operasi peralatan pada masing-masing villa ditentukan berdasarkan rata-rata hasil observasi pemakaian per hari pada Juli 2017.

Hasil audit energi pada masing-masing villa disajikan pada Tabel I dan II. Sementara itu, konsumsi energi riil yang dibayarkan oleh masing-masing villa ke PLN berdasarkan data yang diberikan oleh pihak manajemen villa disajikan pada Gambar 4.

TABEL I
 AUDIT ENERGI PRIVATE VILLA

Beban	Daya (Watt)	Total	Total Daya (Watt)	Waktu Operasi (h)	Energi (Wh)
Penerangan					
Led	4	2	8	3	24
Led	6	24	144	3	432
Led	7	374	2.618	10	26.180
Plc	11	68	748	6	4.488
Sportlight	7	98	686	4	2.744
Pendant	50	3	150	3	450
Halogen	50	9	450	3	1.350
Halogen	6	20	120	3	360
Halogen	7	116	812	3	2.436
TV 24 inch	75	1	75	2	150
TV 32 inch	115	2	230	4	920
Exhaust fan	39	2	78	0,10	8
Exhaust fan	59	2	118	0,10	12
Exhaust fan	35	25	875	0,10	88
AC 2.5 pk	1.910	4	7.640	4	30.560
AC 3 pk	2.840	2	5.680	2	11.360
AC 5 pk	5.100	7	35.700	2	71.400
AC 5.5 pk	5.800	4	23.200	2	46.400
Booster pump	1.100	2	2.200	2	4.400
Transfer pump	1.100	1	1.100	2	2.200
Submersible pump	550	3	1.650	6	9.900
Pool pump	1.000	3	3.000	6	18.000
Pool pump	1.400	2	2.800	8	22.400
Microwave	400	1	400	0,25	100
Refrigerator	50	3	150	12	1.800
Computer	50	2	100	9	900
Total			90.732		259.061

Gambar 4 : Grafik energi dari PLN

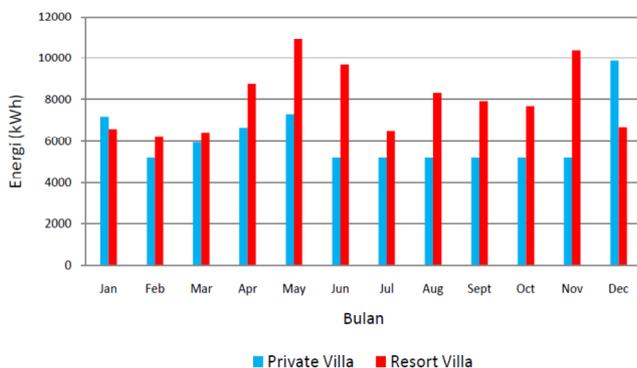
Dapat dilihat pada Tabel I bahwa total daya peralatan atau power demand di villa sangat besar, namun pada kenyataannya karena pengoperasian peralatan tersebut tidak terjadi secara bersamaan. Sehingga plafon daya villa yang sebesar 131 kVA masih mampu memenuhi kebutuhan villa.

TABEL II
 AUDIT ENERGI RESORT VILLA

Beban	Daya (Watt)	Total	Total Daya (Watt)	Waktu Operasi (h)	Energi (Wh)
Penerangan					
Led	9	48	432	6	2.592
Plc	36	47	1.692	5	8.460
Sportlight	50	34	1.700	6	10.200
Halogen	50	188	9.400	10	94.000
Halogen	150	19	2.850	4	11.400
TL	50	2	100	2	200
TV	115	10	1.150	4	4.600
AC	1.500	8	12.000	4	48.000
Celling fan	150	18	2.700	3	8.100
Water heater	2.500	3	7.500	1	7.500
Water heater	1.500	2	3.000	1	3.000
Booster pump	1.100	1	1.100	3	3.300
Pool pump	1.400	3	4.200	12	50.400
Microwave	400	1	400	0,45	180
Mixer	800	1	800	0,45	360
Blender	1.100	1	1.100	0,45	495
Refrigerator	50	2	100	12	1.200
Refrigerator	150	1	150	12	1.800
Computer	50	2	100	5	500
Total			50.474		256.287

