

Analisis Tekno Ekonomi Implementasi Sistem PLTS Atap Pada Gedung Kantor Walikota Denpasar

I Wayan Swi Putra¹, I Nyoman Satya Kumara², Rukmi Sari Hartati³

[Submission: 13-07-2022, Accepted: 15-08-2022]

Abstract—Indonesia is located along the equator so that it has a huge potential for solar energy, but it has not been able to be utilized optimally to reduce the use of fossil energy that is not environmentally friendly. In order to increase the use of new and renewable energy by 23% in 2025 where the target for the utilization of solar energy is 6.5 GW, the Government through the National Energy Council issued a policy to encourage each region to accelerate the utilization of solar energy in accordance with the mandate of the General National Energy Plan which requires the use of a minimum of 30% of the roofs of government buildings for the use of solar PV rooftop. The Denpasar City Government in implementing the Bali Provincial Energy General Plan can implement solar PV rooftop system at the Denpasar Mayor's Office Building as a pilot project for government buildings in Denpasar City. From the results of technical studies that have been carried out, the Denpasar Mayor's Office Building has a total roof area of 1,732.14 m². However, based on the Minister of Energy and Mineral Resources No. 49/2018, in this study designed solar PV rooftop with a capacity of 112.5 kWp. Solar PV rooftop simulation with PVSyst produces an average annual performance potential of 81.6% with an annual energy production of 175 kWh. Solar PV rooftop which is designed can save the use of PLN's electrical energy by 72.12% in a year. The results of the design are then tested economically using the NPV, IRR, BCR, PI and PP methods. NPV is positive at discount rates of 6%, 10%, and 15%. The IRR test is worth 20.12%, the BCR test is 14.57, the PI test is 7.31 and the PP test states that this investment requires a period of 3.4 years to return the initial capital. Based on the technical and economic analysis, the design of solar PV rooftop on the roof of the Denpasar Mayor's Office is very feasible because it is able to produce electrical energy that can save significant use of PLN's electrical energy and meet the investment eligibility criteria.

Intisari—Indonesia berada di sepanjang garis khatulistiwa sehingga memiliki potensi energi matahari yang begitu besar, namun belum mampu dimanfaatkan dengan maksimal untuk mengurangi pemakaian energi fosil yang tidak ramah lingkungan. Dalam rangka meningkatkan penggunaan energi baru terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 dimana target pemanfaatan energi matahari (PLTS) sebesar 6,5 GW, Pemerintah melalui Dewan Energi Nasional (DEN) mengeluarkan kebijakan untuk mendorong masing-masing daerah mempercepat pemanfaatan PLTS sesuai dengan amanat Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yang mewajibkan

pemanfaatan minimum 30% atap bangunan pemerintahan untuk pemakaian energi PLTS atap. Pemerintah Kota Denpasar dalam mengimplementasikan Rencana Umum Energi Daerah Provinsi Bali dapat mengimplementasikan sistem PLTS atap pada Gedung Kantor Walikota Denpasar sebagai pilot project bagi gedung-gedung pemerintahan di Kota Denpasar. Dari hasil kajian teknis yang telah dilakukan, Gedung Kantor Walikota Denpasar memiliki total luas atap sebesar 1.732,14 m², jika dimanfaatkan sebagai PLTS atap berpotensi menghasilkan daya listrik sebesar 227,25 kWp. Namun berdasarkan Permen ESDM No. 49/2018, dalam penelitian ini dirancang PLTS berkapasitas 112,5 kWp. Simulasi PLTS dengan PVSyst menghasilkan potensi unjuk kerja rata-rata pertahun 81,6% dengan produksi energi tahunan sebesar 175 kWh. PLTS atap yang dirancang mampu menghemat penggunaan energi listrik PLN sebesar 72,12% dalam setahun. Hasil perancangan selanjutnya diuji secara ekonomi dengan metode NPV, IRR, BCR, PI dan PP. NPV bernilai positif pada tingkat diskonto 6%, 10%, dan 15%. Uji IRR bernilai 20,12%, uji BCR bernilai 14,57, uji PI hasilnya 7,31 dan uji PP yang menyatakan bahwa investasi ini memerlukan jangka waktu 3,4 tahun untuk mengembalikan modal awal. Berdasarkan analisis teknis dan ekonomi tersebut, perancangan PLTS atap Gedung Kantor Walikota Denpasar sangat layak untuk dijalankan karena mampu menghasilkan energi listrik yang dapat menghemat penggunaan energi listrik PLN yang cukup signifikan serta memenuhi kriteria kelayakan investasi.

Kata Kunci—Potensi, Kebijakan, Energi Baru Terbarukan, PLTS atap, Gedung Pemerintahan.

I. PENDAHULUAN

Indonesia yang berada di sepanjang garis khatulistiwa memiliki potensi energi matahari begitu besar yang mencapai rata-rata 4,8 kWh/ m²/hari [1] namun belum mampu dimanfaatkan secara maksimal untuk mengurangi pemakaian energi fosil yang tidak ramah lingkungan. Menyikapi belum maksimalnya pemanfaatan PLTS yang masih diangka 137 MW [2], Pemerintah Pusat mendorong penyelesaian Rencana Umum Energi Daerah (RUED) untuk mempercepat pemanfaatan PLTS di masing-masing daerah.

Pemerintah Provinsi Bali menindaklanjuti dengan dikeluarkannya Pergub Nomor 45 Tahun 2019 tentang energi bersih yang dimana dalam peraturan tersebut dijelaskan bahwa bangunan pemerintah pusat dan daerah, serta bangunan komersial industri, sosial dan rumah tangga dengan luas lantai lebih dari 500 M² diwajibkan untuk memasang sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Atap. Sesuai dengan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Provinsi Bali ditargetkan mengembangkan PLTS sebesar 8,62 % atau sebesar 108 MW dari total potensi sebesar 1.254 MW [3].

¹Mahasiswa, Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jl. PB. Sudirman, Denpasar 80234 INDONESIA (telp / fax: (0361) 223797/701907; e-mail: wayan_swiputra@yahoo.com)

^{2,3}Dosen, Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jl. PB. Sudirman, Denpasar 80234 INDONESIA (telp / fax: (0361) 223797/701907; e-mail: satya.kumara@ee.unud.ac.id, rukmisari@unud.ac.id)



Berdasarkan laporan dari Center for Community Based Renewable Energy (CORE) dan Greenpeace Indonesia menjelaskan bahwa Provinsi Bali memiliki potensi yang sangat besar dalam memanfaatkan PLTS atap sebagai sumber energi listrik berbasis energi bersih. Potensi PLTS atap yang dimiliki wilayah Bali selatan yaitu empat kabupaten ; Denpasar, Badung, Gianyar dan Tabanan yang biasa disebut SARBAGITA saja berjumlah minimal 49,5 MWp dan maksimal 129,78 MWp. Sementara kapasitas PLTS terpasang di Bali saat ini masih 3,44% dari target yang diberikan oleh RUEN sebesar 108 MWp pada tahun 2025. Jika Provinsi Bali ingin mencapai target tersebut maka dari sekarang sampai tahun 2025, Pemangku kepentingan di Bali harus membangun PLTS dengan kapasitas total sebesar 17,38 MWp pertahun hingga tahun 2025 [4].

Pemakaian energi PLTS Atap pada Gedung Pemerintahan diharapkan dapat menarik minat masyarakat maupun industri ikut serta mensukseskan program pemerintah dalam pemanfaatan potensi energi baru terbarukan (EBT) sebagai sumber penyedia energi listrik. Konsumsi energi listrik terbesar pada Gedung Pemerintahan terjadi pada siang hari. Hal ini dikarenakan aktifitas perkantoran dilakukan pukul 7.30 pagi sampai dengan pukul 3.30 sore. Pemasangan PLTS Atap pada Gedung Pemerintahan selain mengurangi biaya listrik juga dalam pemasangannya dilakukan pada atap (Rooftop) gedung sehingga tidak memerlukan lahan tambahan yang berdampak pada berkurangnya nilai investasi yang diperlukan.