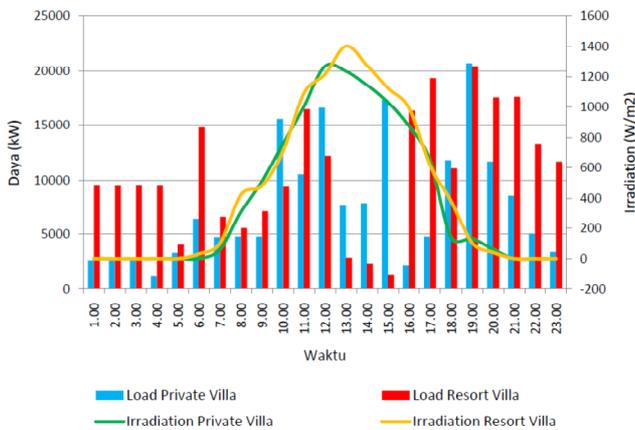
Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa konsumsi energi pada private villa berubah-ubah setiap bulan. Perbedaan konsumsi energi ini dipengaruhi oleh jumlah hari tinggal/kunjungan pemilik villa setiap bulannya pada kasus private villa. Sedangkan pada kasus resort villa, fluktuasi energi ini disebabkan oleh jumlah tamu/wisatawan yang menginap atau melakukan kegiatan khusus seperti pesta pernikahan. Total konsumsi energi per tahun pada private villa adalah sebesar 73.675 kWh dan resort villa sebesar 96.214 kWh, dengan rata-rata konsumsi energi minimum per bulan pada kedua villa adalah 5.748 kWh dan maksimum sebesar 10.409 kWh.

Jika merujuk pada target bauran energi 2025 yang disebutkan dalam RUEN, bahwa komposisi EBT adalah sebesar 23% dari total konsumsi energi nasional. Jika prinsip ini diterapkan pada villa dan karena satu-satunya sumber energi yang digunakan villa adalah energi listrik, maka agar memenuhi target EBT 23% tersebut, villa harus mampu memenuhi 23% energi listriknya yang berasal dari sumber energi terbarukan. Dalam konteks penelitian ini yang mengusulkan solar PV maka kapasitas PV yang didesain harus mampu menghasilkan energi untuk memenuhi 23% dari kebutuhan energi villa. Berdasarkan pendekatan ini maka sistem PV harus mampu menghasilkan energi sebesar 59,6 kWh pada private villa dan 59 kWh pada resort villa.



Untuk mengetahui potensi energi matahari di lokasi villa maka dilakukan pengukuran iradiasi matahari. Iradiasi ini diukur dengan portable pyranometer. Hasil rata-rata iradiasi matahari pada lokasi villa yang diukur pada Juli 2017, disajikan pada Gambar 5. Untuk mengetahui bagaimana power demand/kurva beban dari villa dan potensi pembangkitan daya listrik sistem PV telah dilakukan pengukuran terhadap fluktuasi daya di masing-masing villa dan hasilnya disajikan pada Gambar 5.

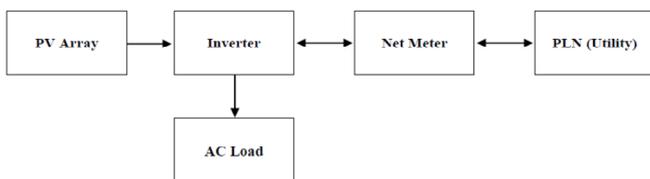
Rata-rata pemakaian daya listrik per hari pada masing-masing villa ditentukan dengan melakukan pengukuran menggunakan tang ampere pada bulan Juli 2017. Beban puncak pada masing-masing villa terjadi pada jam 19.00, karena pada saat itu hampir semua beban yang berupa penerangan sedang dihidupkan. Sedangkan pada siang hari, dari jam 10.00-12.00 dipengaruhi oleh peralatan listrik yang digunakan seperti peralatan dapur untuk mempersiapkan makan siang dan penggunaan Air Conditioner (AC) karena panasnya cuaca pada siang hari.



Gambar 5 : Daya beban dan iradiasi matahari

B. Desain Rooftop PV

Sistem grid-connected PV yang akan dirancang terdiri dari modul PV dan grid inverter seperti disajikan pada Gambar 6. Daya yang dihasilkan oleh modul PV akan disalurkan langsung ke beban melalui grid inverter. Sistem grid-connected PV dan PLN bekerja paralel. Apabila sistem PV tidak menghasilkan daya, misalnya pada malam hari atau cuaca hujan disiang hari, maka PLN akan mensuplai listrik ke beban.



Gambar 6 : Skematik grid-connected PV pada villa

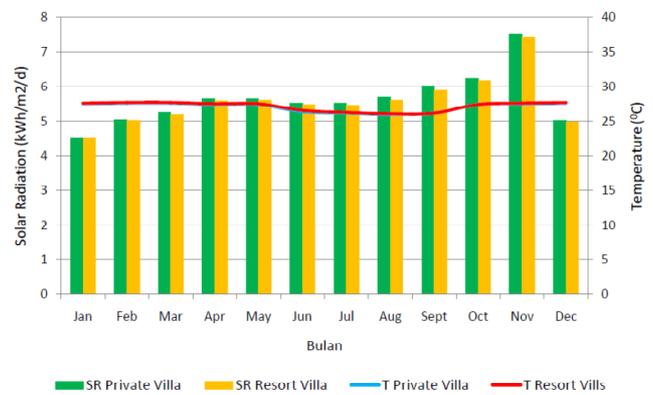
Berdasarkan Tabel I dan II hasil audit energi pada masing-masing villa diketahui, besarnya konsumsi energi harian pada private villa adalah 259 kWh/hari dan resort villa sebesar 256 kWh/hari. Sedangkan, besarnya energi listrik yang akan

disuplai oleh sistem PV adalah 23% dari pemakaian energi harian tersebut. Maka, 23% konsumsi energi pada masing-masing villa adalah 59,6 kWh pada private villa dan 59 kWh pada resort villa.

TABEL III
KEBUTUHAN ENERGI VILLA

Villa	Konsumsi Energi (kWh)	23% Kebutuhan Energi (kWh)
Private Villa	259	59,6
Resort Villa	256	59

Dalam perancangan sistem PV diperlukan data radiasi matahari dari lokasi masing-masing villa. Data radiasi matahari pada penelitian ini diestimasi dari data meteorologi dalam PVSyst V6.70 berdasarkan lokasi masing-masing villa yaitu private villa yang terletak dikoordinat -8.83°S, 115.08°E dan resort villa yang terletak dikoordinat -8.84°S, 115.20°E [20]. Potensi energi matahari untuk kedua lokasi disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7 : Radiasi matahari pada villa

Menentukan faktor generasi panel bertujuan untuk mendapatkan kapasitas sistem PV yang diharapkan, dengan radiasi matahari yang berbeda disetiap lokasi [18]. Untuk private villa rata-rata radiasi adalah 5,64 kWh/m²/d dan resort villa 5,59 kWh/m²/d sesuai Gambar 7. Sehingga, faktor generasi panel pada private villa adalah 5,64 dan resort villa 5,59 dengan Persamaan (3).

Kapasitas energi output sistem PV yang dirancang adalah total konsumsi energi harian dari masing-masing villa yaitu 59,6 kWh untuk private villa dan 59 kWh untuk resort villa. Sedangkan energi yang diperlukan untuk mengkompensasi rugi-rugi sistem PV adalah sebesar 30% [18]. Sehingga, total kebutuhan energi sistem PV pada private villa dengan Persamaan (4) adalah 77,5 kWh dan resort villa 76,7 kWh. Maka, kapasitas daya sistem PV pada masing-masing villa yang dihitung dengan Persamaan (2) adalah sama bagi kedua villa yaitu 13,7 kWp.

Pemilihan modul PV didasarkan atas ketersediannya di Indonesia dan dari survei yang telah dilakukan digunakan modul surya dengan output 330 Wp buatan Q-Cells. Spesifikasi yang lengkap dari modul PV disajikan pada Tabel IV [23]. Total kebutuhan modul PV pada masing-masing villa

sesuai dengan Persamaan (5) adalah 42 modul pada kedua villa.

TABEL IV
SPESIFIKASI MODUL PV

Parameter	Informasi
Manufacturer	Q-Cells
Model Number	Q. POWER L_G5 2
Rated Power (W)	330
Max. Power Voltage (V)	37,7
Max. Current (A)	8,76
Open Circuit Voltage (V)	46,1
Short Circuit Current (A)	9,30
Module Efficiency (%)	16,9
Weight (Kg)	22,5
Dimension (mm)	1.960x991x35

Kapasitas inverter yang dipilih berkaitan dengan kapasitas sistem PV pada masing-masing villa, dengan toleransi 25%-30% lebih besar dari kapasitas sistem PV [18]. Kapasitas inverter pada masing-masing villa setelah dihitung dengan Persamaan (7) adalah 17,8 kW pada kedua villa.