Mempertimbangkan potensi energi matahari di Kota Denpasar sebesar 5.3 kWh/m²/hari [5] dan menjadikan Bali sebagai provinsi yang ramah lingkungan atau *clean and green province* serta dalam rangka implementasi RUED Provinsi Bali maka hendaknya dilakukan pemasangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Atap pada gedung Pemerintah Kota Denpasar. Pemasangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap di Gedung Pemerintah Kota Denpasar dapat dimulai dari Kantor Walikota Denpasar yang nantinya akan menjadi *pilot project* bagi gedung-gedung organisasi perangkat daerah (OPD) di Kota Denpasar. Gedung Kantor Walikota Denpasar menjadi kantor bagi Walikota dan Wakil Walikota beserta jajaran pembantunya terletak sangat strategis tepat di pusat kota Denpasar yang memiliki luas area 1.106 meter persegi.

Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk mengetahui secara teoritis potensi energi listrik yang dihasilkan dari pemasangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Atap pada gedung Kantor Walikota Denpasar. Dalam penelitian akan dilakukan perancangan PLTS atap sesuai dengan profil beban dan luasan atap. Hasil rancangan tersebut akan dilakukan simulasi menggunakan program PVSyst untuk mengetahui unjuk kerja dari rancangan PLTS atap yang kemudian akan dilakukan analisis hasil simulasi tersebut. Selanjutnya rancangan biaya investasi PLTS atap tersebut akan dianalisis untuk mengetahui kelayakan dari rancangan PLTS atap pada Gedung Kantor Walikota Denpasar.

II. STUDI PUSTAKA

A. Bauran Energi di Indonesia

Berdasarkan cetak biru kebijakan energi nasional disebutkan target bauran energi nasional seperti terlihat pada

tabel I, EBT ditargetkan sebesar 25 % di tahun 2025 dan 36 % di tahun 2050.

Jenis Energi	Tahun 2025	Tahun 2050
EBT	25%	36 %
Minyak Bumi	25%	20 %
Batu Bara	30 %	25 %
Gas Bumi	22 %	24 %

Target tersebut dapat tercapai dengan adanya partisipasi masyarakat dan dukungan dari pemerintah dalam pengembangan EBT, terutama PV *rooftop* yang harganya diperkirakan akan semakin menurun di masa depan [6].

B. Potensi Energi Surya di Indonesia

Sebagai Negara tropis Indonesia mempunyai potensi energi surya yang tinggi. Berdasarkan data penyinaran matahari di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut – turut sebagai berikut : untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m² /hari dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m² /hari. Dengan demikian, potensi matahari rata-rata Indonesia yaitu sebesar 4,8 kWh/m² /hari [5].

C. PLTS Atap / Rooftop

PLTS *Rooftop* atau yang kita kenal dengan PLTS Atap merupakan sebuah inovasi baru yang lahir dari keterbatasannya lahan di daerah perkotaan. PLTS Atap merupakan PLTS yang dipasang pada atap dari suatu gedung perkantoran atau perumahan.

D. Komponen PLTS

Sistem PLTS dibangun dalam berbagai komponen utama dan penunjang yang dirangkai dalam konfigurasi tertentu, komponen-komponen yang dipakai dalam PLTS, diantaranya adalah :

1) Modul Surya

Modul surya merupakan komponen PLTS yang tersusun dari beberapa sel surya yang dirangkai sedemikian rupa, baik dirangkai seri maupun paralel dengan maksud dapat menghasilkan daya listrik tertentu dan disusun pada satu bingkai (*frame*) dan dilaminasi atau diberikan lapisan pelindung. Kemudian susunan dari beberapa modul surya yang terpasang sedemikian rupa pada penyangga disebut *array*.

2) Inverter

Inverter berfungsi untuk merubah arus dan tegangan listrik DC (*direct current*) yang dihasilkan array PV menjadi arus dan tegangan listrik AC (*alternating current*) [7]. Pada sistem PLTS, inverter juga memiliki peranan sebagai pengkondisi tenaga listrik (*power condition*) dan sistem kontrol. Penggunaan inverter satu fasa pada PLTS biasanya untuk sistem yang bebannya kecil, sedangkan untuk sistem yang besar dan terhubung dengan jaringan utilitas (PLN) biasanya digunakan inverter tiga fasa.

E. Perancangan Sistem Tenaga Listrik

Dalam setiap proses perancangan diperlukan adanya suatu prakiraan yang menggunakan keterangan-keterangan berupa data yang baik dan benar. Diperolehnya angka-angka prakiraan kebutuhan tenaga listrik merupakan bagian dari proses dan syarat untuk dapat menyimpan suatu rencana pemenuhan kebutuhan tenaga listrik maupun pengembangan penyediaan tenaga listrik setiap saat secara cukup baik dan terus menerus.

F. Analisis Kelayakan Ekonomi

Studi kelayakan merupakan suatu kegiatan yang mempelajari secara mendalam tentang suatu kegiatan atau usaha atau bisnis yang akan dijalankan, dalam rangka menentukan layak atau tidaknya usaha tersebut dijalankan [8]. Analisis ekonomi teknik menjadi alat bantu pengambilan keputusan atas sejumlah pilihan alternatif teknologi atau perancangan teknik dengan menggunakan sudut pandang ekonomis. Beberapa metode yang digunakan untuk melakukan analisis ekonomi terhadap PLTS atap antara lain, yaitu [9]:

1) Net Present Value (NPV)

Merupakan metode yang menghitung nilai bersih atau netto pada waktu sekarang atau *present* [10]. Yang dimaksud dari *present* ialah tentang penjelasan waktu awal perhitungan yang bertepatan dengan waktu evaluasi dilakukan atau disebut pada periode tahun ke-0 dalam perhitungan *cash flow* investasi. *Cash flow* yang hanya *benefit* perhitungannya disebut *present worth of benefit* (PWB), sedangkan jika yang diperhitungkan hanya *cash-out* ialah *present worth of cost* (PWC) sehingga NPV diperoleh dari :

$$NPV = PWB - PWC \quad (1)$$

dimana jika :

NPV > 0, maka investasi tersebut menguntungkan atau layak
NPV < 0, maka investasi tersebut tidak menguntungkan atau tidak layak.

2) Internal Rate of Return (IRR)

Metode ini adalah suatu nilai petunjuk yang identik dengan seberapa besar suku bunga yang dapat diberikan oleh investasi tersebut dibandingkan dengan suku bunga bank yang berlaku umum (suku bunga pasar atau *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR)) [10]. Pada suku bunga IRR akan diperoleh NPV = 0. Syarat kelayakannya yaitu apabila IRR > suku bunga MARR. Adapun perhitungan IRR yaitu :

$$IRR = Ir + \frac{NPV Ir}{(NPV Ir - NPV It)} = (It - Ir) \quad (2)$$

Dimana Ir merupakan suku bunga rendah dan It merupakan suku bunga tinggi.

3) Benefit Cost Ratio (BCR)

Metode ini menggunakan data ekuivalensi nilai sekarang dari penerimaan dan pengeluaran [10], yang dalam hal ini BC Ratio adalah merupakan perbandingan antara nilai sekarang dari penerimaan atau pendapatan yang diperoleh dari kegiatan investasi dengan nilai sekarang dari pengeluaran (biaya) selama

investasi tersebut berlangsung dalam kurun waktu tertentu. Perhitungan BCR dirumuskan dengan :

$$BCR = \frac{\sum \text{NilaiSekarang Pendapatan}}{\sum \text{NilaiSekarang Pengeluaran}} \quad (3)$$

dimana jika :

BCR > 1 maka investasi layak (*Feasible*)
BCR < 1 maka investasi tidak layak (*Unfeasible*)

4) Profitability Index (PI)

Metode ini menunjukkan kemampuan investasi untuk menghasilkan keuntungan (*profit*). Pada prinsipnya PI adalah perbandingan antara present value dari penerimaan-penerimaan kas bersih (*Present Value Benefit*) dengan *Present Value Investment*. Perhitungan PI dirumuskan dengan :

$$\text{Profitable Index} = \frac{\text{Present Value Benefit}}{\text{Present Value Investment}} \quad (4)$$

dimana jika :

PI ≥ 1, maka proyek tersebut diterima
PI < 1, maka proyek ditolak

5) Periode Pengembalian Modal / Payback Period (PP)

Pada metode ini yang dianalisis adalah seberapa cepat modal atau investasi yang telah dikeluarkan dapat segera kembali [10]. Nilai PP ini diperoleh dari perbandingan antara modal investasi yang sudah dikeluarkan dan potensi arus kas masuk bersih yang diperoleh dari kegiatan investasi tersebut. Kriteria penilaiannya adalah semakin singkat pengembalian investasi akan semakin baik.