Inverter yang diusulkan pada penelitian ini adalah inverter Solis-6K 3 fase dimana spesifikasi teknisnya disajikan pada Tabel V [24]. Pemilihan inverter ini didasari atas ketersediannya di Indonesia dan statusnya sudah memenuhi persyaratan koneksi grid seperti EN50438, AS4777, VDE0126, dan IEC61727, serta standar keamanan dan EMC. Berdasarkan perhitungan maka total jumlah inverter sesuai dengan Persamaan (8) adalah 3-unit untuk masing-masing villa.

TABEL V
SPESIFIKASI INVERTER

Parameter	Informasi
Manufacturer	SOLIS
Model Number	Solis-6K
Max. Input Power (W)	6.900
Output Power (W)	6.000
Max. Input Voltage (V)	1.000
Output Voltage (V)	313-470
Output Current (A)	10
Efficiency (%)	98,2

Spesifikasi komponen utama sistem PV berdasarkan hasil perhitungan untuk kedua villa disajikan pada Tabel VI.

TABEL VI
KOMPONEN SISTEM PV

Deskripsi	Private Villa	Resort Villa
Kapasitas Sistem (kWp)	13,7	13,7
Modul PV (Wp)	330	330
Total Modul	42	42
Inverter (kW)	6	6
Total Inverter	3	3

Luas area atap bangunan yang dibutuhkan untuk pemasangan modul PV dari sistem grid-connected PV pada masing-masing villa didasarkan pada Tabel IV dan VI, adalah I Kadek Sumariana : Penilaian Potensi Akomodasi Tipe...

82 m² untuk setiap villa yang dihitung dengan Persamaan (6) [19]. Pemasangan modul PV pada atap bangunan masing-masing villa dibandingkan dengan luas total atap bangunan villa adalah sebesar 6,15% dan 11,36%, seperti disajikan pada Tabel VII. Hasil ini menunjukkan bahwa, jika dilakukan penambahan kapasitas dari sistem rooftop PV, hal ini masih bisa dilakukan karena luas atap yang tersedia masih banyak.

TABEL VII
RASIO PEMANFAATAN ATAP

Villa	Luas Total Atap (m ²)	Total Area Array (m ²)	Rasio Pemanfaatan Atap (%)
Private Villa	1.333	82	6,15
Resort Villa	722	82	11,36

C. Estimasi Produksi Energi

Hasil rancangan sistem PV pada masing-masing villa disimulasikan menggunakan PVSyst V6.70. Data input yang diperlukan dalam simulasi ini disajikan pada Tabel VI. Hasil simulasi produksi energi dari sistem grid-connected PV pada villa dapat dilihat pada Tabel VIII.

TABEL VIII
HASIL SIMULASI SISTEM PV

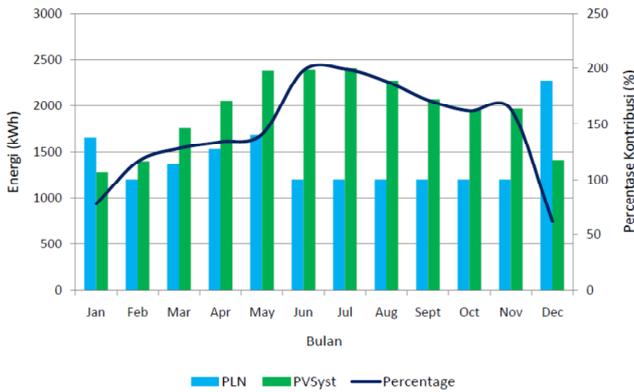
Bulan	E_Grid (kWh)	
	Private Villa	Resort Villa
Jan	1.281	1.281
Feb	1.400	1.400
Mar	1.757	1.741
Apr	2.051	2.035
May	2.373	2.357
Jun	2.385	2.361
Jul	2.401	2.379
Aug	2.268	2.228
Sept	2.067	2.021
Oct	1.949	1.920
Nov	1.965	1.955
Dec	1.412	1.400
Annual	23.309	23.078

Persentase energi yang dihasilkan sistem PV, dibandingkan dengan 23% konsumsi energi riil yang dibayarkan ke PLN pada masing-masing villa seperti disajikan pada Gambar 4, disajikan pada Gambar 8 dan 9.

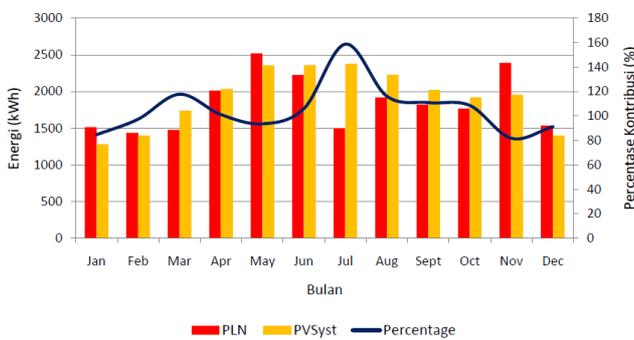
Produksi energi per tahun sistem PV adalah 1.942 kWh dan energi riil dari PLN sebesar 1.412 kWh pada private villa. Sedangkan pada resort villa, produksi sistem PV sebesar 1.923 kWh dan PLN sebesar 1.844 kWh. Perbandingan rata-rata produksi sistem PV dan PLN pada kedua villa adalah sebesar 120%. Pada bulan Desember dan Januari, sistem PV tidak mampu memenuhi kebutuhan energi villa. Hal itu dipengaruhi oleh rendahnya intensitas radiasi matahari pada bulan tersebut karena musim penghujan [25], dan tingginya tingkat penggunaan kedua villa menjelang akhir tahun. Sedangkan pada bulan Juni dan Juli, output sistem PV sangat tinggi yang disebabkan oleh tingginya intensitas radiasi matahari pada



bulan tersebut karena musim kemarau [25], dan rendahnya tingkat penggunaan energi kedua villa.



Gambar 8 : Perbandingan persentase energi private villa



Gambar 9 : Perbandingan persentase energi resort villa

Jika diasumsikan seluruh akomodasi vila di Bali memanfaatkan sistem PV berkapasitas 13,7 kWp dengan pemakaian energi perhari sebesar 59 kWh dan jumlah seluruh villa sebanyak 2.542-unit, maka dalam sehari akomodasi pariwisata villa mampu menyumbang penghematan energi sebesar 150 MWh/hari atau 54.750 MWh/tahun. Sedangkan potensi total kapasitas PV untuk seluruh villa adalah 13,7 kWp * 2.542 sebesar 34,8 MWp.

D. Analisis Investasi

Besarnya komponen investasi awal dari sistem PV yang dirancang pada private villa dan resort villa dapat dilihat pada Tabel IX [26].

TABEL IX
BIAYA INVESTASI AWAL

Komponen	Harga Unit (Rp)	Jumlah	Total (Rp)
Module PV 330 Wp	3.465.000	42	145.530.000
Inverter 6 kw	28.000.000	3	84.000.000
Accessory Installation: Cable & Connector Set	8.300.000	1	8.300.000
Box Inverter			
Rooftop Mounting			
Installation, Testing & Commissioning	5.000.000	1	5.000.000
Total Investasi			242.830.000

Biaya operasional dan pemeliharaan per tahun untuk sistem PV, umumnya diasumsikan sebesar 1% dari total biaya investasi awal [22]. Adapun biaya operasional dan pemeliharaan per tahun (*M*) adalah Rp. 2.428.300 dengan Persamaan (11). Sedangkan, total biaya pemeliharaan sistem PV selama umur investasi (*M_{pw}*) adalah Rp. 45.745.098 yang dihitung dengan Persamaan (10). Umur investasi diasumsikan selama 25 tahun yang mengacu pada datasheet modul PV yang dipilih [23]. Sedangkan, *d* sebesar 6% berdasarkan suku bunga Bank Indonesia (BI) tahun 2018 dan *i* sebesar 3.61% berdasarkan inflasi tahun 2018 [27].

Komponen sistem PV seperti inverter memiliki usia operasi lebih pendek dari pada usia modul PV, yaitu selama 5 tahun sesuai data pada datasheet, standard warranty komponen [24]. Total biaya penggantian inverter diperoleh dengan mengalikan jumlah inverter dan harga inverter yang digunakan berdasarkan data tahun 2018 [26], suku bunga bank dan inflasi tahun 2018 [27]. Maka total penggantian inverter selama umur investasi 25 tahun adalah sebanyak empat kali yaitu pada tahun ke-6, 12, 18, 24. Adapun total biaya penggantian komponen sistem PV selama umur investasi (*R_{pw}*) dihitung dengan Persamaan (12) adalah *R_{pw}* inverter tahun ke-6 Rp. 73.257.844, tahun ke-12 Rp. 63.889.426, tahun ke-18 Rp. 55.719.067, tahun ke-24 Rp. 48.593.556. Total biaya penggantian inverter selama umur investasi (*R_{pw}*) adalah Rp. 241.459.893. Dimana, *R* adalah total biaya inverter sebesar Rp. 84.000.000 sesuai Tabel IX dan *i*, *d*, telah didefinisikan sebelumnya, sedangkan *n* adalah tahun penggantian yaitu tahun ke-6, 12, 18, 24. Sehingga, besarnya biaya komponen PV (*LCC*) dapat dihitung dengan Persamaan (9) adalah Rp. 530.034.991.