G. Software PVSyst

Penggunaan software dalam perancangan PLTS memberikan simulasi secara akurat dan efisien sehingga mampu mendapatkan desain dan kinerja perancangan yang baik. Software menyediakan analisis berbagai fitur seperti akurasi, kompleksitas, skala, kecepatan komputasi, representasi serta integrasi pada perancangan PLTS [11].

PVSyst adalah paket *software* yang dapat digunakan sebagai proses pembelajaran, pengukuran, dan melakukan analisa data sistem PLTS secara lengkap. Pengembangan software PVSyst dilakukan oleh Universitas Geneva, dimana pada software ini memiliki pilihan model sistem PLTS seperti terinterkoneksi jaringan (*grid-connected*), sistem berdiri sendiri (*stand-alone*) sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (*DC-grid*). Software PVSyst dilengkapi database yang bersumber dari data meteorologi yang luas dan beragam, serta memiliki data komponen-komponen PLTS yang beredar di pasaran. Data meteorologi yang dapat digunakan pada software PVSyst bersumber dari MeteoNorm v6.1 (interpolasi 1960-1990 atau 1981-2000), NASA-SSE (1983- 2005), PVGIS (Eropa dan Afrika), *Satel-Light* (Eropa), TMY2/3 dan *SolarAnywhere* (USA), EPW (Kanada), *RetScreen*, Heliolim, dan Solar GIS (berbayar).

H. Operasi dan Perawatan PLTS Atap

Untuk memastikan sistem beroperasi dengan baik dan berkelanjutan, perawatan panel surya atap dilakukan harian dan



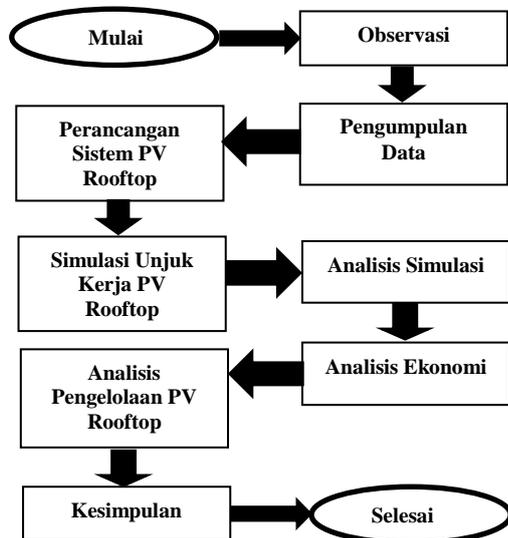
mingguan dengan cara menjaga kebersihan modul surya dan menghindari adanya bayangan yang jatuh pada modul surya serta memastikan kabel tidak terlepas dari rangkaiannya [12].

Pemeriksaan kondisi modul surya, kabel dan koneksinya secara rutin harus dilakukan sebagai bagian dari pemeliharaan yang bersifat pencegahan (preventif) [13].

PV System diperkirakan bertahan sampai dengan 25 tahun lebih, maka dari itu diperlukan perawatan yang aman dan layak untuk merealisasikan hal tersebut [14]. Selain itu keuntungan dari perawatan yang baik pada sistem PLTS akan mengoptimalkan produksi dari sistem tersebut yang mana akan berdampak langsung pada pengembalian atas investasi atau yang biasa disebut *Return on Investment*.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Gedung Kantor Walikota Denpasar dari bulan Juli 2021 sampai dengan bulan Desember 2021 dengan sumber data yang diperoleh dari observasi dan pengukuran langsung dari gedung Kantor Walikota Denpasar, PT. PLN (Persero), *website*, buku-buku, dan literatur yang ada hubungannya dengan penelitian.



Gambar 1 : Alur Penelitian

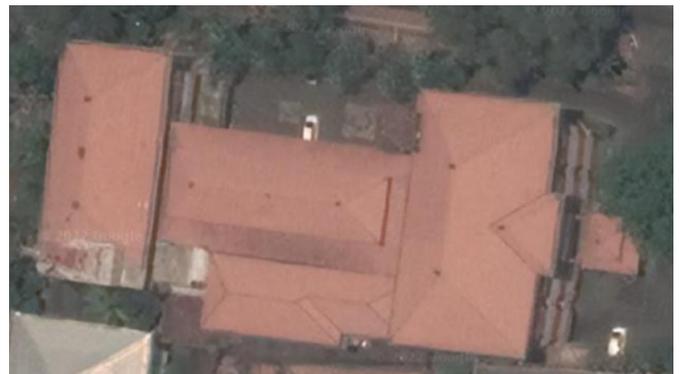
Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian seperti ditunjukkan gambar 1 yaitu melakukan observasi secara langsung situasi dan kondisi lingkungan, melakukan pengumpulan data konsumsi listrik harian dan bulanan, melakukan perancangan desain dan konfigurasi PLTS Atap, melakukan perancangan kapasitas PLTS sesuai dengan kapasitas daya berlangganan PLN, membuat Rancangan Anggaran Biaya (RAB), melakukan simulasi terhadap hasil perancangan dengan program PVSyst, melakukan analisis terhadap potensi unjuk kerja dari rancangan PLTS Atap, melakukan analisis perbandingan simulasi rancangan PLTS, melakukan analisis potensi penghematan biaya listrik bulanan, melakukan analisis kelayakan investasi dengan analisis ekonomis seperti, *Nett Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Benefit Cost Ratio (BCR)*, *Profitability Index (PI)*, *Payback Period (PP)* dan terakhir menganalisa model

pengelolaan PLTS milik Pemerintah Daerah agar sesuai dengan aturan yang berlaku.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum

Gedung Kantor Walikota Denpasar terletak di Jalan Gajah Mada No. 1 Denpasar memiliki total empat gedung yang saling berhimpitan satu dengan yang lainnya. dengan luas area secara keseluruhan sekitar 4.150 m², termasuk areal taman hingga parkir kendaraan. Bangunan gedung yang dibangun tahun 1992 ini memiliki struktur atap yang cukup kuat untuk dipasang PLTS atap. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, terlihat pada gambar 2, atap pada Gedung Kantor Walikota Denpasar merupakan atap prisma dimana jenis atap ini berpotensi digunakan untuk pemasangan modul surya.



Gambar 2 : Atap Gedung Kantor Walikota Denpasar

Analisa kemiringan atap dilakukan menggunakan aplikasi *Smart Protractor* menunjukkan hasil sebesar 25,6°. Perancangan sistem PLTS atap di Gedung Kantor Walikota Denpasar menggunakan sudut kemiringan yang menyesuaikan kemiringan atap gedung untuk mempermudah pemasangan modul dan instalasi serta mengurangi biaya berlebih dalam pembangunan rangka modul.

Analisa orientasi atap pada Gedung Kantor Walikota Denpasar dilakukan pada masing-masing sisi atap. Empat bagian menghadap ke arah timur dan barat (azimuth 90° dan 270°), Empat bagian yang menghadap ke arah utara dan selatan (azimuth 0° dan 180°).