Total energi tahunan yang dihasilkan oleh sistem PV pada private villa adalah 23.309 kWh dan resort villa sebesar 23.078 kWh sesuai hasil simulasi pada Tabel VIII. Total energi yang dihasilkan oleh sistem PV ini diasumsikan akan menjadi potensi penghematan energi pada masing-masing villa [22]. Selama ini kedua villa membayarkan tagihan energi ke PLN dengan klasifikasi tarif R-1/1.300 VA dengan harga energi pada tahun 2018 sebesar Rp. 1.467/kWh [28]. Sehingga, potensi penghematan energi pada masing-masing villa adalah Rp. 34.194.303/tahun pada private villa dan Rp. 33.855.426/tahun pada resort villa dihitung dengan Persamaan (14).

Teknik analisis kelayakan investasi yang akan digunakan adalah Net Present Value (*NPV*). Dengan kriteria : jika *NPV* > 0 maka investasi dianggap layak, dan jika *NPV* < 0 maka investasi dianggap tidak layak [22]. Untuk faktor diskonto (*DFt*) dihitung dengan Persamaan (16) dimana, *d* telah didefinisikan sebelumnya dan *t* masa hidup investasi dari 1 sampai 25 tahun. Sedangkan, *NCFT* ditentukan berdasarkan ketentuan sebagai berikut: Kas masuk adalah hasil dari potensi penghematan menggunakan sistem PV. Sedangkan, Kas keluar terdiri dari: 1) biaya operasional dan pemeliharaan per tahun, dan 2) total biaya penggantian inverter. Jika semua nilai tersebut ditabulasikan, maka nilai *NPV* dapat ditentukan seperti pada Tabel X.

TABEL X
 ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI SISTEM PV PRIVATE VILLA

Tahun	Kas Masuk	Kas Keluar		NCFt	DFt 6%	PVNCFt	Commulative \sum NCFt*DFt
	E_{save}	O & M	Inverter				
0	-	-	-	-	1,000	-	-
1	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,943	29.967.927	29.967.927
2	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,890	28.271.630	58.239.557
3	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,840	26.671.349	84.910.906
4	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,792	25.161.650	110.072.555
5	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,747	23.737.405	133.809.961
6	34.194.303	2.428.300	84.000.000	-52.233.997	0,705	-36.822.907	96.987.054
7	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,665	21.126.206	118.113.260
8	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,627	19.930.383	138.043.643
9	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,592	18.802.248	156.845.892
10	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,558	17.737.970	174.583.862
11	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,527	16.733.934	191.317.796
12	34.194.303	2.428.300	84.000.000	-52.233.997	0,497	-25.958.696	165.359.100
13	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,469	14.893.142	180.252.242
14	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,442	14.050.134	194.302.375
15	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,417	13.254.843	207.557.219
16	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,394	12.504.569	220.061.788
17	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,371	11.796.763	231.858.551
18	34.194.303	2.428.300	84.000.000	-52.233.997	0,350	-18.299.857	213.558.694
19	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,331	10.499.077	224.057.772
20	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,312	9.904.790	233.962.561
21	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,294	9.344.141	243.306.703
22	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,278	8.815.228	252.121.931
23	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,262	8.316.253	260.438.183
24	34.194.303	2.428.300	84.000.000	-52.233.997	0,247	-12.900.677	247.537.506
25	34.194.303	2.428.300	-	31.766.003	0,233	7.401.435	254.938.942

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel X diketahui bahwa pada akhir tahun ke-25, akumulasi nilai $\sum_{t=1}^{25}$ PVNCFt = Rp. 254.938.942. Sehingga untuk menentukan kriteria nilai NPV dapat ditentukan menggunakan Persamaan (15) adalah Rp. 12.108.942. Sedangkan, kriteria NPV resort villa dengan cara perhitungan yang sama menggunakan Persamaan (15) dan (16) adalah Rp. 7.776.956. Karena nilai NPV pada private villa dan resort villa positif, maka sesuai dengan kriteria NPV investasi dianggap layak.