Analisa potensi bayangan dilakukan pada siang hari didapatkan bahwa tidak terdapat potensi bayangan jatuh seperti bayangan atap, vegetasi atau pohon, dan bangunan atau gedung lain. Namun pada pengambilan pagi dan sore hari terdapat bayangan atap pada atap gedung yang memiliki orientasi barat dan timur dengan bayangan jatuh mengikuti arah datangnya matahari pada siang dan sore hari.

Perhitungan luas area seluruh sisi atap Gedung Kantor Walikota Denpasar dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Google Earth*. Metode pengukuran menggunakan program ini dilakukan karena kemudahan pemakaian dan memiliki akurasi yang baik untuk digunakan penelitian [15]. Dari hasil perhitungan didapatkan luas atap Gedung Kantor Walikota Denpasar sebesar 1.732,14 m².

Dalam penelitian yang dilakukan oleh J. Melius dari *National Renewable Energy Laboratory (NREL)* Amerika

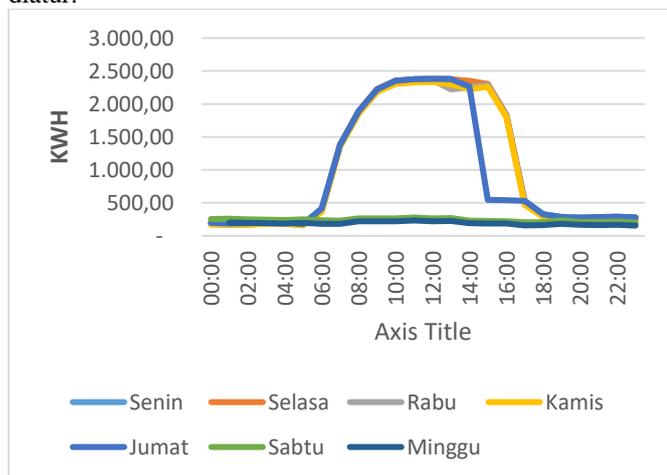
Serikat, menyimpulkan bahwa estimasi penggunaan luas atap yang bisa digunakan sebagai PLTS sebesar 60 – 65 % [16].

Maka dari itu luas atap yang bisa digunakan sebesar 65% dari 1.732,14 m² adalah 1.125,89 m². Sehingga banyaknya modul yang dapat dipasang pada atap gedung sebanyak 505 buah dimana potensi energi maksimum dari pemanfaatan PLTS atap Gedung Kantor Walikota Denpasar sebesar 227,25 kWp. Sedangkan jika menggunakan batasan daya berlangganan sebesar 131 kVA maka luas atap yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 131 kWp sesuai perhitungan adalah 649 m². Sehingga persentase atap yang digunakan sebesar 57,64% dari total luas atap keseluruhannya.

B. Sistem Kelistrikan dan Profil Beban

Gedung Kantor Walikota Denpasar dilayani tiga daya listrik PLN sebagai sumber listrik utama, yaitu dua listrik pascabayar sebesar 131 kVA dan 41,5 kVA dan satu listrik prabayar sebesar 33 kVA. Daya listrik 131 kVA mensuplai beban pada gedung timur dan gedung tengah, daya listrik 41,5 kVA mensuplai beban pada gedung barat dan daya listrik 33 kVA mensuplai beban pada gedung selatan. Energi listrik digunakan untuk memenuhi berbagai macam beban listrik, yaitu beban penerangan seperti lampu dalam dan luar gedung termasuk areal taman, beban peralatan kantor seperti komputer, printer dan wifi, dan beban peralatan lainnya seperti AC, fan, lift, dan pompa air.

Karakteristik penggunaan listrik di Kantor Walikota Denpasar, terlihat pada gambar 3, pada hari kerja penggunaan tertinggi biasanya terjadi pada pukul 12.00 dan 13.00 WITA, hal ini disebabkan oleh cuaca, dimana saat jam tersebut suhu udara di lokasi penelitian relatif tinggi berkisar antara 32-34^o C. Suhu yang tinggi menyebabkan beban kerja pada alat pengkondisian udara / AC (*Air Conditioner*) menjadi lebih berat, dimana pada kondisi ini kompresor pada AC memerlukan daya listrik yang lebih besar dan waktu yang lama untuk menyesuaikan suhu ruangan sesuai dengan suhu yang diatur.

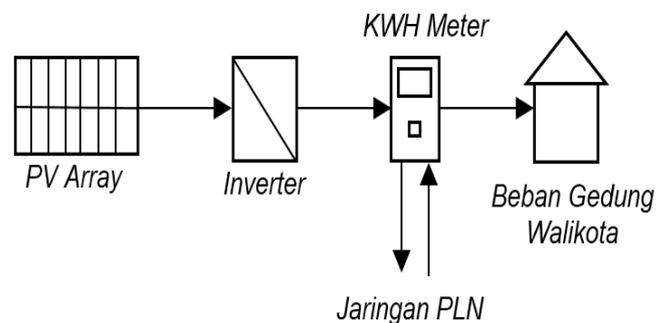


Gambar 3 : Karakteristik Penggunaan Listrik per jam

C. Perancangan Sistem PLTS Atap

Pada penelitian ini menggunakan sistem PLTS terkoneksi dengan jaringan PLN seperti terlihat pada gambar 4. Sistem ini

mampu menghemat tagihan listrik bangunan yang menggunakannya, karena pada saat suplai listrik dari PLTS surplus, maka listrik akan disalurkan ke jaringan PLN yang akan mereduksi penggunaan listrik pengguna/pemilik bangunan dari PLN.



Gambar 4 : Skema Rancangan Sistem PLTS Atap

Untuk menjamin keamanan dan keandalan operasi jaringan tenaga listrik PT PLN, instalasi sistem PLTS Atap wajib mengikuti Standar Nasional Indonesia, standar internasional, dan/atau standar PT PLN dimana kapasitas sistem PLTS atap dibatasi paling tinggi 100% (seratus persen) dari daya tersambung Konsumen PT PLN [17].

Perancangan sistem PLTS atap ini menggunakan daya sebesar 131 kVA sebagai acuan untuk mendapatkan batasan optimal dari PLTS atap. Oleh sebab itu, kapasitas maksimal sistem PLTS atap pada perancangan ini sebesar 131 kWp.

Dari hasil perhitungan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 131 kWp pada Gedung Kantor Walikota Denpasar, modul surya yang diperlukan jika menggunakan modul surya berkapasitas 450 Wp adalah sebanyak 291 unit modul surya. Namun karena pertimbangan konfigurasi sistem agar seimbang, dalam perancangan didesain dengan 250 unit modul surya. Penyesuaian modul surya yang dipasang pada atap memberikan ruang yang lebih luas untuk pemeliharaan dan penataan tata letak modul bisa memenuhi unsur estetika.

1) Pemilihan Komponen

- 1) **Modul Surya** : Pada perancangan ini menggunakan modul surya jenis monocrystalline. Modul surya yang digunakan adalah modul surya merk JA Solar, JAM72S20 440-465/MR dengan daya output maksimal 450 Wp. Menurut Temonsoejadi (2020) modul surya jenis monocrystalline memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan jenis polycrystalline yaitu sebesar 13-19%, sedangkan polycrystalline hanya sebesar 11-15%. Efisiensi yg dimiliki oleh modul surya *Monocrystalline* ini sangat baik dengan tingkat efisiensi 20,2%. Modul ini dapat mencapai nilai tegangan maksimum (V_{mp}) sebesar 41,52V dan nilai arus maksimum (I_{sc}) sebesar 11,36A. Material modul surya ini dibuat dari sel surya berjenis *Monocrystalline* berukuran 2120 mm x 1052 mm yang memiliki berat 25 kg.

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372

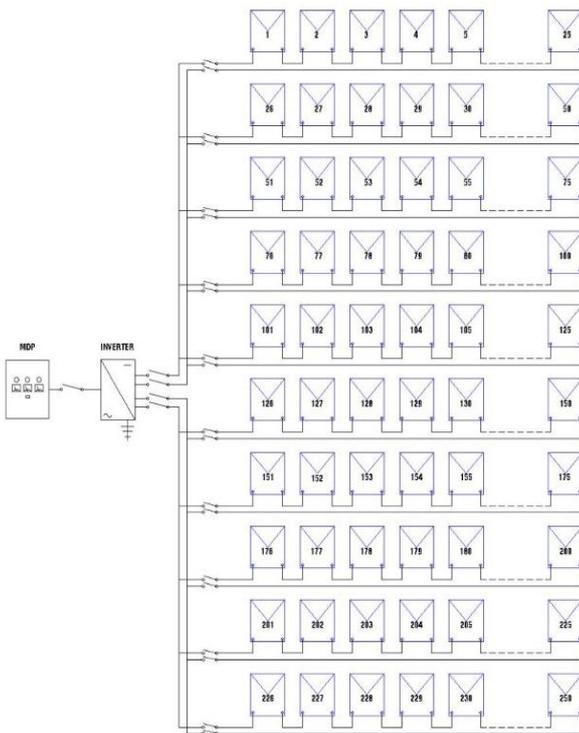


2) *Inverter* : Inverter yang digunakan pada perancangan ini yaitu merk SMA Sunny Tripower Core2 STP 110-60 dengan kapasitas inverter 110 kW. Terdapat beberapa fitur yang dimiliki oleh inverter, seperti fleksibilitas desain, tingkat efisiensi yang baik 98,6%, mampu beroperasi optimal dengan kemiringan hingga 90°, memiliki fitur OptiTrac Global Peak yang mampu meminimalisir efek dari shading.

2) *Konfigurasi Seri-Paralel*

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa satu unit inverter dapat menampung modul surya yang dirangkai seri sebanyak 4-26 unit, sedangkan rangkaian paralel yang terhubung ke inverter maksimal berjumlah 28 rangkaian.

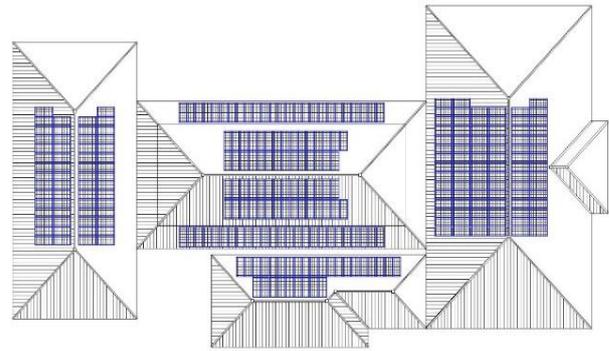
Pada desain konfigurasi inverter dan modul array ini, keseluruhan unit modul surya akan dibagi menjadi sepuluh string array, yang masing-masing memiliki modul surya sebanyak 25 unit yang akan disusun secara seri dan paralel. Berdasarkan spesifikasi modul surya yang memiliki V_{mp} : 41,52V dan I_{mp} : 10,84A didapatkan P_{mpp} pada satu string diperoleh 11.251,92 Wp. Maka jika dijumlahkan keseluruhan daya yang dapat dihasilkan sebesar 112.519,2 Wp. Desain perencanaan konfigurasi inverter dan *module array* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 : Perancangan Desain Konfigurasi Inverter dan *Module Array*

3) *Perancangan Penyangga Modul Surya*

Pada gedung ini atap genteng dimanfaatkan sebagai penyangga modul surya. Tipe penyangga modul yang akan digunakan dalam perancangan ini adalah tipe penyangga tetap yang mengikuti kemiringan dari atap genteng. Pengaplikasian modul surya pada lokasi dapat dilihat pada gambar 6, desain layout PLTS atap Kantor Walikota Denpasar.



Gambar 6 : Desain Layout PLTS Atap Kantor Walikota Denpasar

4) *Perkiraan Rencana Anggaran Biaya*

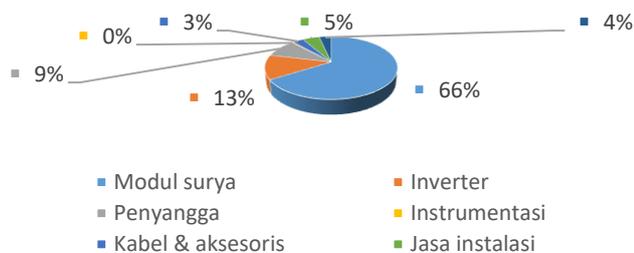
Perkiraan rencana anggaran biaya pembangunan PLTS atap dibuat menggunakan *Feasibility Estimate* atau *Appraisal Estimate*, dimana jenis perancangan biaya ini masih tergolong tahap awal atau *Preliminary Estimate*, namun sudah bisa dijadikan sebagai pembandingan terhadap rencana anggaran biaya lain.

Dilansir dari laman Alibaba.com, harga modul surya dengan tipe JA Solar JAM72S20 450 didapatkan dengan harga Rp. 1.900.800 per unit, sedangkan inverter dengan tipe SMA Solar Sunny Tripower STP 62-US-41 Core Three Phase didapatkan dengan harga Rp. 90.527.000 per unit. Rencana Anggaran Biaya selengkapnya dapat dilihat pada tabel II.

TABEL II
RENCANA ANGGARAN BIAYA PEMBANGUNAN PLTS ATAP

No	Uraian	Spesifikasi	Qty	Satuan	Harga	Jumlah
1	Modul surya	JA Solar JAM72S20 450	250	Unit	1,900,800	475,200,000
2	Inverter	SMA Solar Sunny Tripower STP 62-US-41 Core Three Phase	1	Unit	90,527,000	90,527,000
3	Penyangga	Custom Aluminium	1	Paket	67,500,000	67,500,000
4	Instrumentasi	Custom	1	Paket	3,000,000	3,000,000
5	Kabel & aksesoris	SNI	1	Paket	22,980,000	22,980,000
6	Jasa instalasi	-	1	Paket	35,000,000	35,000,000
7	Jasa Pengiriman	-	1	Paket	25,000,000	25,000,000
					Total =	719,207,000

Rencana anggaran biaya dari perancangan berjumlah total Rp. 719.207.000,- dengan biaya per satu wattpeak bernilai sebesar Rp. 6.393.



Gambar 7 : RAB Pembangunan PLTS Atap

Sesuai dengan gambar 7, RAB pembangunan PLTS atap, biaya investasi tertinggi terdapat pada komponen modul surya yang berjumlah Rp. 475.200.000,- yang jika dipersentasekan sebesar 66 % dari total rencana anggaran biaya perancangan sistem PLTS atap Gedung Kantor Walikota Denpasar.

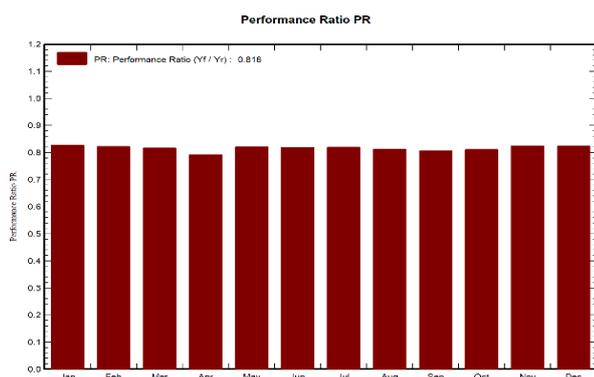
D. Simulasi Unjuk Kerja Sistem PLTS Atap

Simulasi unjuk kerja dilakukan menggunakan software PVsyst dengan perancangan PLTS berkapasitas 112.500 Wp.