Lamanya waktu pengembalian investasi sistem PV (PBP) dihitung menggunakan Persamaan (13), hasilnya bahwa pengembalian investasi pada private villa adalah 15 tahun 5 bulan dan resort villa 15 tahun 7 bulan. Perbedaan waktu pengembalian investasi pada masing-masing villa dipengaruhi oleh total energi tahunan yang dihasilkan oleh sistem PV karena radiasi matahari yang berbeda disetiap lokasi, seperti ditunjukkan pada Tabel VIII. Masa pengembalian investasi yang cukup panjang disebabkan oleh harga jual energi relatif rendah, jika dibandingkan dengan harga jual energi di kawasan ASEAN [29].

V. KESIMPULAN

Paper ini telah mengkaji potensi teknis dan analisa ekonomi terkait pemanfaatan rooftop PV pada villa di Bali dalam I Kadek Sumariana : Penilaian Potensi Akomodasi Tipe...

mendukung percepatan pembangunan PLTS untuk mencapai target 23% EBT pada tahun 2025. Kapasitas daya sistem grid-connected PV untuk memenuhi 23% kebutuhan energi perhari pada private villa dan resort villa adalah sebesar 13,7 kWp dan luas atap yang digunakan untuk pemasangan rooftop PV dengan kapasitas ini hanya berkisar 11% dari seluruh atap bangunan villa.

Berdasarkan kajian ekonomi yang telah dilakukan, total investasi yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 242.830.000, dengan jangka waktu Payback Period pada private villa adalah 15 tahun 5 bulan dan resort villa adalah 15 tahun 7 bulan. Berdasarkan metode Net Present Value, investasi untuk sistem PV yang dirancang pada private villa dan resort villa bernilai positif atau layak. Lamanya PBP secara umum akibat investasi awal yang masih mahal dan biaya penggantian inverter.

Hasil yang disajikan dalam paper ini diharapkan dapat membantu pemangku kepentingan energi terbarukan di Bali dalam melihat bagaimana komponen pariwisata khususnya villa-villa di Bali dapat membantu mempercepat tercapainya target PLTS di Bali. Pemerintah provinsi dan kabupaten sebagai regulator dapat mengeluarkan kebijakan dan regulasi berupa insentif baik berupa insentif pajak, finansial, maupun kemudahan-kemudahan lain seperti perijinan dan fasilitas lain



untuk sektor pariwisata yang ikut dalam pengembangan EBT di wilayahnya. Sementara, di sisi lain industri pariwisata dapat melihat bagaimana model pengembangan sebuah rooftop PV dan memahami unjuk kerja, kajian investasis, dan dampak lingkungan yang kemudian bisa dijadikan sebagai faktor penunjang pengembangan pariwisata hijau di Bali.