TABEL III
 POTENSI ENERGI LISTRIK PERANCANGAN PLTS ATAP

Bulan	E-Array (kWh)	E-Grid (kWh)	PR (Ratio)
Januari	12,939	12,705	0,827
Pebruari	11,865	11,655	0,823
Maret	13,883	13,646	0,817
April	15,579	15,317	0,793
Mei	15,510	15,252	0,821
Juni	14,905	14,656	0,819
Juli	16,257	15,986	0,820
Agustus	16,887	16,607	0,812
September	15,636	15,367	0,807
Oktober	16,674	16,386	0,811
November	14,346	14,097	0,825
Desember	13,627	13,388	0,824
Year	178,113	175,068	0,816

Potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari PLTS atap seperti yang terlihat pada tabel III sebesar 175.068.064 Wh / 175 MWh dalam setahun dengan nilai rata-rata per bulan sebesar 14.589.008 Wh / 14,5 MWh.



Gambar 8 : Grafik Unjuk Kerja PLTS atap

Terlihat pada gambar 8, Potensi unjuk kerja dari PLTS atap Kantor Walikota Denpasar selama setahun rata-rata 81,6 %.

I Wayan Swi Putra : Analisis Tekno Ekonomi Implementasi...

E. Analisis Kelayakan Teknis Perancangan PLTS Atap

Perbandingan antara hasil simulasi PVsyst dengan konsumsi energi riil akan diperoleh gambaran potensi penghematan energi listrik dari pemanfaatan PLTS atap.

TABEL IV
 PERBANDINGAN HASIL SIMULASI PVSYSYD DENGAN KONSUMSI ENERGI RIIL

Bulan	E-Grid (kWh)	PR (%)	Konsumsi Energi Riil (kWh)	Perbandingan Energi PLTS dan Konsumsi Energi Riil (%)
Januari	12,705	82.7	23,180	54.81
Pebruari	11,655	82.3	20,445	57.01
Maret	13,646	81.7	18,847	72.40
April	15,317	79.3	20,148	76.02
Mei	15,252	82.1	18,941	80.52
Juni	14,656	81.9	20,055	73.08
Juli	15,986	82.0	22,512	71.01
Agustus	16,607	81.2	19,465	85.32
September	15,367	80.7	18,697	82.19
Oktober	16,386	81.1	20,030	81.81
November	14,097	82.5	21,205	66.48
Desember	13,388	82.4	20,669	64.77

Dapat dilihat pada tabel IV, Hasil simulasi PVsyst didapatkan E-Grid atau potensi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS atap sebesar 175 MWh dengan Performance Ratio (PR) atau unjuk kerja bernilai 81,7%. Sedangkan konsumsi energi riil yang digunakan Gedung Kantor Walikota Denpasar dalam setahun sebesar 244,2 MWh.

Potensi energi listrik yang dihasilkan PLTS atap belum mampu menutupi semua konsumsi energi listrik yang digunakan. Namun dengan penghematan energi yang dihasilkan dalam pemanfaatan PLTS atap setiap bulannya berpotensi menghemat energi lebih dari 50%, dengan rata-rata dalam setahun sebesar 72,12%. Berdasarkan perbandingan tersebut, perancangan PLTS atap di Gedung Kantor Walikota Denpasar bisa dikatakan layak secara teknis, karena potensi penghematan energi listrik yang dihasilkan cukup signifikan, yakni lebih dari 30%.

F. Analisis Kelayakan Ekonomi Perancangan PLTS Atap

Pada penelitian ini akan dilakukan uji tingkat kelayakan dengan menggunakan metode diatas.

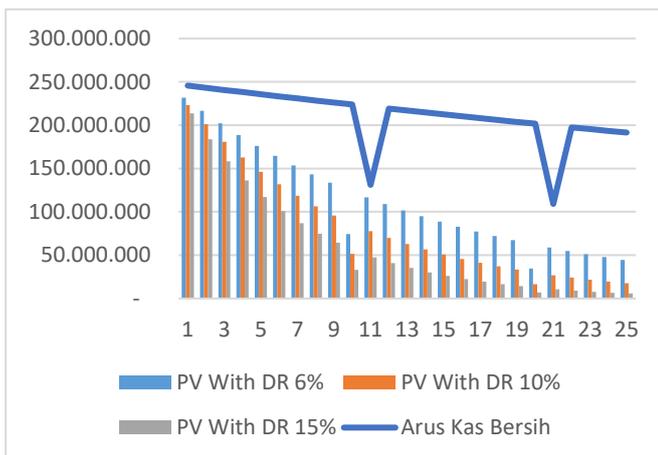
1) Tingkat kelayakan menggunakan metode Net Present Value (NPV)

Analisis tingkat kelayakan dengan menggunakan metode Net Present Value (NPV) ini di dalam perhitungannya memerlukan jumlah biaya investasi, arus kas masuk, arus keluar, dan faktor diskon. Sesuai dengan perhitungan rencana anggaran biaya investasi awal perancangan sistem PLTS atap Gedung Kantor Walikota Denpasar sebesar Rp. 719.207.000,-. Sedangkan arus kas masuk yang digunakan berasal dari perhitungan tarif dasar listrik saat ini sebesar Rp. 1.444,7 kWh dikalikan dengan potensi energi listrik tahunan berdasarkan hasil simulasi Pvsyst sebesar 175.068 Wh, sehingga didapatkan arus kas masuknya sebesar Rp. 252.920.740,- per tahun. Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS, umumnya

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



diperhitungkan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal [18]. Sehingga nilai yang diperlukan dalam mengelola dan memelihara PLTS tersebut setiap tahunnya, kita asumsikan pengeluaran senilai satu persen dari nilai investasi yaitu Rp. 7.192.070,- per tahun. Selain biaya operasional dan pemeliharaan biaya pengeluaran lainnya adalah biaya penggantian inverter yang kita asumsikan masa pakainya 10 tahun, maka setiap 10 tahun akan mengeluarkan biaya untuk penggantian inverter senilai Rp. 90.527.000,-. Sedangkan untuk faktor diskonto atau suku bunga akan menggunakan tiga nilai guna melihat pengaruh tingkat suku bunga terhadap investasi yang dilaksanakan. Penggunaan nilai suku bunga 6%, 10%, dan 15% didasari oleh tingkat suku bunga pinjaman yang berlaku di sebagian besar bank di Indonesia. Penggunaan lebih dari satu suku bunga guna memperkuat kajian terhadap sensitivitas perubahan suku bunga setiap tahunnya [19]. Dari perhitungan yang telah dilakukan, NPV dengan tingkat diskonto 6% bernilai Rp. 2.068.414.547,-, tingkat diskonto 10% bernilai Rp. 1.301.366.596,-, dan tingkat diskonto 15% bernilai Rp. 749.798.232,-, maka berdasarkan nilai NPV tersebut investasi perancangan sistem PLTS Gedung Kantor Walikota Denpasar dinyatakan layak untuk dilanjutkan karena nilai NPV dari ketiga tingkat diskonto yang digunakan bernilai positif atau lebih dari nol. Nilai arus kas bersih yang dihasilkan energi PLTS mempengaruhi nilai *Present Value* pada tiap tahunnya yang digambarkan dalam grafik berikut :



Gambar 9 : Grafik *Present Value* dengan *Discount Rate* dan Arus Kas Bersih

Seperti terlihat pada gambar 9, *Present Value* pada tahun ke 11 dan tahun ke 21 terjadi penurunan yang disebabkan oleh pengeluaran besar yang digunakan untuk penggantian inverter.

2) Tingkat Kelayakan Menggunakan Metode *Internal Rate of Return (IRR)*

Dalam menggunakan metode ini, nilai yang diperlukan adalah NPV saat bunga rendah, NPV saat bunga tinggi, suku bunga rendah, dan suku bunga tinggi. Berdasarkan perhitungan IRR nya bernilai 20,12 %. Nilai tersebut menandakan bahwa perancangan PLTS Gedung Kantor Walikota Denpasar sangat layak dikarenakan nilai IRR dari perancangan ini bernilai positif atau lebih dari nol.

3) Tingkat Kelayakan Menggunakan Metode *Benefit Cost Ratio (BCR)*

Metode BCR merupakan suatu ukuran perbandingan antara pendapatan dengan total biaya produksi. Potensi pendapatan yang didapat dari perhitungan akumulasi arus kas masuk bernilai Rp. 5.258.502.860, sedangkan potensi pengeluaran atau cost diperoleh dari kolom arus kas keluar bernilai Rp. 360.855.750. Maka hasil perhitungan BCR nya bernilai 14,57. Hasil dari perhitungan BCR diatas dapat disimpulkan bahwa perancangan PLTS atap di Gedung Kantor Walikota Denpasar sangat layak karena hasil perhitungan yang diperoleh bernilai lebih dari satu, dimana hal tersebut menandakan bahwa pendapatan yang diperoleh memberikan hasil yang lebih dibandingkan pengeluaran yang dilakukan. Semakin besar nilai yang diperoleh, maka potensi keuntungan dari investasi tersebut akan semakin besar.

4) Tingkat kelayakan menggunakan metode *Profitability Index (PI)*

Perancangan PLTS ini diproyeksikan untuk 25 tahun, maka potensi arus kas bersih tiap tahunnya akan dijumlahkan selama 25 tahun. Akumulasi tersebut bernilai Rp. 5.258.502.860 dan nilai dari investasi awal bernilai Rp. 719.207.000. Maka nilai PI dari perancangan sebesar 7,31. Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa perancangan PLTS atap di Gedung Kantor Walikota Denpasar layak untuk dijalankan karena nilai dari PI yang diperoleh pada perhitungan diatas lebih dari satu.

5) Tingkat kelayakan menggunakan metode *Payback Period (PP)*

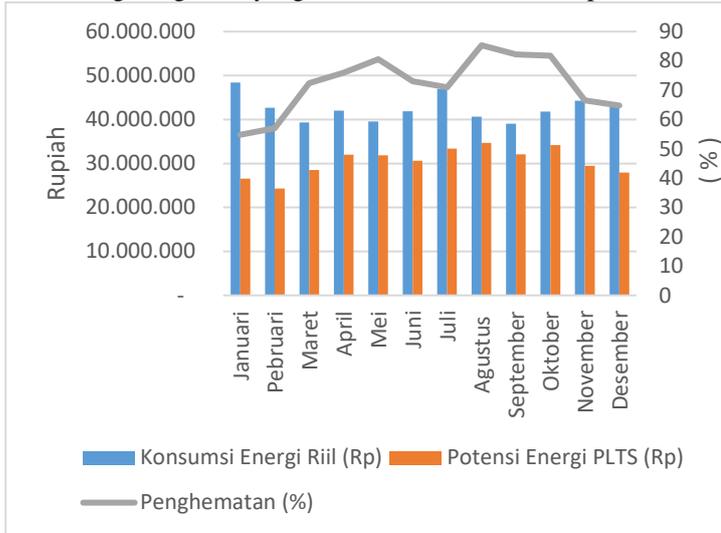
Pada penelitian ini arus kas masuk bersih yang digunakan diakumulasi selama 25 tahun lalu dicari nilai rata-ratanya. Karena arus kas masuk bersih dari perancangan ini tidak sama dari tahun ke tahun. Maka rata-rata nilai arus masuk bersih dari perancangan bernilai Rp. 210.340.114,- pertahunnya, dengan nilai investasi awal senilai Rp. 719.207.000,-. Maka nilai PP dari perancangan ini sebesar 3,4. Jadi *payback period* atau jangka waktu kembali modal investasi pada perancangan ini selama 3,4 tahun atau 41 bulan.

Berdasarkan kelima analisis ekonomi tentang tingkat kelayakan sebuah investasi yang direncanakan, dapat ditarik kesimpulan bahwa investasi dari penggunaan sistem PLTS atap di Gedung Kantor Walikota Denpasar ini sangat layak untuk direalisasikan. Karena kelima metode analisis tingkat kelayakan investasi yang telah dilakukan menghasilkan nilai yang positif untuk layak dijalankan. Selain itu keuntungan yang diperoleh jika menggunakan sistem PLTS atap tersebut juga signifikan, hal ini mampu menghemat pengeluaran biaya kelistrikan gedung yang selama ini cukup tinggi.

G. Analisis penghematan biaya listrik jika perancangan PLTS terealisasi

Potensi penghematan biaya listrik dapat dihitung dengan mencari selisih penggunaan riil setiap bulannya dengan hasil simulasi. Penggunaan energi listrik riil yang diperoleh dari data AMR dan data biaya listrik bulanan dari Kantor Walikota Denpasar dikurangi dengan potensi energi listrik yang dihasilkan PLTS, yang diperoleh melalui simulasi dari perancangan PLTS. Sedangkan untuk estimasi biaya dari energi

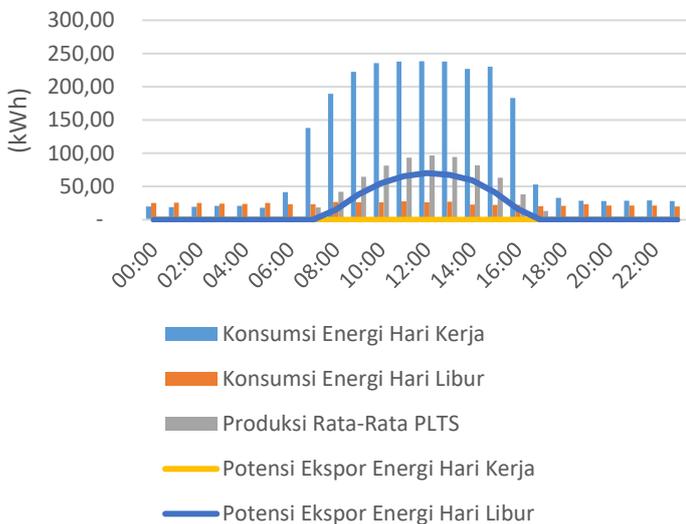
listrik (E) hasil simulasi akan dikalikan dengan tarif dasar listrik golongan P1 yang saat ini bernilai sebesar Rp. 1.444,7,-.



Gambar 10 : Potensi Penghematan Biaya Listrik

Berdasarkan gambar 10 diatas dapat disimpulkan bahwa potensi penghematan dari penggunaan sistem PLTS atap pada Gedung Kantor Walikota Denpasar sebesar 72,12% dalam setahun. Potensi penghematan ini termasuk kategori sangat baik, dikarenakan potensi penghematan yang diperoleh bernilai lebih dari 50%.

Karena pada saat hari libur tidak ada kegiatan kantor, maka penggunaan listrik di gedung tersebut relatif kecil. Saat itulah terjadi surplus energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS yang energinya bisa kita ekspor ke jaringan PLN. Produksi rata-rata PLTS per jam dikurangi konsumsi energi rata-rata per jam dalam sehari, seperti yang terlihat dalam grafik berikut :



Gambar 11 : Potensi Ekspor Listrik Rata-rata dalam sehari Rancangan PLTS

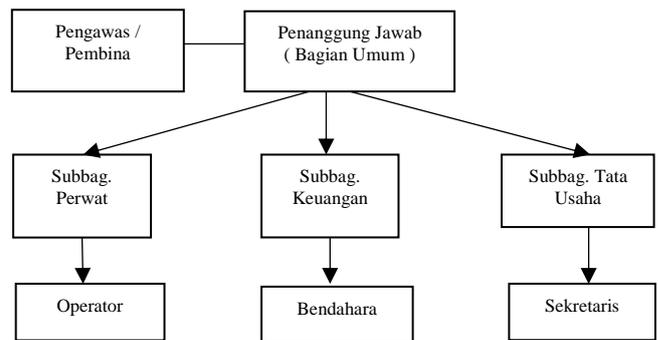
Terlihat pada gambar 11 diatas, ekspor energi listrik PLTS hanya bisa dilakukan pada saat hari libur dari jam 07.00 sampai 16.00 dengan total potensi ekspor sebesar 428,09 kWh. Dengan potensi ekspor energi listrik tersebut akan memberikan dampak

pada pengurangan biaya listrik bulanan yang dibebankan ke konsumen. Sesuai dengan Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 49 Tahun 2018 tentang penggunaan PLTS atap untuk seluruh pelanggan PT. PLN dinyatakan bahwa total energi listrik yang diekspor hanya dinilai 65%, dengan tarif dasar listrik yang sama dengan daya berlangganan P1 senilai Rp. 1.444,7,-, dengan ketentuan nilai ekspor akan direset setiap tiga bulan.