REFERENSI

- [1] DEN, *Buku Ketahanan Energi Indonesia*, Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, Jakarta. 2015.
- [2] Ngurah Rai Airport, "Bali Sun Radiation," Graph Bali sunshine data, Ngurah Rai Airport (source: Rescreen4): Lat: 8.8S; Lon: 115.2E, 2008.
- [3] I. K. A. Setiawan, I. N. S. Kumara, I. W. Sukreyasa, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWp Terinterkoneksi Jaringan Di Kayubihi, Bangli," *Teknologi Elektro*, Vol. 13 No. 1, 2014.
- [4] 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), Yogyakarta, 2014, pp. 1-6. doi: 10.1109/ICITEED.2014.7007944.
- [5] PT. PLN. (2016) Mulai Gunakan Mini LNG ke PLTDG Pesanggaran, PLN Mampu Hemat Biaya Pemeliharaan Rp 60 M per Tahun. [Online]. Available: <https://www.pln.co.id/media/warta-pln/2016/06/mulai-gunakan-mini-lng-ke-pltdg-pesanggaran-pln-mampu-hemat-biaya-pemeliharaan-rp-60-m-per-tahun>.
- [6] Disparda Provinsi Bali. (2018) Statistik Pariwisata Bali 2017. [Online]. Available: <http://www.disparda.baliprov.go.id/id/Statistik4>.
- [7] BPS Provinsi Bali. (2018) Banyaknya kVA Tersambung dan kWh Terjual Menurut Jenis Pelanggan dan Area Pelayanan di Bali, 2017. [Online]. Available: <https://bali.bps.go.id/statictable/2018/04/13/81/banyaknya-kva-tersambung-dan-kwh-terjual-menurut-jenis-pelanggan-dan-area-pelayanan-di-bali-2017.html>.
- [8] Pemerintah Provinsi Bali. (2013) Bali Clean dan Green Komitmen Jadikan Bali Bersih, Sehat, Nyaman dan Indah. [Online]. Available: <http://www.baliprov.go.id/Bali-Clean-dan-Green-Komitmen-Jadikan-bali-bersih--Sehat--Nyaman-dan-Indah>.
- [9] Biro Humas Provinsi Bali. (2018) Bali Clean and Green. [Online]. Available: <http://www.birohumas.baliprov.go.id/index.php/fasilitas/21/BALI-CLEAN-&-GREEN>.
- [10] M. Karagiorgas, T. Tsoutsos, V. Drosou, S. Pouffary, T. Pagano, G. L. Lara, J. M. M. Mendes, "HOTRES: renewable energies in the hotels. An extensive technical tool for the hotel industry," *Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 10. 2006.
- [11] E. Michalena, Y. Tripanagnostopoulos, "Contribution of the solar energy in the sustainable tourism development of the Mediterranean islands," *Elsevier Renewable Energy*, Vol. 35. 2010.
- [12] C. Chaoqun, "Researches on application of the renewable energy technologies in the development of low-carbon rural tourism," *Elsevier Energy Procedia* 5. 2011.
- [13] A. H. A.M. Asif, M. T. Rahman, "Prospects of PV application in unregulated building rooftops in developing countries: A perspective from Saudi Arabia," *Elsevier Energy and Buildings*, Vol. 171. 2018.
- [14] A. S. Cifuentes, S. Q. Garcia, "Economic feasibility of PV systems in hotels in Mexico," *International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy System*, Perugia. 2012.
- [15] E. Marlina, *Panduan Perancangan Bangunan Komersial*, Andi Offset, Yogyakarta. 2008.
- [16] Ditjen EBTKE. (2015) PLTS Rooftop Untuk Gedung Perkantoran. [Online]. Available: <http://ebtke.esdm.go.id/post/2015/03/11/800/plts.rooftop.untuk.gedung.perkantoran>.
- [17] Kementerian Perindustrian, *Pedoman Teknis Audit Energi Dalam Implementasi Konservasi Energi Dan Pengurangan Emisi CO₂ Di Sektor Industri (Fase 1)*, BPKIMI, Jakarta. 2011.
- [18] Leonics. (2018) How to Design Solar PV System. [Online]. Available: http://www.leonics.com/support/article2_12j/articles2_12j_en.php.
- [19] R. Khatri, "Design and Assessment of Solar PV Plant for Girls Hostel (GARGI) of MNIT University, Jaipur City: A Case Study," *Elsevier Energy Reports*, India. 2016.
- [20] *PVSystem V6.70 User Manual*, PVSystem 6.70 Software, 2010.
- [21] J. Arifin, *Aplikasi Excel Untuk Perencanaan Bisnis (Business Plan)*, Elex Media Komputindo Gramedia, Jakarta. 2007.
- [22] I. A. D. Giriantari, I. N. S. Kumara, D. A. Santiari, "Economic Cost Study of Photovoltaic Solar System for Hotel in Nusa Lembongan," *International Conference on Smart Green Technology in Electrical and Information Systems (ICSGTEIS)*, Kuta. 2014.
- [23] "Q.POWER L-G5.2 315-335 datasheet," QCells, North Sydney, Australia.
- [24] "Solis Three Phase Inverter datasheet," Solis, Zhejiang, China.
- [25] BMKG. (2019) Prakiraan Musim Kemarau Tahun 2019 di Indonesia. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/iklim/prakiraan-musim.bmkg>.
- [26] Sunergi. (2018) Paket PLTS Komersil. [Online]. Available: <http://www.sunergi.co.id/index.php/id/product/plts-bisnis/>.
- [27] (2018) Official Website of Bank Indonesia. [Online]. Available: <http://www.bi.go.id>.
- [28] PT. PLN, *Tarif Dasar Listrik Rumah Tangga (RI)*, PT. PLN, Jakarta. 2018.
- [29] ESDM. (2018) Tarif Tenaga Listrik Indonesia Kompetitif di Kawasan ASEAN. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/tarif-tenaga-listrik-indonesia-kompetitif-di-kawasan-asean>.