Berdasarkan ketentuan tersebut nilai potensi ekspor rancangan PLTS pada hari libur adalah Rp. 402.000,- per hari. Jika diakumulasi per bulan dengan hari libur tetap sebanyak delapan hari, maka potensi ekspor per bulan senilai Rp. 3.216.000,-. Jika diakumulasi dalam satu tahun maka total potensi ekspor energi listrik yang dihasilkan oleh rancangan PLTS senilai Rp. 38.592.000,-.

H. Analisis Pengelolaan PLTS Atap Gedung Kantor Walikota Denpasar

Berdasarkan Permen ESDM Nomor 12 Tahun 2018 yang mengatur penentuan lembaga pengelola pada PLTS yang akan dibangun, dapat disusun struktur organisasi pengelola PLTS yang menjadi acuan untuk digunakan di Kantor Walikota Denpasar dan selanjutnya akan dibentuk Perangkat Pengelola PLTS yang terdiri [20] :



Gambar 12 : Struktur Organisasi Pengelola PLTS

Sesuai dengan gambar 12 diatas, Bagian Umum bertanggung jawab atas seluruh pengelolaan PLTS Gedung Kantor Walikota Denpasar, Sekretaris yang diambil dari Sub Bagian TU bertanggung jawab untuk mencatat seluruh evaluasi PLTS / mengurus administrasi dan kesekretariatan PLTS, Bendahara yang diambil dari Sub Bagian Keuangan bertanggung jawab untuk membukukan seluruh keuangan PLTS dan melaporkannya kepada Pengawas dan Pembina, Operator yang diambil dari Sub Bagian Perlengkapan dan Perawatan bertanggung jawab dalam hal operasi dan perawatan teknis PLTS, melakukan pengontrolan, dan perbaikan jika terjadi kerusakan atau korsleting pada instalasi umum Gedung Kantor Walikota Denpasar.

Pentingnya pengelola PLTS di lingkungan pemerintah daerah guna melancarkan fungsi dari PLTS tersebut sebagaimana mestinya sehingga akan berdampak pada efisiensi dan masa pakai aset serta agar investasi yang dikeluarkan sesuai dengan perhitungan. Pemanfaatan PLTS atap pada



gedung pemerintah daerah akan mempercepat penggunaan energi baru terbarukan dan berkelanjutan di Indonesia.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah melakukan kajian teknis dan ekonomis terhadap pembangunan PLTS atap pada Gedung Kantor Walikota Denpasar. Berdasarkan pembahasan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ; Total luas atap Gedung Kantor Walikota Denpasar sebesar 1.732,14 m², jika dimanfaatkan sebagai PLTS atap atau PV rooftop berpotensi menghasilkan energi listrik sebesar 135 kWp.

Perancangan sistem PLTS atap Gedung Kantor Walikota Denpasar menggunakan 250 unit modul surya kapasitas 450 Wp tipe Monocrystalline merk JA Solar. Menggunakan satu unit inverter SMA Sunny Tripower Core2 STP 110-60 kapasitas 110 kW dengan rangkaian string inverter. Setiap stringnya terdapat 25 unit modul surya yang disusun secara seri dan paralel. Penyangga yang digunakan penyangga tipe tetap dengan kemiringan 25,6° menyesuaikan kemiringan atap. Rancangan anggaran biaya dari perancangan PLTS senilai Rp. 719.207.000,- yang berkapasitas total sebesar 112,500 Wp. Simulasi menghasilkan unjuk kerja rata-rata pertahun 81,6%. Unjuk kerja tertinggi diperoleh pada bulan Januari sebesar 82,7% dan unjuk kerja terendah terdapat pada bulan April sebesar 79,3%. Dengan hasil tersebut pemanfaatan PLTS atap mampu menghemat penggunaan energi listrik PLN sebesar 72,12% dalam setahun.

Kelima metode yang digunakan dalam menganalisis tingkat kelayakan investasi dari perancangan PLTS atap Gedung Kantor Walikota Denpasar menyatakan layak untuk dijalankan. Berdasarkan hasil dari metode NPV perancangan PLTS bernilai positif pada tingkat diskonto 6%,10%, dan 15%. Metode kedua, IRR yang bernilai 20,12%, ketiga menggunakan metode BCR yang hasilnya bernilai 14,57, metode keempat PI hasilnya 7,31. Terakhir menggunakan metode PP yang menyatakan bahwa investasi ini memerlukan jangka waktu 3,4 tahun untuk mengembalikan modal awal.

Berdasarkan analisis teknis dan ekonomi yang telah dilakukan, perancangan PLTS atap Gedung Kantor Walikota Denpasar sangat layak untuk dijalankan karena mampu menghasilkan energi listrik yang dapat menghemat penggunaan energi listrik PLN yang cukup signifikan.

REFERENSI

- [1] I.M.A Nugraha, P.A. Ridhana, K. Listuayu. "Analisis Produksi Dari Inverter Pada Grid-Connected PLTS 1 MWp di Desa Kayubih Kabupaten Bangli", *Majalah Ilmiah Teknik Elektro*, Vol 17 , No. 1 , Januari –April, 2018.
- [2] Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi ESDM. 2015. Kebijakan dan Implementasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap. Semarang: KESDM.
- [3] Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN).
- [4] Pawitra, A.A.G.A., Kumara, I.N.S., Ariastina W.G. 2020. Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025. Bali.MITE.
- [5] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Intensitas Iradiasi Matahari di Indonesia. Jakarta: BMKG.
- [6] PT PLN (Persero). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2028. Jakarta: PT PLN.
- [7] G. Pradika, I.A.D. Giriantari, I.N. Setiawan. "Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kaptén I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop". *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 19, No. 2, Juli - Desember 2020
- [8] Syahyunan. 2014. Studi Kelayakan Bisnis. Medan: Penerbit USU Press. ISBN: 979 458755 9.
- [9] Ross, S. (2010). "Fundamental of Corporate Finance". McGraw Hill
- [10] Raharjo F. 2007. Ekonomi Teknik : Analisis Pengambilan Keputusan. Yogyakarta: Penerbit ANDI. 184 halaman.
- [11] Nebojsa Jakica.2018.State-of-the-art review of solar design tools and methods for assessing daylighting and solar potential for building-integrated photovoltaics, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 81, Part 1.
- [12] Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS ATAP DI INDONESIA Indonesia Clean Energy Development II Juni 2020
- [13] Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi. 2018.Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts.GIZ Jakarta,
- [14] Haney, J. and Burstein, A. 2013. PV System Operations and Maintenance fundamentals. USA: SolarABCS.
- [15] Ragheb, A., Ragab, A. 2015. Enhancement Of Google Earth Positional Accuracy. Egypt: IJERT.
- [16] Melius, J., Margolis, R., Ong, S. 2013. Estimating Rooftop Suitability for PV: A Review of Methods, Patents, and Validation Techniques. Denver: NREL.
- [17] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero).
- [18] Giriantari, I, A, D., I, N. S. K., D. A. Santiari. 2014. Economic Cost Study of Photovoltaic Solar System for Hotel in Nusa Lembongan. International Conference on Smart Green Technology in Electrical and Information Systems (ICSGTEIS).
- [19] Warsika, P.D. 2016. Analisis Pengaruh Tingkat Suku Bunga (Rate of Interest) Berdasarkan Cash Flow Terhadap Investasi. Denpasar: Simdos UNUD.
- [20] Permen ESDM Nomor 12 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Permen ESDM Nomor 39 Tahun 2017 Tentang Pelaksanaan Kegiatan Fisik Pemanfaatan Energi Baru dan Energi Terbarukan Serta Konservasi Energi.